

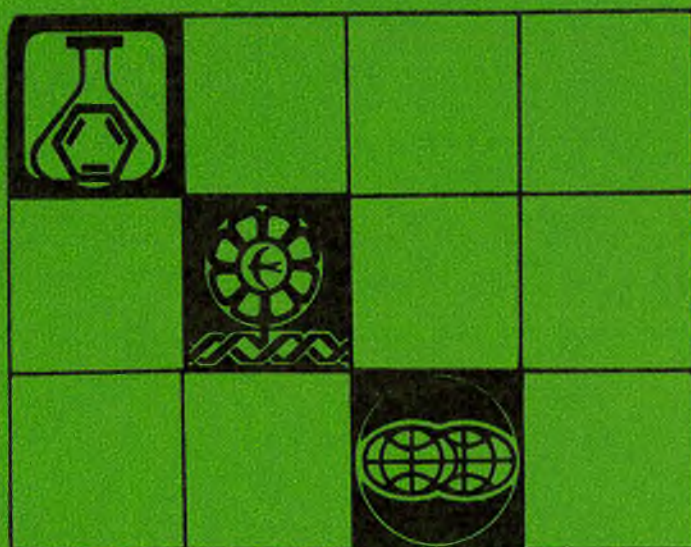
ВЕСТНИК

Белорусского государственного
университета имени В. И. Ленина

СЕРИЯ 2

Химия
Биология
География

2'91



ВЕСТНИК

Белорусского государственного
университета имени В. И. Ленина

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с февраля 1969 года
один раз в четыре месяца

СЕРИЯ 2

**Химия
Биология
География**

2 '91

ИЮНЬ



МИНСК
„УНИВЕРСИТЕТСКОЕ“

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

Редакционная коллегия серии:

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

ВЕСТНИК БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени В. И. ЛЕНИНА

Серия 2: Хим. Биол. Геогр. 1991, № 2

Редактор *А. И. Гуторова*
Младший редактор *Г. М. Добыш*
Художественный редактор *Д. Е. Дивин*
Технический редактор и корректор *Г. И. Хмарун*

Сдано в набор 22.04.91. Подписано в печать 14.06.91. Формат 70×108^{1/16}.
Бумага тип. № 1. Высокая печать. Усл. печ. л. 7,0. Усл. кр.-отт. 7,35.
Уч.-изд. л. 7,37. Тираж 710 экз. Заказ 218. Цена 1 р.

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

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



УДК 541.183:543.544

Е. А. АКИНЧИЦ, С. А. МЕЧКОВСКИЙ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ СМЕСЕЙ СОЛЬ-КИСЛОТА МЕЖДУ ИОНИТАМИ И ВОДНО-ОРГАНИЧЕСКИМИ РАСТВОРАМИ

В аналитической химии и химической технологии использование ионообменных материалов возможно как в водных, так и водно-органических средах. С помощью эффекта среды достигается направленное изменение избирательности ионного обмена, необменной сорбции и ионного транспорта в фазе ионита, что является одним из важнейших средств оптимизации хроматографических и мембранных процессов. В настоящее время существует возможность приближенно прогнозировать влияние растворителя на ионные процессы в системах ионит-раствор. Однако вопрос о взаимном влиянии компонентов электролитных систем на распределение этих компонентов между фазами изучен недостаточно. В особенности это относится к системам, содержащим Н-кислоты, электролитные свойства которых имеют ряд особенностей, заслуживающих всестороннего исследования [1]. Сведения о сольватации и пересольватации протона в гелевой фазе и влиянии этих процессов на состояние сопутствующих ионов в литературе практически отсутствуют.

Нами изучено распределение ряда солей (хлориды, сульфаты и нитраты щелочно-земельных и ряда переходных металлов) между ионитами КУ-2×8 и АВ-17×8 и смешанными растворителями вода-ацетон и вода-пропанол переменной состава в присутствии кислот — соляной, серной и азотной. Изучено также распределение кислот между фазами в присутствии соответствующих солей. Коэффициенты распределения электролитов К находились по наклону начальных прямолинейных участков изотерм распределения в координатах: концентрация электролита в растворе, поглощенном ионитом, — концентрация электролита во внешнем растворе. Равновесие устанавливалось в течение 2 сут при $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Концентрация электролитов в фазах раствора и ионита (после разделения фаз центрифугированием) определялась титриметрическими методами. Кислоты определялись титрованием раствором КОН (0,01 М) с индикацией точки стехиометричности потенциометрическим методом. Концентрация хлоридов металлов определялась argentометрически после испарения раствора и прокаливании сухого остатка до полного удаления HCl из смеси. Методом комплексонометрии определялись нитраты и сульфаты двузарядных металлов. Относительные стандартные отклонения при нахождении величин К не превышали 0,08.

Закономерности изменения коэффициентов распределения HCl при изменении состава бинарного растворителя в присутствии хлоридов двузарядных металлов (рис. 1) на анионите в Cl-форме сходны с закономерностями, полученными в работе [2] для катионита в Н-форме. Однако абсолютные значения К на анионите примерно на порядок выше во всем диапазоне изменения состава водно-ацетонового растворителя. Как видно, набухший в бинарном растворителе анионит в солевой форме представляет собой лучшую сольватирующую среду по сравнению с

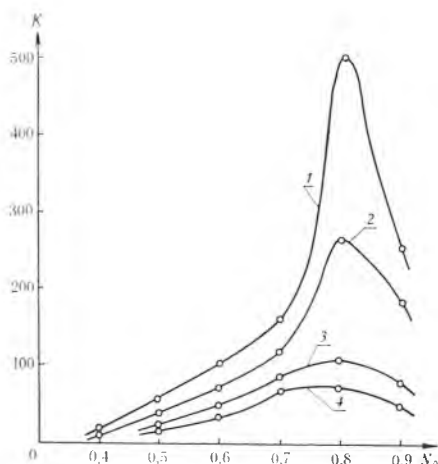
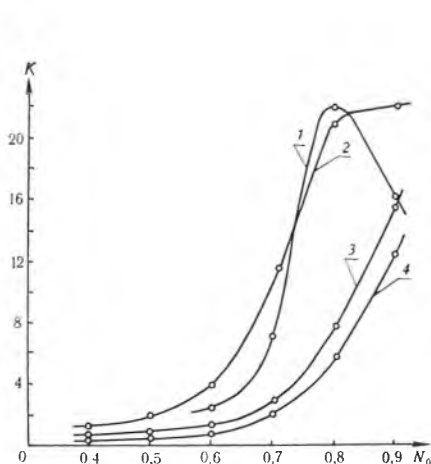


Рис. 1. Зависимость коэффициентов распределения HCl от мольной доли ацетона во внешнем растворе в присутствии хлоридов магния (1), кальция (2), никеля (3) и кобальта (4). Ионит АВ-17 в Cl -форме

Рис. 2. Коэффициенты распределения хлоридов магния (1, 3) и кальция (2, 4) в зависимости от мольной доли ацетона в присутствии (1, 2) и отсутствии (3, 4) соляной кислоты. Ионит АВ-17 в Cl -форме

катионитом в H -форме, хотя избирательность поглощения воды в последнем случае более высокая. Следовательно, протоны, выступая в качестве противоионов катионита, оказывают значительно более сильное дестабилизирующее действие на сорбируемые по необменному механизму ионы, чем ионы Cl^- , играющие роль противоионов анионита. Сильный дестабилизирующий эффект, вызываемый ионами H^+ в гелевой фазе, можно объяснить связыванием ближайших молекул воды и исключением их из сольватационных процессов по отношению к другим ионам. Следствием этого эффекта может быть не только снижение необменной сорбции кислоты. Возможно сильное воздействие его на процессы комплексообразования, осаждения и окисления-восстановления в фазе ионита, а также на подвижность как противоионов, так и коионов в гелевой фазе.

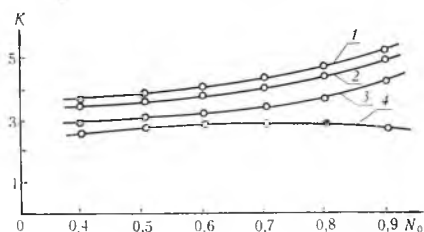


Рис. 3. Коэффициенты распределения серной кислоты в присутствии сульфатов никеля (1, 3) и кобальта (2, 4). Ионит АВ-17 в SO_4 -форме. Растворители вода-пропанол (1, 2) и вода-ацетон (3, 4)

Перенос HCl в фазу ионита из бинарного растворителя сильно влияет на коэффициенты распределения солей (рис. 2). В присутствии HCl коэффициенты распределения хлоридов металлов значительно выше. Это объясняется более сильным конкурирующим действием кислоты при сольватации ионов во внешнем растворе, чем при сольватации в ионите. Если учесть, что фаза ионита обогащена водой, а внешний раствор органическим компонентом, можно сделать заключение об усилении дестабилизирующего действия протонов по мере возрастания дефицита молекул воды в бинарном растворителе. Следует рассматривать как экспериментальный факт невозможность компенсировать недостаток молекул воды молекулами ацетона (при сольватации катионов), хотя последние имеют более высокую основность. По-видимому, решающая роль принадлежит структурным характеристикам и полярности среды.

Распределение H_2SO_4 между фазами отличается сравнительно малой чувствительностью к концентрации органического компонента (рис. 3), если противоионом анионита служит анион SO_4^{2-} . Правоммерно полагать, что данная особенность связана с высокой степенью ассоциации ионоген-

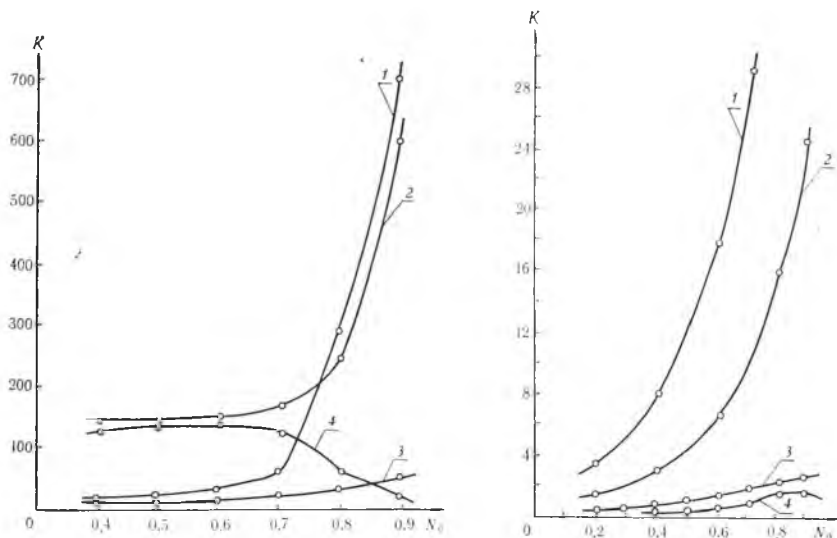


Рис. 4. Влияние растворителя и противоиона на коэффициенты распределения ионов кобальта (1, 2) и никеля (3, 4). Ионит АВ-17 в хлоридной (1, 3) и сульфатной (2, 4) формах. Растворители вода-пропанол (1, 3) и вода-ацетон (2, 4)

Рис. 5. Коэффициенты распределения серной (1), соляной (2), азотной (3) и хлорной (4) кислот в зависимости от мольной доли ацетона. Ионит КУ-2 в Со-форме

ных групп и преобладанием молекулярной формы серной кислоты в растворах обеих фаз. Обусловлено это высокой плотностью заряда и основностью сульфат-иона. Известно [3], что высокая чувствительность к составу растворителя характерна для необменной сорбции ионов, но не молекул.

Сочетание избирательной сольватации ионов в бинарном растворителе с комплексобразованием нередко сопровождается повышением избирательности необменной сорбции. Так, при высоком содержании ацетона наблюдается большое различие сорбции кобальта (II) и никеля (II) анионитом в SO_4 -форме в присутствии серной кислоты (рис. 4). Из смесей вода-пропанол сорбция сульфатов этих металлов не селективна, но при переходе к хлоридной форме селективность сильно возрастает. Как видно, природа аниона может играть большую роль при разделении катионов методом распределительной хроматографии на анионитах.

Представляется интересным оценить возможность хроматографического разделения кислот на основе необменной сорбции ионитами. С этой целью нами изучена сорбция хлорной, соляной, азотной и серной кислот катионитом КУ-2 $\times$ 8 в Со-форме. Обмен катионов в данном случае практически исключается в связи с высокой избирательностью поглощения двузарядного иона металла, усиливающейся в присутствии органического растворителя. Распределение кислот (рис. 5) носит избирательный характер, причем избирательность усиливается с увеличением концентрации органического компонента растворителя. Существует возможность разделения смесей $\text{HClO}_4\text{-HCl-H}_2\text{SO}_4$ и $\text{HNO}_3\text{-HCl-H}_2\text{SO}_4$ методом градиентного или ступенчатого элюирования. Разделение смеси $\text{HClO}_4\text{-HNO}_3$ с помощью данной системы фаз не достигается.

Таким образом, распределение электролитов между ионитами и бинарными растворителями можно рассматривать как следствие сольватации ионов в обеих фазах. При этом независимо от степени разбавления (включая и область применимости закона Генри) процесс сольватации не ограничивается взаимодействием ион-растворитель. Взаимное влияние ионов проявляется в большинстве изученных систем. Особенно сильно влияют ионы водорода на сольватацию катионов в растворителях с высоким содержанием органического компонента.

Список литературы

1. Филалов Б. А. // Сольватационные процессы в растворах. Иваново, 1985. С. 6.
2. Акпичиц Е. А., Мечковский С. А., Старобинец Г. Л. // Весті АН БССР. Сер. хім. наук. 1976. № 1. С. 48.
3. Мечковский С. А. // Электрохимия. 1981. Т. 17. № 3. С. 387.

УДК 621.793

В. В. СВИРИДОВ, Г. П. ШЕВЧЕНКО, З. М. АФАНАСЬЕВА,
Н. ДЬЯБ, Д. Л. РУТКЕВИЧ

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИОНОВ НИКЕЛЯ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ КОМПЛЕКСАМИ Тi (III)

Известно, что комплексы Тi (III) в водных растворах способны восстанавливать до соответствующих металлов ионы Cu^{2+} [1—2], Sn^{2+} [3—5], Bi^{3+} [6], причем эти процессы протекают в автокаталитическом режиме.

В данном сообщении представлены результаты исследования, указывающие на возможность использования редокс-пары $\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}^{4+}$ для автокаталитического восстановления ионов Ni (II). В литературе сведения по этому вопросу отсутствуют. В работе [7] отмечается лишь, что образующиеся в системе Ni (II)—Ti (III)— H_4Cit , H_4Tart гетероядерные комплексы неустойчивы и в нейтральной среде распадаются с выделением металлического никеля.

Заметим, что в отсутствие лигандов стандартные потенциалы восстановления никеля ($E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^0 = -0,23 \text{ В}$) и окисления Тi (III) ($E_{\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}^{4+}}^0 = +0,1 \text{ В}$) таковы, что термодинамически реакция невозможна. Однако обычно растворы для осаждения металлов с редокс-парами, кроме основных компонентов (восстанавливаемые ионы металла и ионы восстановителя), относительные количества которых берутся в соответствии со стехиометрией реакции, содержат лиганды (как для предотвращения выпадения гидроксидов, если реакция идет в нейтральной и щелочной средах, так и для регулирования потенциала восстановителя). В таблице представлены значения экспериментально определенных реальных потенциалов систем Ni/Ni (II) и Ti (III)/Ti (IV) с различными лигандами, свидетельствующие о том, что в их присутствии реакция восстановления комплексов Ni (II) комплексами Ti (III) становится термодинамически возможной. Это и было подтверждено экспериментально.

Реальные потенциалы системы Ni/Ni (II) и Ti (III)/Ti (IV)
с различными лигандами в водной среде

Лиганд	pH=5,0			pH=7,0			pH=9,0		
	$E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}$	$E_{\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}^{4+}}$	ΔE	$E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}$	$E_{\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}^{4+}}$	ΔE	$E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}$	$E_{\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}^{4+}}$	ΔE
Na_3Cit	-0,105	-0,425	0,32	-0,14	-0,57	0,43	-0,18	-0,66	0,48
Трилон Б	-0,13	-0,45	0,32	-0,15	-0,59	0,44	-0,18	-0,71	0,53
Нитрилтриуксусная кислота (НТА)	-0,14	-0,49	0,35	-0,17	-0,59	0,42	0,19	-0,65	0,46
Диэтилентриаминпентауксусная кислота (ДТПА)	-0,17	-0,42	0,25	-0,19	-0,435	0,245	-0,22	-0,435	0,215

Примечания: концентрация Ni (II) — 0,025 моль/л, Ni (II): лиганд = 1 : 1, Ni (II) : Ti (III) = 1 : 2, Ti (III) : лиганд = 1 : 1. Значения потенциалов измерены по отношению к насыщенному х. с. э.

Образование никеля в объеме растворов, рН которых регулируется добавлением щелочи, в присутствии всех использовавшихся лигандов (см. таблицу) не наблюдается. При добавлении в растворы с этими лигандами аммиака никель осаждается только из цитратных растворов, причем выделение его происходит даже при $\text{pH} \approx 5,0\text{--}5,2$, но со значительным индукционным периодом ($\sim 1,5$ ч) и небольшой скоростью. При $\text{pH} \sim 8,0\text{--}9,0$ никель из этих растворов осаждается практически сразу и с высокой скоростью. Восстановление никеля комплексами Ti (III) в присутствии НТА, ЭДТА и ДТПА также возможно, однако лишь в том случае, когда в растворе преимущественно формируются аммиачные комплексы никеля (Ni (II) : $\text{NH}_3 = 1 : 10$), а в титановом растворе — смешанно-лигандные комплексы Ti (III) с указанными комплексонами (L) и цитратом в соотношении Ti (III) : L : $\text{Cit} = 1 : 1 : 1$.

Образующиеся осадки никеля имеют темно-серый цвет и состоят из агрегатов частиц (комки $0,3\text{--}1,5$ мм), которые после высушивания на воздухе с трудом разрушаются даже при их растирании. В соответствии с результатами анализа осадков содержание никеля в них лежит в пределах $99,6\text{--}99,9\%$.

Рентгенографическое исследование показало, что осадок представляет собой металлический никель, причем линии этой фазы в области малых углов имеют небольшую интенсивность и сильно уширены, а в области больших углов вообще отсутствуют. Это свидетельствует о высокой степени дисперсности образующегося в данных условиях никеля, что подтверждается данными электронно-микроскопического исследования. При восстановлении комплексов Ni (II) комплексами Ti (III) формируется осадок никеля, состоящий из сферических частиц, соединенных в длинные цепочки, беспорядочно ориентированные в пространстве. Размеры частиц в зависимости от условий проведения реакции изменяются в широких пределах (от $0,01$ до $0,6\text{--}0,7$ мкм), причем в каждом случае образующиеся осадки состоят из частиц высокой монодисперсности. Наиболее мелкие частицы никеля ($10\text{--}20$ нм и менее) образуются при $\text{pH} 9,0\text{--}10,0$ из аммиачно-цитратных растворов (Ni (II) : $\text{NH}_3 = 1 : 5$). С увеличением концентрации аммиака в растворе (Ni (II) : $\text{NH}_3 = 1 : 10$ и более) формируются частицы никеля с размерами 100 нм и выше ($600\text{--}700$ нм).

Нами установлена возможность автокаталитического осаждения никеля на Pd -центры комплексами Ti (III) из растворов, содержащих в качестве лигандов NH_3 , Na_3Cit и ДТПА при их совместном присутствии. Указанный факт, а также наблюдаемое образование блестящих покрытий на стенках реакционного сосуда, в котором осаждается никель, свидетельствуют о том, что исследованная реакция может использоваться для получения покрытий из металлического никеля. Подчеркнем, что при получении порошков и пленок никеля из растворов с водородсодержащими восстановителями (борогидрид, гипофосфит, которые наиболее часто используются в растворах металлизации) формируется не чистый никель, а продукт совместного осаждения никеля с бором или фосфором, которые оказывают влияние на его физические и химические свойства, в частности на магнитные характеристики.

В случае применения комплексов Ti (III) в качестве восстановителя ионов Ni (II) обеспечивается получение чистых никелевых покрытий и порошков.

Список литературы

1. Шевченко Г. П., Афанасьева З. М., Свиридов В. В. // Весті АН БССР. Сер. хім. наук. 1985 № 4. С. 47.
2. Шевченко Г. П., Свиридов В. В., Афанасьева З. М. и др. // Там же. № 2. С. 112.
3. Warwick M. E., Shirley B. J. // Trans. Inst. Metal. Finish. 1980. V. 58. P. 9.
4. Obata K., Sonoda T., Dohi N. // Journ. Metal. Finish. Soc. Jap. 1982. V. 33. № 8. P. 375.

5. Шевченко Г. П., Афанасьева З. М., Свиридов В. В. // Весті АН БССР. Сер. хім. наук. 1990, № 2, С. 115.

6. Шевченко Г. П., Руткевич Д. Л., Свиридов В. В. // Там же. 1987. № 3. С. 92.

7. Сальников Ю. И., Глебов А. Н. // Журн. неорг. хим. 1987. Т. 32. № 10. С. 241.

УДК 771.537:778.38

Ю. В. НЕЧЕПУРЕНКО, А. М. ПОЛИКАНИН,
А. К. РАХМАНОВ, В. Г. СОКОЛОВ

ОСОБЕННОСТИ ЗАПИСИ ГОЛОГРАММ НА ПЛЕНКАХ ДИОКСИДА ТИТАНА

Ранее была показана возможность использования тонкопленочных диоксид-титановых фотографических слоев для записи голограмм в УФ-области спектра ($\lambda=337,1$ нм) на фиксированной пространственной частоте ~ 500 мм $^{-1}$ [1, 2], а также излучением гелий-кадмиевого лазера ($\lambda=441,6$ нм) на частотах вплоть до 2000 мм $^{-1}$ [3]. В настоящей работе ставилась цель оценить предельную разрешающую способность TiO_2 -слоев различных модификаций интерференционным методом и изучить особенности записи голограмм в широком интервале пространственных частот при фиксированных условиях записи и проявления.

Фотографические слои получали путем последовательного нанесения на стеклянную подложку пленки диоксида титана (толщина 0,03 мкм) из изо-пропанольного раствора полибутилтитаната с последующим прогревом на воздухе при 100 °С в течение 20 мин и желатинового слоя (толщина 0,5 мкм), содержащего и не содержащего мероцианиновый краситель. Для стабилизации скрытого изображения и повышения чувствительности слоев в состав полимерного слоя вводили нитрат серебра и лимонную кислоту.

Запись голограмм осуществляли излучением гелий-кадмиевого лазера (типа ЛГ-62) в сходящихся и встречных пучках. Диаметр активирующего пучка, выходящий из коллиматора (ОМ-2/Юпитер-36В), составлял в плоскости регистрации голограммы 20 мм. Пространственная частота, на которой проводили запись, задавалась углом между интерферирующими пучками лазерного излучения. Экспонированные TiO_2 -слои проявляли в никелевом физическом проявителе по методике, описанной в [4], при этом голографическая решетка формировалась в виде металлического рельефа на поверхности пленки TiO_2 . Восстановление голограмм проводили посредством гелий-неонового лазера ($\lambda=632,8$ нм). Интенсивности предметного, опорного и дифрагированного лучей измеряли с помощью ФЭУ-27, сопряженного с милливольтметром В2-23, а абсолютные значения мощности излучения — калориметрическим прибором РСИ СМ «Титан» с точностью не менее 4 %.

Величина минимальной экспозиции, при которой начиналась запись дифракционных решеток на сенсibilизированных TiO_2 -слоях, составляла 0,5 мДж/см 2 . Чувствительность несенсibilизированных фотослоев к излучению с $\lambda=441,6$ нм была на 2,5 порядка ниже, поскольку край поглощения гидратированной аморфной пленки TiO_2 лежит в области $\lambda \leq 340\text{--}360$ нм [1].

Для оценки предельных резольвометрических характеристик рассматриваемых слоев интерференционным методом осуществляли запись голограмм плоского зеркала при различных углах между интерференционными пучками. Пространственную частоту регистрируемой голографической решетки рассчитывали по формуле [5]:

$$\nu = \frac{2n \sin(\alpha/2)}{\lambda},$$

где n — коэффициент преломления фотослоя, равный $\sim 1,65$; λ — длина волны записывающего излучения; α — угол между интерференционными пучками.

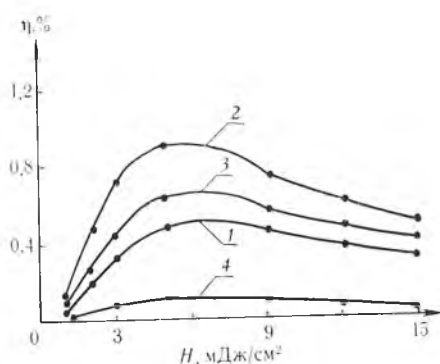
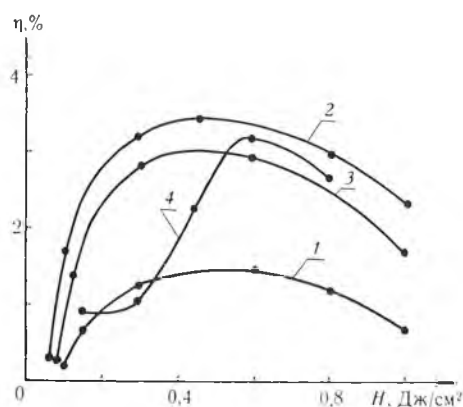


Рис. 1. Зависимость дифракционной эффективности голограмм, полученных на пропускание (1—3) и отражение (4), от экспозиции при различных временах проявления несенсибилизированных TiO_2 -слоев, мин: 0,5 (1), 1,5 (2, 4) и 2,5 (3). $\nu = 120 \text{ мм}^{-1}$

Рис. 2. Зависимость дифракционной эффективности голограмм, полученных на пропускание (1—3) и отражение (4), от экспозиции при различных временах проявления сенсибилизированных TiO_2 -слоев, мин: 0,5 (1), 1,5 (2, 4) и 2,0 (3). $\nu = 1700 \text{ мм}^{-1}$

Предельный угол, при котором надежно записывалась голограмма, составил $\sim 176^\circ$, что соответствует пространственной частоте $\sim 7500 \text{ мм}^{-1}$, при этом дифракционная эффективность полученных голограмм имела значение 0,01 %.

При изучении особенностей восстановления волнового фронта на дифракционных решетках, записанных на высоких пространственных частотах по схеме в сходящихся пучках ($\sim 3400 \text{ мм}^{-1}$, угол 48°), было обнаружено, что дифракционная волна порядка $i = -1$ выходит из решетки под углом, соответствующим углу полного внутреннего отражения светового луча в стеклянной пластине, на которой сформирована дифракционная решетка. Полученный результат свидетельствует о принципиальной возможности использования пленочных диоксид-титановых слоев для создания оптических элементов устройств ввода-вывода излучения. В случае решения задачи повышения дифракционной эффективности решеток в этой области ν TiO_2 -слои могут найти и практическое применение для указанных целей.

Изучение зависимости дифракционной эффективности от экспозиции в широком интервале пространственных частот показало, что данная зависимость, как и в [1], имеет экстремальный характер (рис. 1, 2). Вначале наблюдается резкое нарастание значений η , затем кривая η (H) проходит через максимум с последующим медленным спадом. Для сенсибилизированных и несенсибилизированных TiO_2 -слоев имеет место сходный характер влияния времени обработки в никелевом физическом проявителе на достигаемые значения η . Сначала увеличение времени проявления приводит к росту дифракционной эффективности формируемых на пленке TiO_2 -решеток, а после достижения некоторого $t_{\text{крит.}}$ характер зависимости меняется на противоположный, что обусловлено зарастанием элементов периодических структур.

Толщина (h) осаждаемого на центры скрытого изображения металла является функцией времени проявления и может достигать нескольких микрон. Величина дифракционной эффективности определяется модуляцией коэффициента поглощения и толщиной слоя металла. Ввиду того, что толщина рассматриваемых TiO_2 -слоев не превышает 0,03—0,05 мкм, голограммы, регистрируемые на них, до некоторого предела h можно отнести к тонким амплитудным голограммам. При толщинах слоя металла свыше 0,1 мкм рост величины η обусловлен преимущественно изменением вклада фазовой составляющей, а модуляция светового потока имеет амплитудно-фазовый характер.

Для оценки качества голографических материалов наряду с разре-

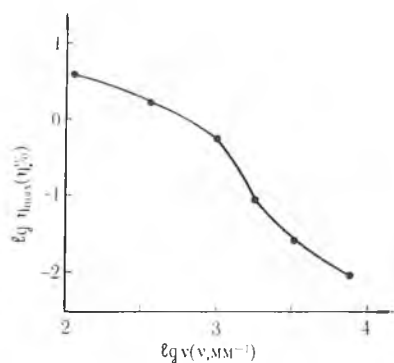


Рис. 3. Частотно-дифракционная характеристика несенсибилизированных TiO_2 -слоев

нижения на рост h , налагаемые величиной периода (Λ) решетки ($h \ll \Lambda$), значения Λ значительно выше, чем в области более высоких ν . Отсутствие пространственных ограничений роста металлической фазы из раствора на поверхности пленки TiO_2 приводит к тому, что в определенный момент времени элементы периодических структур, на которых происходит дифракция, начинают зарастать, что сопровождается падением значений η , причем тем раньше, чем выше ν . Это же является причиной прохождения η через максимум с увеличением времени проявления.

Следует отметить, что полученные в настоящей работе абсолютные значения η не являются предельными для рассматриваемых слоев. Один из путей повышения дифракционной эффективности — это формирование голограмм с профилем, близким к прямоугольному, что можно осуществить путем формирования высокого металлического рельефа на пленке TiO_2 . Как показано в работе [1], при записи голограмм по схеме с ахроматизацией полос, в которой в качестве светоделительного элемента применяли металлизированную дифракционную решетку, работающую на отражение, наблюдалось формирование голограмм с более высокими (в 1,5—2 раза) значениями η при сопоставимых энергиях излучения и пространственных частотах. Дифракционные решетки из никеля, изготовленные с использованием TiO_2 -слоев методом контактного копирования, при $\nu = 100 \text{ мм}^{-1}$ имели эффективность $\sim 20\%$.

Другой путь увеличения η при записи голограмм на высоких пространственных частотах — повышение селективности формирования периодических структур в процессе физического проявления и создание противоореального слоя, что особенно важно в случае TiO_2 -слоев, сенсибилизированных красителями. Реализация указанных путей повышения η является предметом самостоятельного исследования.

Анализируя полученные результаты и учитывая результаты работ [1—4, 6—9], можно заключить, что при экспонировании в области собственной чувствительности пленочных TiO_2 -слоев, легированных небольшим количеством соли серебра, формируется высокая концентрация локализованных в местах образования центров проявления (свыше 10^{11} ц/см^2), что является необходимым условием формирования дифракционных решеток высокого разрешения. Дифракционные же свойства периодических структур в решающей степени определяются условиями химико-фотографической обработки слоев вследствие особенностей формирования и роста металлической фазы на пленках TiO_2 .

Список литературы

1. Нечепуренко Ю. В., Поликанни А. М., Соколов В. Г. и др. // Журн. науч. и прикл. фото- и кинематографии. 1984. Т. 29. № 1. С. 70.
2. Нечепуренко Ю. В., Поликанни А. М., Соколов В. Г. // Бессеребряные и необычные фотографические процессы: Тез. докл. IV Всесоюз. конф. Черноголовка, 1984. Т. 1. С. 270.

3. Рахманов А. К., Нечепуренко Ю. В., Михайлов В. П. и др. // Респ. межвуз. конф. молодых ученых-химиков: Тез. докл. Мн., 1979. С. 96.
4. Браницкий Г. А., Воробьева Т. Н., Данильченко Е. М. и др. // Всесоюз. конф. по процессам усиления в фотографических системах регистрации информации: Тез. докл. Мн., 1981. С. 248.
5. Кириллов Н. И. Высокора разрешающие фотоматериалы для голографии и процессы их обработки. М., 1979. С. 25.
6. Нечепуренко Ю. В. Автореф. дис. ... канд. хим. наук. Мн., 1985. 21 с.
7. Воробьева Т. Н., Свиридов В. В., Соколов В. Г., Браницкий Г. А. // Журн. физ. химии. 1980. Т. 54. № 10. С. 2570.
8. Воробьева Т. Н., Свиридов В. В., Соколов В. Г., Браницкий Г. А. Электронно-микроскопическое исследование физического серебряного проявления фотослоев на основе пленок TiO_2 . Мн., 1981. 32 с. Деп. в ВИНТИ 20.05.81. № 2524-81.
9. Кузьмичев А. А., Нечепуренко Ю. В., Соколов В. Г. // Автометрия. 1990. № 3. С. 87.

УДК 541.182:546.723-31'732:539.232

М. В. БАЙКОВ, С. Н. МАЛЬЧЕНКО, П. А. БОГДАНОВ

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛЕНОК ФЕРРИТА КОБАЛЬТА ИЗ ВОДНОГО КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА

Перспективным методом формирования тонких пленок оксидов металлов является метод их получения из золь (коллоидных растворов) оксидов. Обычно используются нестабильные золи гидратированных оксидов, образующиеся при гидролизе алкоголятов металлов и самопроизвольно переходящие в гель (золь-гель процесс) [1, 2]. Для этих целей предлагают использовать также золи гидроксидов, стабилизированные кислотами [3, 4].

Особенностью развиваемого нами подхода [5—7] является то, что образующая пленку фаза оксида предварительно формируется в виде мельчайших коллоидных частиц, которые стабилизируются с помощью ПАВ. Отсутствие агрегирования частиц позволяет формировать из таких коллоидных растворов сплошные однородные пленки с плотной упаковкой частиц оксида. При нанесении раствора в виде тонкого слоя на подложку и последующей термообработке происходит удаление дисперсионной среды и стабилизатора с образованием сплошной оксидной пленки. Некоторые закономерности этого процесса исследованы нами при формировании тонких пленок оксида железа (III) с использованием коллоидного раствора, в котором мелкие (около 10 нм) кристаллические частицы магнетита стабилизированы олеиновой кислотой в среде углекислого водорода [5, 6].

В данной работе представлены результаты исследования процесса формирования тонкой пленки феррита кобальта из водного коллоидного раствора, в котором мелкие частицы феррита стабилизированы анионо-активным ПАВ — олеатом аммония, разлагающимся при нагревании с образованием только летучих продуктов. Процессы удаления дисперсионной среды и стабилизатора и формирования кристаллической пленки CoFe_2O_4 изучались методами термогравиметрии, электронной микроскопии с микродифракцией и рентгенографии.

Методика эксперимента

Высокодисперсный феррит кобальта CoFe_2O_4 получали методом осаждения из растворов [8] при взаимодействии горячих (температура $85 \pm 2^\circ\text{C}$) растворов NaOH и стехиометрической смеси солей Co (II) и Fe (III) мольного состава 1 : 2. Для полноты превращения соосажденных гидроксидов в феррит процесс проводили в щелочной среде (pH 9—10) с последующим старением осадка в маточном растворе в течение 1 ч при той же температуре.

Для получения коллоидного раствора осадок, отмытый декантацией в магнитном поле до начала пептизации, при температуре 60°C пептизировали в водном растворе олеата аммония. Массовое отношение

CoFe_2O_4 — ПАВ составляло 1 : 0,75 по аналогии с коллоидным раствором магнетита, стабилизированным олеатом натрия [9]. Полученный коллоидный раствор феррита кобальта центрифугировали для отделения крупнодисперсной фракции и агрегатов частиц. Концентрация твердой фазы в коллоидных растворах, использованных для формирования пленок, была равна от 8 до 10 мас. %.

Тонкие пленки феррита формировали путем полива растворов на вращающиеся (300 об/мин) очищенные кварцевые или стеклянные подложки и последующего прогрева образующихся слоев на воздухе при температуре от 150 до 800 °С в течение 2—8 ч. Толщину пленок измеряли с помощью лазерного эллипсометра ЛЭМ-3. Оптические спектры пленок в области длин волн 300—750 нм снимали на спектрофотометре Spekd-UV-VIS.

Структуру пленок изучали методом просвечивающей электронной микроскопии с микродифракцией на микроскопе ЭМВ-100ЛМ. Для проведения исследований пленки отделяли от подложек путем травления в плавиковой кислоте, концентрацию которой подбирали таким образом, чтобы отделение пленки происходило без ее растворения.

Рентгенографические исследования проводили на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 с использованием фильтрованного излучения MoK_α .

Результаты и их обсуждение

Электронно-микроскопическое исследование коллоидных частиц, выделенных из раствора, показало, что они имеют форму близкую к сферической, не агрегированы и их размеры составляют около 10 нм. Методами микродифракции и рентгенографии обнаружено присутствие одной кристаллической фазы — феррита кобальта. По уширению линий 220 и 440 на рентгенограмме методом аппроксимации [10] был вычислен средний размер кристаллов, который составил 10—11 нм. Таким образом, коллоидные частицы представляют собой микрокристаллики феррита CoFe_2O_4 .

Полив приготовленного коллоидного раствора на вращающуюся подложку привел к образованию тонкого (менее 1 мкм) гелеобразного слоя, прозрачного и равномерного. Его электронно-микроскопический снимок, выполненный после высушивания слоя при 50 °С, демонстрирует наличие равномерного сплошного слоя частиц (рис. 1, а). Их размеры лежат в пределах от 2 до 20 нм (рис. 2, а), а средний размер равен примерно 10 нм.

Таким образом, защитный слой ПАВ препятствует соединению частиц в агрегаты при высыхании коллоидного раствора и способствует формированию однородной пленки с плотной упаковкой частиц кристаллического феррита кобальта.

Для удаления дисперсионной среды и стабилизатора пленки подвергались термообработке. Термогравиграмма, снятая для тонкого слоя коллоида, показала, что вода удаляется в области температур до 150 °С. Выше 200 °С происходит процесс термоллиза олеата аммония, сопровождающийся появлением ряда экзотермических эффектов и соответствующих им потерь массы. Полное удаление продуктов разложения ПАВ происходит около 400 °С. При температуре 450 °С отмечен малоинтенсив-

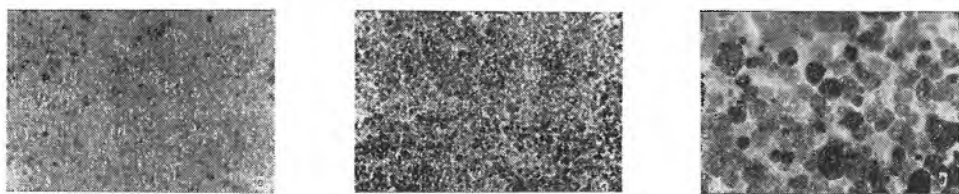


Рис. 1. Электронно-микроскопические снимки пленок феррита кобальта, полученных на стеклянных (а, б) и кварцевых (в) подложках и прогретых при температуре: а — 50 °С; б — 500 °С; в — 800 °С; $\times 10^5 \text{000}$

ный экзотермический эффект, не связанный с изменением массы образца и соответствующий, вероятно, рекристаллизации феррита. Соответственно выше этой температуры следует ожидать формирования кристаллической пленки, не загрязненной продуктами пиролиза олеата аммония.

Действительно, термообработка при 400—500 °С привела к формированию прозрачных, сплошных, равномерных пленок феррита, механически прочных и обладающих хорошей адгезией к подложке. Их толщина при однократном поливе составляла около 50—60 нм. Пленки имеют показатель преломления 1,95, темно-коричневый цвет, хорошо пропускают свет с длиной волны 600—700 нм и задерживают — при длине волны 300—400 нм, что характерно для тонких пленок на основе оксида железа [2].

Электронно-микроскопическое исследование пленок, прогретых в интервале температур от 50 до 500 °С (см. рис. 1 а, б), показало, что во всем исследованном интервале они имеют сплошную поликристаллическую структуру. Наблюдавшиеся для этих пленок электронограммы в виде сплошных колец соответствуют неориентированным поликристаллам фазы CoFe_2O_4 , присутствие других фаз не обнаружено. Таким образом, происходящие при температурах 150—200 °С процессы удаления дисперсионной среды и защитного слоя ПАВ не отразились на кристаллической структуре и фазовом составе пленок. Более того, протекание этих процессов не привело к росту составляющих пленку частиц, и лишь после прогрева при 500—600 °С отмечено незначительное увеличение их размеров, выразившееся в смещении максимума распределения на гистограммах (см. рис. 2 а—в). Значительное, в несколько раз увеличение размеров частиц феррита было отмечено лишь после прогрева пленки при 800 °С (см. рис. 1, в, 2, г), когда она состоит только из поликристаллов с размерами 20—100 нм с выраженной границей.

Таким образом, мы наблюдали формирование сплошной равномерной пленки феррита с использованием коллоидных частиц, защищенных адсорбционным слоем молекул ПАВ. Плотная упаковка частиц в пленке может быть объяснена, вероятно, отсутствием агрегирования в коллоиде, однородностью формы частиц и наличием достаточно широкого распределения их по размерам. Процесс можно разделить на три стадии: 1) удаление дисперсионной среды; 2) разрушение защитного слоя ПАВ; 3) рост частиц в пленке. Характерной особенностью второй стадии является отсутствие заметного укрупнения частиц вплоть до полного удаления продуктов пиролиза.

Данный метод получения пленок ограничен теми составами ферритов (и вообще сложных оксидов), которые могут формироваться при относительно низких температурах в высокодисперсном состоянии, например, путем осаждения из растворов. Поскольку предлагаемый способ предусматривает предварительное получение частиц образующего пленку оксида определенного состава, он представляется перспективным при формировании тонких пленок с заданными свойствами.

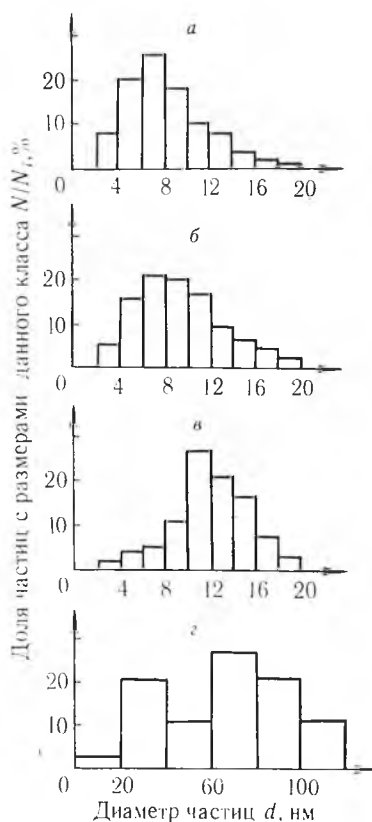


Рис. 2. Распределение по размерам частиц в пленках, прогретых при температуре:
а — 50 °С; б — 500 °С; в — 550 °С; г — 800 °С

Список литературы

1. Livage J., Lemerle J. // *Ann. Rev. Mater. Sci.* 1982. V. 12. P. 103.
2. Суйковская Н. В. // *Химические методы получения тонких прозрачных пленок*. Л., 1971.
3. Kurokawa Y., Shirakawa T., Saito S., Yui N. // *Journ. Mater. Sci. Lett.* 1986. V. 5. № 10. P. 1070.
4. Сычев М. М. // *Неорганические клеп.* Л., 1986.
5. Мальченко С. Н., Горошко Н. Н., Баран С. В., Ермоленко В. И., Витенчик Т. М. // *Весті АН БССР. Сер. хім. навук.* 1989. № 1. С. 115.
6. Мальченко С. Н., Горошко Н. Н., Байков М. В., Чудаков В. А., Холмецкий А. О., Мисевич О. В. // *Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр.* 1989. № 1. С. 21.
7. Мальченко С. Н., Орлик Д. Р., Байков М. В., Баран С. В. *Формирование пленочных структур SnO₂ и SnO₂—Pd из водных коллоидных растворов* / *Ред.-кол. журн. «Весті АН БССР. Сер. хім. навук»*. Мн., 1987. Деп. в ВИНТИ 06.11.87. № 7780-B87.
8. Hasegawa K., Saito T. // *Journ. Appl. Phys.* 1967. V. 38. № 12. P. 4707.
9. Феррман В. Е. // *Магнитные жидкости: Справочное пособие*. Мн., 1988.
10. Иверопова В. И., Ревкевич Г. П. // *Теория рассеяния рентгеновских лучей*. М., 1972.

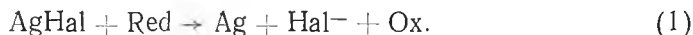
УДК 77.023.71:621.386.84:778.33

Г. М. КОРЗУН, В. В. БЕЛЕНКОВ,
В. С. ГУРИН, С. К. РАХМАНОВ

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ПРОТИВОИОНА ТИОЦИАНАТ-АНИОНА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ СЕРЕБРА, ФОРМИРУЮЩЕГО ФОТОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

Фотографические изображения с низкой оптической плотностью, полученные, например, вследствие недостаточно тщательной сбалансированности условий экспонирования и последующей обработки фотоматериала, можно усилить за счет регулируемого изменения кроющей способности серебра (КС) проявленного изображения [1—6]. На практике это достигается за счет последовательной окислительно-восстановительной обработки серебра изображения в растворе окислителя (обычно $K_3[Fe(CN)_6]$ и растворимого галогенида), приводящей к образованию малорастворимого $AgHal$, а затем в растворе восстановителя ($NaBH_4$, соединений Sn (II), в том числе в присутствии восстановителей $AgHal$), приводящей в конечном итоге к образованию частиц серебра разной дисперсности [4—6].

В отсутствие растворителей $Ag Hal$ образование частиц Ag может протекать по механизму твердофазного восстановления, описываемого уравнением (1):



По данным [4, 5], в том случае размеры образующихся частиц серебра практически такие же, как у исходных, и эффективность процесса усиления невелика.

В присутствии растворителей $Ag Hal$ восстановление этого металла может протекать не только из твердой фазы, но также из его растворимых комплексов, диффундирующих в эмульсионный слой (2):



Это приводит к образованию значительно более мелких, по сравнению с первоначальными, частиц серебра с высокой КС и, следовательно, повышению эффективности процесса усиления D . В качестве лигандов ионов Ag^+ , входящих в состав усиливающего раствора, могут использоваться тиоцианат-анионы в виде солей щелочных металлов [3, 5]. Предполагалось, что катионы последних, выступая в качестве противоионов по отношению к тиоцианат-анионам и оказывая влияние на скорость

диффузии SCN^- -ионов в желатиновый слой [7, 8], могут воздействовать на скорость процесса (2), а тем самым на количество образующихся частиц высокодисперсного серебра, а следовательно, на эффективность усиления.

Экспериментальная часть

Объектами исследования служили рентгентехническая пленка *D7* производства фирмы «Агфа-Геверт» и рентгеновская медицинская пленка РМ-В производства КПО «Тасма».

Пленки экспонировались на рентгеносенситометре МНИРРИ, согласно ОСТ 6—17—54—80. Пленка *D7* — белым спектром рентгеновской трубки при напряжении 80 кВ и силе тока 4 мА. Доза облучения на 15-м поле сенситограммы составляла 0,8 Р. Пленка РМ-В экспонировалась в сочетании с двумя усиливающими люминесцентными экранами типа ЭУ-В2 при напряжении на трубке 80 кВ и силе тока 0,5 мА. Доза облучения на 15-м поле сенситограммы составляла 0,05 Р.

Сенситограммы, полученные после стандартной химико-фотографической обработки [1], подвергали усиливающей обработке по МДС, которая состояла в окислении серебра изображения до AgCl в растворе, содержащем $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и NaCl , и последующем его восстановлении в растворах, содержащих Sn (II) и различное количество тиоцианатов лития, натрия или калия.

Эффективность усиливающей обработки оценивали по значениям сенситометрических характеристик пленок и по характеру кривых зависимости коэффициента усиления изображения $K_y = D_y/D$ (где D_y и D — соответственно оптическая плотность усиленного и исходного изображения) от величины D . Изменения геометрических размеров элементов изображения (уширение линий) после усиливающей обработки устанавливали с помощью микроденситометра МД 100. Для этого на образец пленки контактным способом впечатавали изображение миры, самый широкий штрих которой (128 мкм) после обычной или усиливающей обработки пленки сканировали на микроденситометре через прямоугольную щель размером 2000×60 мкм с использованием проекционных объективов Ароchromat 16/0,40" с записью на компенсографе К 201. Ширину линии измеряли на высоте 0,1 единицы оптической плотности над уровнем вуали. Ошибка измерения составляла ± 1 мкм.

Результаты и их обсуждение

Введение в состав восстанавливающего раствора тиоцианат-анионов приводит к значительному увеличению эффективности процесса усиливающей обработки, что выражается в увеличении чувствительности к излучению пленки *D7* в 4—5 раз, РМ-В в 2—2,5 раза по сравнению с усилением в растворе, не содержащем тиоцианат-анионы. Из табл. 1, где представлены сенситометрические характеристики пленок при различных вариантах обработки, и рисунка (кривые зависимости K_y от величины D) следует, что указанные величины определяются как концентрацией тиоцианат-анионов в восстанавливающем растворе, так и природой их противоионов. Как видно из рисунка, во всех случаях усиления, независимо от природы тиоцианата и его концентрации в восстанавливающем растворе, наблюдается сверхпропорциональное усиление оптических плотностей как для пленки РМ-В, так и для пленки *D7*. Сверхпропорциональный характер усиления, выражающийся увеличением K_y с ростом D , обусловлен увеличением доли высокодисперсного серебра в усиленном изображении с ростом D .

Величина K_y при одинаковом содержании тиоцианат-анионов возрастает в ряду Li^+ , Na^+ , K^+ . Его максимальная величина для пленки *D7* составляет ~ 7 , для пленки РМ-В — ~ 9 . Существенно, что по мере увеличения содержания SCN^- -ионов в восстанавливающем растворе влияние природы их противоионов на эффективность усиления изображения закономерно уменьшается (см. рисунок) и при концентрации раствора около 1,5 моль/л оно практически не регистрируется.

Таблица 1

Сенситометрические характеристики радиографических пленок Д7 и РМ-В после стандартной химико-фотографической обработки и усиления по МДС (D_0 — D вуали, γ — коэффициент контрастности, $S_{0,85+D_0}$ — фотографическая чувствительность)

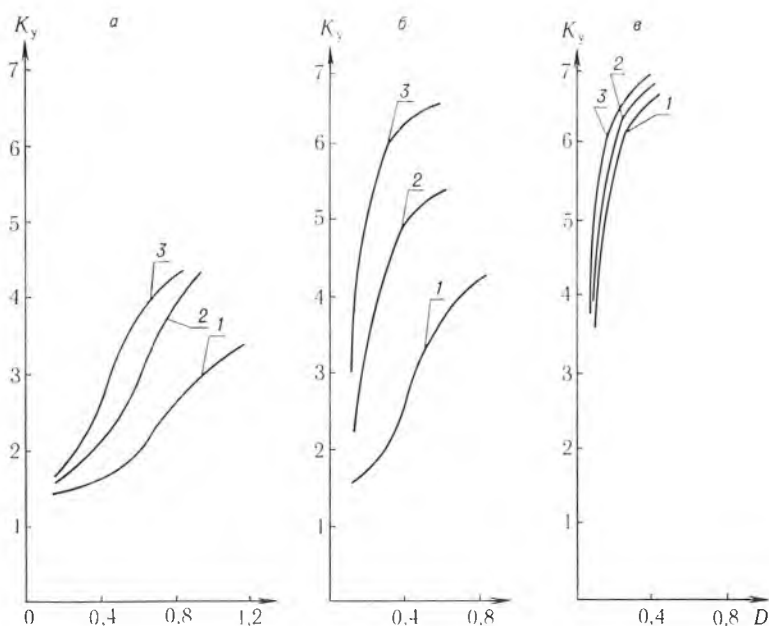
Тип обработки	Д7			РМ-В		
	D_0	γ	$S_{0,85+D_0}$ P^{-1}	D_0	γ	$S_{0,85+D_0}$ P^{-1}
Стандартная	0,05	4,0	10	0,09	3,0	800
Усиление по МДС при содержании (моль/л):						
без тиоцианата	0,05	4,0	14	0,10	3,0	900
LiSCN — 0,25	0,05	7,0	21	0,09	6,8	1300
NaSCN — 0,25	0,06	6,0	27	0,09	6,8	1450
KSCN — 0,25	0,05	6,3	32	0,10	6,4	1600
LiSCN — 0,5	0,06	6,9	30	0,12	6,8	1850
NaSCN — 0,5	0,08	5,2	53	0,16	7,0	2150
KSCN — 0,5	0,08	4,4	76	0,16	7,0	2250
LiSCN — 1,0	0,08	4,2	76	0,18	7,0	2500
NaSCN — 1,0	0,10	4,2	78	0,20	7,6	2500
KSCN — 1,0	0,10	3,8	80	0,20	7,8	2500

Данные, характеризующие степень повышения оптической плотности изображения и уширение линии в процессе усиливающей обработки пленок РМ-В по МДС с использованием восстанавливающих растворов, содержащих разные количества тиоцианат-анионов и различные противоионы, представлены в табл. 2. Из этих и приведенных выше результатов следует, что различия в эффективности усиления при использовании в составе восстанавливающих растворов LiSCN, NaSCN и KSCN в целом коррелируют с соответствующими различиями в величине уширения линии. Однако последние различия оказываются сильно выраженными и при значительном содержании тиоцианат-ионов ($\sim 1,5$ — 2 моль/л) в восстанавливающих растворах, когда эффективность усиления практически не зависит от природы противоионов тиоцианат-анионов.

Как отмечено в [4—6], эффективность процесса усиления по МДС, характеризуемая величиной K_y , зависит от доли высокодисперсного серебра с высокой КС в составе усиленного изображения, которая, в свою очередь, определяется соотношением скоростей восстановления $AgHal$, составляющего отбеленное изображение по двум направлениям (1) и (2). Очевидно, что рост эффективности усиления всех D исходного изображения с увеличением содержания тиоцианат-ионов в составе усиливающего раствора (см. рисунок) обусловлен возрастанием скорости стадии (2) и связанного с этим увеличением доли высокодисперсного серебра.

Показанное экспериментально в работе влияние природы противоиона в тиоцианате, содержащемся в восстанавливающем растворе, на эффективность процесса усиления по МДС, по-видимому, обусловлено известным из литературы [9, 10] фактом влияния природы катиона K^+ , Na^+ , Li^+ на скорость проникновения тиоцианат-ионов в желатиновый слой. Согласно данным [9, 10], указанные катионы в разной степени конкурируют с желатиной в эмульсионном слое в отношении связывания воды, обеспечивая при прочих равных условиях разную степень набухания такого слоя, благодаря чему коэффициенты диффузии SCN^- -ионов возрастают в ряду $Li^+—Na^+—K^+$.

Наиболее высокая скорость проникновения тиоцианат-ионов в желатину



Зависимость K_y от D для пленки D7 при усилении по МДС с использованием восстанавливающего раствора с LiSCN (1), NaSCN (2) и KSCN (3) при содержании последних в количестве 0,25 моль/л (а); 0,5 моль/л (б); 1,0 моль/л (в)

Таблица 2

Значения оптической плотности штриха (D) и ширина штриха (d) изображения миры (для штриха 128 мкм) на пленке РМ-В после стандартной химико-фотографической обработки и усиления по МДС

Тип обработки	D	d , мкм	Δd , мкм
Стандартная обработка	0,60	132	0
Усиление по МДС при содержании (моль/л):			
LiSCN — 0,25	1,00	134	2
NaSCN — 0,25	1,25	136	3
KSCN — 0,25	1,35	140	8
LiSCN — 0,5	1,50	138	6
NaSCN — 0,5	2,15	152	20
KSCN — 0,5	2,25	158	25
LiSCN — 1,0	2,3	156	24
NaSCN — 1,0	2,5	176	44
KSCN — 1,0	2,7	205	73

тиновый слой, имеющая место в том случае, когда в качестве их противоионов выступают катионы K^+ , обеспечивает наибольшую скорость протекания стадии (2) и, следовательно, наибольшую эффективность процесса усиления изображения (табл. 1, рисунок) и максимальное уширение линий (табл. 2). Данные результаты могут быть связаны и с различной диффузионной способностью комплексных ионов серебра, в качестве противоионов которых также выступают катионы указанных выше щелочных металлов.

Тот факт, что противоионы тиоцианат-анионов практически не влияют на эффективность процесса усиления изображения по МДС при до-

статочной высокой концентрации анионов в восстанавливающем растворе (табл. 1, рисунок), может быть связан с тем, что величина степени диспергирования достигает некоторого предельного значения для рассматриваемых условий проведения процесса. Последние не зависят от диффузионной способности в объеме желатинового слоя комплексных ионов серебра, которая, как об этом можно судить на основании данных об уширении линий (табл. 2), и при высокой концентрации тиоцианат-ионов в восстанавливающем растворе является функцией природы их противоионов.

Полученные результаты являются дополнительным свидетельством в пользу представлений о природе процессов, ответственных за повышение степени дисперсности серебра изображения в результате усиления последнего по МДС [5, 6]. Они являются также основой для реализации еще одного пути регулирования сенситометрических и функциональных характеристик черно-белых галогенсеребряных регистрирующих материалов за счет соответствующего выбора противоиона в тиоцианате щелочного металла, входящего в состав восстанавливающего раствора на основе солей олова (II) и использующегося в процессе усиления по МДС.

Список литературы

1. Браницкий Г. А., Корзун Г. М., Рахманов С. К. и др. // Весті АН БССР. Сер. хім. навук, 1986. № 1. С. 102.
2. Биктимиров Р. С., Капустин В. И., Корзун Г. М. и др. // Дефектоскопия. 1987. № 8. С. 11.
3. Браницкий Г. А., Сташенок В. Д., Рогач Л. П. и др. Принципы усиления серебряного изображения, основанные на диспергировании частиц серебра и его осаждении из проявляюще-фиксирующих растворов. Мн., 1987. 27 с. Деп. в ВИНТИ 22.12.87. № 8944-87.
4. Корзун Г. М., Рахманов С. К., Григоренко В. И. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1988. № 1. С. 20.
5. Корзун Г. М., Рахманов С. К., Кузьмичев А. А., Свиридов В. В. // Весті АН БССР. Сер. хім. навук. 1988. № 6. С. 96.
6. Branitsky G. A., Corzun G. M., Rakhmanov S. K. // Journ. Inf. Rec. Mater. 1989. V. 17. N 3. P. 191.
7. Кондратьев В. А., Чернов С. Ф. // Докл. АН СССР. 1986. Т. 283. № 3. С. 664.
8. Корзун Г. М., Рахманов С. К., Кузьмичев А. А., Хвалюк В. Н. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1990. № 2. С. 19.
9. Редько А. В. Специальные процессы обработки кинофотоматериалов. М., 1987. С. 208.
10. Джеймс Т. Х. Теория фотографического процесса. Л., 1980.

УДК 541.133:537.312.6

П. П. ЖУК, М. В. ЗИНКЕВИЧ,
В. В. ХАРТОН, А. А. ВЕЧЕР

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОБАЛЬТИТА ЛАНТАНА, ЛЕГИРОВАННОГО ВИСМУТОМ

Сложные оксиды со структурой перовскита типа LnTO_3 ($T = \text{Mn, Co, Cr, Ni, Fe}$) являются эффективными электродными материалами электрохимических устройств с твердыми и жидкими электролитами [1—3]. Исследования показали перспективность использования кобальтитов редкоземельных элементов (РЗЭ) в качестве кислородных электродов высокотемпературных топливных элементов с твердым электролитом [4, 5], электрохимических сенсоров [2]. Однако их применение сдерживается из-за больших по сравнению с твердыми электролитами на основе ZrO_2 коэффициентов термического расширения, а также трудностью нанесения пористых электродных слоев кобальтита РЗЭ на твердоэлектродлитную подложку. Среди кобальтитов наивысшей проводимостью обладает LaCoO_3 , легирование которого щелочноземельными элементами приводит к значительному (на 3—4 порядка) увеличению проводимости в области средних и низких температур [5—9].

Цель настоящей работы — исследование влияния легирования висмутом на электро-и теплофизические свойства модифицированного кобальта лантана.

Экспериментальная часть

Поликристаллические образцы $\text{La}_{1-x-y}\text{Sr}_x\text{Bi}_y\text{CoO}_3$ получены по стандартной керамической технологии. В качестве исходных компонентов использованы La_2O_3 (о. с. ч.), SrCO_3 (х. ч.), Bi_2O_3 (о. с. ч.), Co_3O_4 (ч. д. а.). La_2O_3 предварительно отжигался на воздухе в течение 10 ч при 1270 К, Co_3O_4 — при 1020 К. Рассчитанные в необходимых молярных соотношениях компоненты смешивались и тщательно перетирались до полной однофазности. Синтез проводили в течение 50 ч при 1070—1220 К с многократным промежуточным измельчением спеков.

Рентгенографическое исследование полученных твердых растворов осуществлялось при комнатной температуре на дифрактометре ДРОН-3М (излучение $\text{CoK}\alpha$, Fe-фильтр).

Из синтезированных порошков методом гидравлического прессования (600 МПа) формовались образцы в виде брусков $(4 \times 4 \times 30) \cdot 10^{-3}\text{м}^3$, которые спекались на воздухе при 1270—1370 К в течение 15 ч. Плотность образцов составляла 85—95 % теоретической. Структурных изменений после спекания не обнаружено.

Электропроводность образцов определяли на воздухе в области температур 300—1100 К 4-зондовым методом на постоянном токе, а также в отдельных случаях на переменном токе (1500 Гц). Термическое расширение образцов измеряли на кварцевом dilatометре ДКВ-4 при температурах 300—1100 К со скоростью 3—5 К/мин. Относительная погрешность определения электропроводности — 2 %, коэффициента термического расширения (КТР) — $\pm 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$, постоянных кристаллической решетки — $\pm 0,0002 \text{ нм}$.

Результаты и их обсуждение

Рентгенографический анализ твердых растворов $\text{La}_{1-x-y}\text{Sr}_x\text{Bi}_y\text{CoO}_3$ показал их однофазность только для небольших значений y (0—0,05). При $y=0,10$ в образцах обнаружены следы δ -фазы оксида висмута, а при $y=0,15$ наблюдалось частичное разложение перовскитной структуры с образованием $\delta=\text{BiO}_{1,5}$ и оксидов кобальта (см. таблицу), что согласуется с термодинамическими данными [10, 11].

Параметры кристаллической решетки

y	x							
	0	0,20	0,35	0,50	0	0,20	0,35	0,50
	a, км				α, град			
0	0,5338	0,5407	0,5412	0,5418	60,80	60,56	60,38	60,24
0,05		0,5398	0,5401	0,5410		60,59	60,51	60,17
0,10	0,5379	0,5397	0,5406	0,5405	60,81	60,60	60,48	10,39

Для всех образцов $\text{La}_{1-x-y}\text{Sr}_x\text{Bi}_y\text{CoO}_3$ ($x=0—0,5$, $y=0—0,1$) имело место образование характерной для кобальтита лантана перовскитной структуры с ромбоэдрическим искажением. Частичное замещение La^{3+} на Bi^{3+} приводит к его увеличению из-за меньшего радиуса иона Bi^{3+} .

Из температурной зависимости электропроводности системы $\text{La}_{1-x-y}\text{Sr}_x\text{Bi}_y\text{CoO}_3$ (рис. 1) следует, что понижение проводимости пропорционально количеству добавленного Bi^{3+} . Это объясняется двумя факторами: уменьшением интеграла перекрытия t_{2d} -орбиталей иона Co^{3+} и анионных групповых орбиталей p_π -типа и частичным разложением перовскита с образованием менее проводящей фазы на основе $\delta\text{-Bi}_2\text{O}_3$.

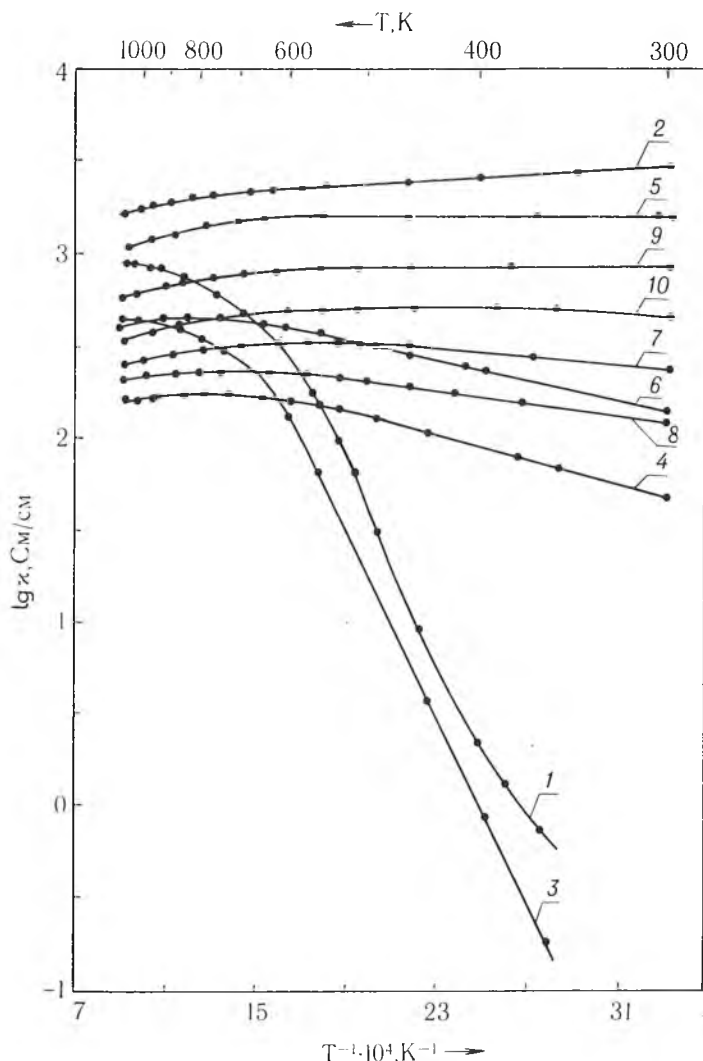


Рис. 1. Температурная зависимость электропроводности образцов системы $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Bi}_y\text{CoO}_3$:

1 — $x=0$, $y=0$; 2 — $x=0,3$, $y=0$; 3 — $x=0$, $y=0,1$; 4 — $x=0,2$; $y=0,1$; 5 — $x=0,2$; $y=0$; 6 — $x=0,2$, $y=0,05$; 7 — $x=0,35$, $y=0,05$; 8 — $x=0,35$, $y=0,05$; 9 — $x=0,5$, $y=0,05$; 10 — $x=0,5$, $y=0,1$

Для твердых растворов при $x > 0,2$ замещение La^{3+} на Bi^{3+} приводит к изменению механизма проводимости: образцы состава $y=0$, $x \geq 0,2$ имеют металлический характер проводимости во всей исследованной области температур, тогда как при $y \geq 0,05$ температура перехода лежит в интервале 450—750 К. Исключением является состав с $x=0,5$, температурный коэффициент сопротивления которого уменьшается от $(10,3 \pm 0,3) \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$ до $(2,1 \pm 0,3) \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$ для $\text{La}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{CoO}_3$ при $y=0,05$; состав с $x=0,5$, $y=0,10$ уже обладает полупроводниковым характером проводимости. Энтальпия активации электропроводности возрастает с увеличением y и с уменьшением x и лежит в пределах от $3,3 \pm 0,2$ ($x=0,5$, $y=0,1$) до $4,81 \pm 0,09$ кДж/моль ($x=0,2$, $y=0,1$). Установлено отсутствие каких-либо изломов на кривых относительного удлинения образцов в исследованной области температур (рис. 2). Рассчитанные значения КТР не зависят от легирующей добавки висмута. Легирование висмутом приводит к снижению температуры плавления от 2280 ± 25 К для LaCoO_3 до 1630 ± 20 К для $\text{La}_{0,4}\text{Sr}_{0,5}\text{Bi}_{0,1}\text{CoO}_3$.

Таким образом, легирование кобальтита лантана висмутом способст-

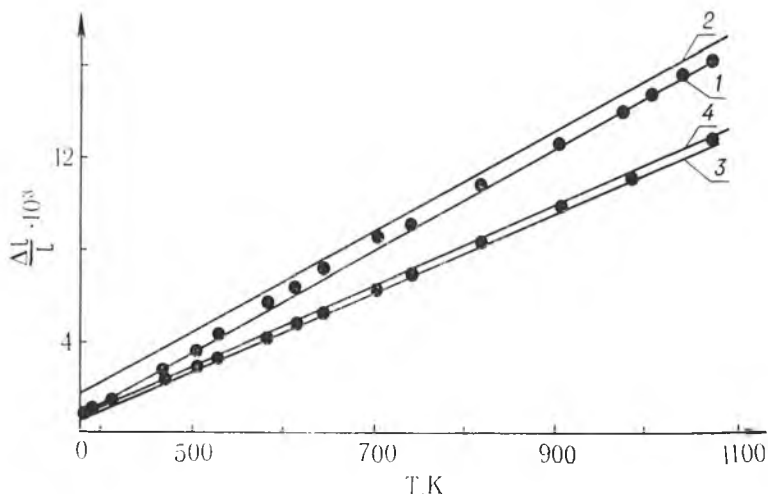


Рис. 2. Зависимость относительного удлинения образцов $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Bi}_y\text{CoO}_3$ от температуры:

1 — $x = 0$; $y = 0.1$; 2 — $x = 0$; $y = 0$; 3 — $x = 0.2$; $y = 0.05$; 4 — $x = 0.2$; $y = 0$

ует снижению температуры плавления без значительного уменьшения проводимости и изменения коэффициентов термического расширения.

Список литературы

1. Trasatti S. *Electrodes of Conductive Metallic Oxides*. Amsterdam; Oxford; New York, 1980. Part A. P. 283.
2. Baukal W., Kuhn W., Kleinschmager H., Rohr F.-J. // *Journ. Power Sources*. 1976/77. V. 1. N 1. P. 203.
3. Tedmond C. S., Spacil H. S., Mitoff S. P. // *Journ. Electrochem. Soc.* 1969. V. 116. N 9. P. 1170.
4. Jakobs S., Hartung R., Mobius H.-H., Wilke M. // *Rev. Chim. Miner.* V. 17. N 4. P. 283.
5. Ohno Y., Nagata S., Sato H. // *Solid State Ionics*. 1983. V. 9/10. P. 1001.
6. Kononyuk I. F., Tolochko S. P., Lutsko V. A., Anishchik V. M. // *Journ. Solid State Chem.* 1983. V. 48. N 2. P. 209.
7. Taguchi H., Shimada M., Koizumi M. // *Journ. Solid State Chem.* 1980. V. 32. N 2. P. 169.
8. Patil S. B., Keer H. V., Charkabarty D. K. // *Phys. Status Solidi*. 1979. V. A52. N 2. P. 671.
9. Ohbayashi H., Kudo T., Gejo T. // *Journ. Appl. Phys.* 1974. V. 13. N 1. P. 1.
10. Verkerk M. J., Burggraaf A. J. // *Journ. Appl. Electrochem.* 1980. V. 10. N 5. P. 677.
11. Petrov A. N., Cherepanov V. A., Zuyev A. Ju., Zhukovsky V. M. // *Journ. Solid State Chem.* 1988. V. 77. N 1. P. 1.

УДК 541.127

С. В. ВЯЗОВКИН, В. И. ГОРЯЧКО

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТЕРМОАНАЛИТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ИЗОКОНВЕРСИОННЫМ МЕТОДОМ

В работах [1—4] было показано, что корректное решение обратной задачи неизотермической кинетики в общем случае возможно только при использовании бездискриминационных методов, не требующих для расчета аррениусовских параметров (АП) выбора формальной модели процесса. Из числа бездискриминационных методов наибольшей информативностью отличаются изоконверсионные методы, позволяющие получить по данным нескольких неизотермических экспериментов зависимость эффективной энергии активации от степени превращения. Разви-

аемый нами подход дает возможность интерпретировать форму зависимости энергии активации от степени превращения в терминах брутто-механизма как для простых, так и для сложных (включающих в себя несколько реакций) процессов и оценивать соответствующие им величины АП. На базе этого подхода создано программное обеспечение (ПО) кинетической обработки термоаналитических данных. Настоящая работа посвящена сравнительной демонстрации возможностей созданного нами ПО и ПО термоанализатора «Mettler TA 3000», в соответствии с которым [5] АП рассчитываются широко используемым методом дискриминации моделей порядка реакции.

Рассмотрим кинетическую обработку модельных ДСК-кривых для сложного процесса, включающего в себя две параллельно протекающие реакции первого порядка со значениями энергии активации (E) и предэкспонента (A), равными соответственно: $E_1 = 125,4$ кДж/моль, $E_2 = 167,2$ кДж/моль; $A_1 = 10^{14}$ 1/мин, $A_2 = 10^{18}$ 1/мин. Модельные ДСК-кривые (скорости нагрева — 8, 12, 16 град/мин) имеют обычную колоколообразную форму и поэтому не дают оснований предполагать, что соответствующий им процесс является сложным. Результаты расчета значений АП и порядка реакции с помощью дискриминационного метода, используемого в ПО термоанализатора «Mettler TA 3000», представлены в таблице. Приведенные величины кинетических параметров, как и форма ДСК-кривых, ничего не говорят о сложном характере рассматриваемого процесса. Поэтому полученная кинетическая информация о сложном процессе, как о простом по своей сути, не имеет физического смысла.

Значения АП и порядка реакции,
рассчитанные с помощью дискриминационного метода,
используемого в ПО термоанализатора «Mettler TA 3000»

Скорость нагрева, град/мин	Энергия активации кДж/моль	Предэкспонент $\lg(1/\text{мин})$	Порядок реакции
8	114,7	12,4	0,944
12	116,6	12,6	0,947
16	118,3	12,8	0,948

Зависимость эффективной энергии активации от степени превращения, рассчитанная для модельных ДСК-кривых с помощью созданного нами ПО, представлена на рис. 1. Интерпретируя данную зависимость, можно получить конкретную информацию об изучаемом процессе. Прежде всего, сам факт существования подобной зависимости указывает [6]

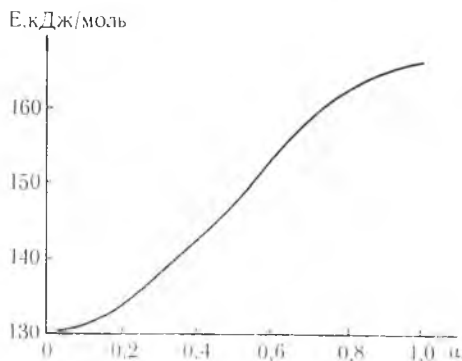


Рис. 1. Зависимость эффективной энергии активации, рассчитанной изоконверсионным методом, от степени превращения для модельного процесса

на сложный характер процесса (для простого процесса энергия активации постоянна при любых степенях превращения). Возрастающий характер зависимости говорит о параллельном протекании реакций, составляющих сложный процесс. Величины энергии активации при степенях превращения, близких к 0 и 1, являются оценками энергий активации индивидуальных реакций и составляют 128,3 и 165,9 кДж/моль соответственно. Таким образом, разработанный нами подход и созданное на его основе ПО дают достоверную информацию о механизме сложного процесса и энергии активации индивидуальных реакций.

Многие исследователи разделяют мнение [7] о неприменимости неизотермических методов для получения надежных кинетических характеристик. Нам представляется, что оно сформировалось прежде всего как следствие общепринятой практики расчета АП дискриминационными методами, которые действительно не применимы [1—4] в неизотермической кинетике. Приведенные выше результаты являются лишним подтверждением того, что зачастую не режим проведения эксперимента, а метод обработки экспериментальных данных определяет достоверность получаемой кинетической информации.

Особенно остро вопрос о достоверности рассчитанных значений АП встает при решении практических задач, связанных с предсказанием поведения исследуемого процесса за пределами экспериментальной области температур. Решение таких задач возможно только при наличии АП, правильно отражающих температурную зависимость скорости процесса. Чтобы убедиться в этом, попытаемся предсказать на основе информации, полученной в дискриминационном (см. таблицу) и бездискриминационном (рис. 1) подходах, кинетику протекания рассматриваемого модельного процесса при температуре $T=510$ К, лежащей за пределами экспериментального интервала.

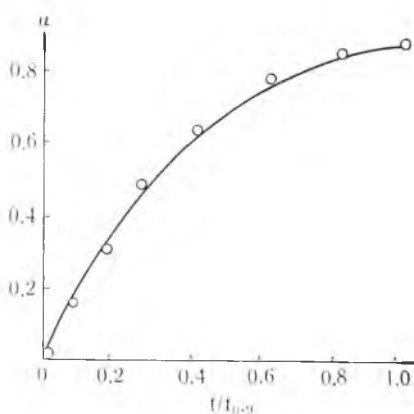
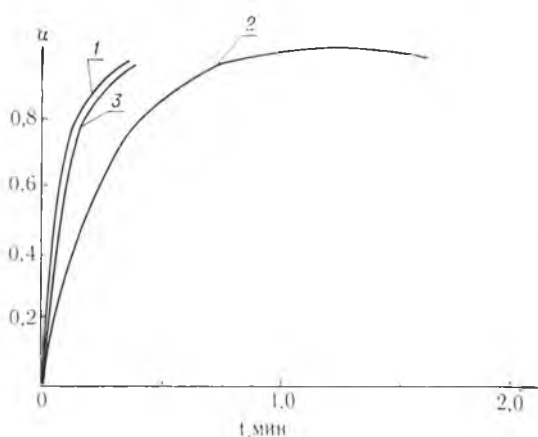


Рис. 2. Модельная изотермическая кинетическая кривая (1) и кривые, построенные по результатам расчетов, выполненных дискриминационным (2) и бездискриминационным (3) методами

Рис. 3. Преобразованная в изотермическую форму модельная термоаналитическая кривая (точки) и кривая, соответствующая уравнению реакции первого порядка, в приведенных координатах

Для построения кинетической кривой по значениям кинетических параметров (см. таблицу) при заданной температуре использовано общепринятое выражение $t=g(\alpha)/[A\exp(-E/RT)]$ (t — время; α — степень превращения; $g(\alpha)$ — интегральный вид формальной модели процесса; R — газовая постоянная). В соответствии с разработанным нами ПО изотермическая кинетическая кривая строится исходя из зависимости энергии активации от степени превращения (рис. 1) по ранее предложенному методу [8]. Сопоставляя построенные кинетические кривые с модельной (рис. 2), убеждаемся, что дискриминационный подход нельзя использовать для предсказания кинетики процесса за пределами экспериментального интервала температур, тогда как ПО, основанное на бездискриминационном изоконверсионном методе, успешно справляется с этой задачей.

Отметим еще одну возможность созданного нами ПО. После расчета зависимости энергии активации от степени превращения и преобразования термоаналитической кривой в изотермическую форму оно позволяет выбрать из предлагаемого списка наиболее вероятную модель процесса в приведенных координатах общепринятым в изотермической кинетике способом [9]. На рис. 3 в приведенных координатах представлена пре-

образованная термоаналитическая кривая на фоне модельной кривой, соответствующей уравнению реакции первого порядка, хорошо описывающего кинетику рассматриваемого процесса. Однако этот способ выбора модели требует осторожного применения, так как он ограничен процессами, уравнение скорости которых представимо в форме с разделяющимися переменными T и α , т. е. корректен для всех простых и лишь единичных сложных процессов.

Таким образом, ПО, использующее бездискриминационный изоконверсионный метод расчета АП в отличие от ПО термоанализатора «Mettler TA 3000», применяющего для расчета АП дискриминацию моделей порядка реакции, позволяет для исследуемого процесса: установить сложный (стадийный) характер протекания; идентифицировать брутто-механизм; оценить энергии активации составляющих реакций; предсказать поведение вне интервала экспериментальных температур; выбрать формальную модель в приведенных координатах.

Список литературы

1. Vyazovkin S. V., Lesnikovich A. I. // Journ. Therm. Anal. 1987. V. 32. N 3. P. 909.
2. Вязовкин С. В., Лесникович А. И. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 16.
3. Вязовкин С. В., Лесникович А. И. // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук. 1987.
4. Vyazovkin S. V., Lesnikovich A. I., Gunin E. A., Guslev V. G. // Thermochim. Acta. 1988. V. 130. № 1. P. 269.
5. Mettler TA 3000. Operating Instructions. P. 320.
6. Vyazovkin S. V., Lesnikovich A. I. // Thermochim. Acta. 1988. V. 128. № 1. P. 69.
7. Браун М., Доллмор Д., Галвей А. Реакции твердых тел. М., 1983. С. 314.
8. Вязовкин С. В., Лесникович А. И. // Журн. физ. химии. 1988. Т. 62. № 11. С. 2949.
9. Дельмон Б. Кинетика гетерогенных реакций. М., 1972.

УДК 543.422.23:547.796.1

П. Н. ГАПОНИК, О. А. ИВАШКЕВИЧ,
Т. Н. АНДРЕЕВА, Т. Б. КОВАЛЕВА

ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ВИНИЛТЕТРАЗОЛОВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ РОДАНИДА НАТРИЯ

Существует ряд работ [1—5] по радикальной полимеризации и со-полимеризации С- и N-винилтетразолов, являющихся полупродуктами в синтезе высокоазотсодержащих материалов с ценными свойствами. В отличие от С-винилтетразолов, N-винилтетразолы при радикальной полимеризации дают полимерные продукты с относительно невысокой характеристической вязкостью. Исследовать полимеризацию указанных мономеров в сопоставимых условиях не удастся ввиду ограниченной растворимости полимеров N-винилтетразолов в органических растворителях [3]. Недавно найдено [6], что полимеры винилтетразолов хорошо растворимы в водных растворах ряда солей, а универсальными растворителями для всех поливинилтетразолов являются водные растворы роданидов натрия и аммония. С другой стороны, известно, что полимеризация некоторых виниловых мономеров в подобных растворах является эффективным приемом регулирования реакционной способности мономеров и характеристик полимерных продуктов [7, 8].

В настоящей работе впервые исследована радикальная полимеризация 1-винилтетразола (ВТ), 1-винил-5-метилтетразола (ВМТ) и 2-метил-5-винилтетразола (МВТ) в водных растворах роданида натрия.

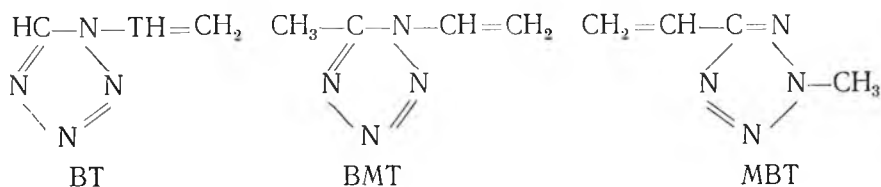


Таблица 1

Полимеризация винилтетразолов в водных растворах роданида натрия, $T = 338 \text{ K}$

№ п/п	Мономер	Концентрация ДАК, мол. %	Концентрация раствора, %	Выход поли- мера, %	$[\eta]$, дл/г
1	2-Метил-5-винилтетразол	0,10	30	7,2	3,10
2		0,10	40	54,1	3,29
3		0,10	50	73,3	3,35
4		0,10	60	79,5	3,38
5		0,25	40	68,6	2,76
6		0,25	50	78,7	2,84
7		0,25	60	86,1	3,11
8		0,50	40	86,3	2,32
9		0,50	50	82,3	2,73
10		0,50	60	82,8	2,97
11		1,0	40	89,8	2,00
12		1,0	50	88,2	2,20
13		1,0	60	75,6	2,54
14	1-Винилтетразол	0,25	50	38,0	4,15
15		0,25	60	53,7	4,96
16		0,25	70	93,0	—
17		0,5	—	60,0	1,75
18		0,5	13	51,6	2,20
19		0,5	50	63,5	3,28
20		0,5	60	95,2	4,20
21	1-Винил-5-метилтетразол	1,0	50	99,3	2,40
22		0,25	40	49,8	3,25
23		0,25	50	57,3	3,45
24		0,25	60	76,6	3,80
25		0,50	40	99,0	2,25
26		0,50	50	99,2	2,85
27		0,50	60	98,8	3,50

BT и BMT синтезировали винилированием соответственно тетразола и 5-метилтетразола винилацетатом в присутствии ацетата ртути (II) [9] и очищали двукратной дистилляцией в вакууме. Т. кип. $364\text{—}365 \text{ K}/66,7 \text{ Па}$, n_D^{20} 1,5003 (BT); $365\text{—}366 \text{ K}/0,123 \text{ кПа}$, n_D^{20} 1,4915 (BMT). MBT получали и чистили по методике [10]. Т. кип. $330 \text{ K}/0,93 \text{ кПа}$, n_D^{20} 1,4850. Полимеризацию проводили в ампулах в атмосфере аргона при 338 K в присутствии ДАК. Инициатор предварительно растворяли в мономере, который затем смешивали с раствором NaSCN. Концентрация мономера в полученном растворе во всех случаях составляла 1 моль/л. После окончания процесса полимерные продукты выделяли осаждением в воду, многократно промывали водой до отсутствия реак-

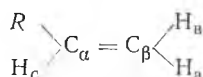
ции на роданид-ион (Fe^{3+}) и сушили в вакууме при 323 К до прекращения изменения массы. Поли-2-метил-5-винилтетразол (ПВМТ) дополнительно очищали переосаждением из раствора в хлороформе в изопропанол. Характеристическую вязкость полимеров измеряли с помощью вискозиметра Уббелоде с диаметром капилляра 0,044 мм при 293 К. В случае ПВМТ в качестве растворителя использовали ДМФА, а для остальных полимеров ввиду их нерастворимости в органических растворителях — 50 %-й раствор роданида натрия в воде. В опытах использовали NaSCN квалификации ч. д. а.

Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C растворов мономеров в D_2O в присутствии NaSCN регистрировали на спектрометре «Bruker-WM-360» (90,56 МГц для спектров ЯМР ^{13}C) при 310 К. В качестве внешнего стандарта использовали ГМДС.

Полученные данные (табл. 1) показывают, что полимеризация винилтетразолов в водных растворах роданида натрия во многом подобна полимеризации акрилонитрила в аналогичных условиях [8] и носит, по-видимому, комплексно-радикальный характер [7]. Использование растворов NaSCN в качестве реакционной среды позволяет получать высокомолекулярные полимерные продукты, причем полимеризация протекает существенно быстрее, чем в органических растворителях [2, 3]. С ростом концентрации инициатора характеристическая вязкость полимерных продуктов закономерно снижается, а увеличение концентрации роданида натрия при фиксированном содержании инициатора приводит к возрастанию $[\eta]$. Получение более высокомолекулярных продуктов возможно при дальнейшем снижении концентрации инициатора и повышении концентрации соли в исходном растворе, однако это приводит к значительному снижению скорости процесса.

Таблица 2

Зависимость химических сдвигов в спектрах ЯМР ^1H и ^{13}C винилтетразолов от природы растворителя и концентрации роданида натрия в D_2O



R	Растворитель	Молярное соотношение мономер: NaSCN	Химические сдвиги в спектрах ЯМР ^1H , δ , м. д.						Химические сдвиги в спектрах ЯМР ^{13}C , δ , м. д.			
			H_a	H_b	H_c	$H_{\text{цикла}}$	$H(\text{CH}_2)$		C_{α}	C_{β}	$C_{\text{цикла}}$	NaSCN
1-Тетразолил	В массе	—	5,58	6,20	7,68	9,64	—	—	—	—	—	—
	CDCl_3	—	5,39	5,97	7,32	8,87	—	125,97	108,50	140,74	—	—
	D_2O	—	5,51	6,05	7,50	9,52	—	127,50	111,66	142,75	—	—
	—»—	2:1	—	—	—	—	—	127,33	111,21	142,74	133,66	—
	—»—	1:1	5,68	6,19	7,58	9,54	—	127,30	111,25	142,30	133,50	—
	—»—	1:2	5,71	6,21	7,63	9,55	—	127,18	111,15	142,50	133,38	—
	—»—	1:10	5,82	6,31	7,76	9,61	—	127,03	111,33	142,10	133,34	—
1-Метил-5-тетразолил	В массе	—	6,02	6,47	6,99	—	4,33	—	—	—	—	—
	CDCl_3	—	5,65	6,36	6,78	—	4,31	—	—	—	—	—
	D_2O	—	5,70	6,21	6,69	—	4,27	—	—	—	—	—
	—»—	1:1	5,75	6,26	6,75	—	4,35	—	—	—	—	—
	—»—	1:2	5,81	6,30	6,80	—	4,42	—	—	—	—	—
	—»—	1:3	5,87	6,37	6,85	—	4,48	—	—	—	—	—
	—»—	1:10	6,05	6,46	6,96	—	4,54	—	—	—	—	—
—	NaSCN в D_2O	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	133,80

Для оценки характера влияния водного раствора NaSCN на параметры процесса полимеризации винилтетразолов нами исследована зависимость химических сдвигов (ХС) протонов и атомов углерода винилтетразолов в спектрах ЯМР ^1H и ^{13}C от природы растворителя и соотношения мономер: NaSCN в D_2O . Найдено (табл. 2), что ХС атомов углерода винильной группы ВТ существенно меняются при переходе от хлороформа к D_2O . Разность $\delta\text{C}_\alpha - \delta\text{C}_\beta$, характеризующая степень поляризации винильной связи для растворов в CDCl_3 , составляет 17,47 м. д., в D_2O — 15,84 м. д., а химический сдвиг C_β изменяется при этом на 3,16 м. д. в сторону слабого поля. Это обусловлено, очевидно, образованием Н-связей между молекулами воды и гетероциклом, в результате чего возрастают электроноакцепторные свойства тетразольного кольца и, как следствие, уменьшается электронная плотность на атоме углерода сопряженной с циклом группы $=\text{CH}_2$. Такое перераспределение электронной плотности увеличивает электрофильность двойной связи, что приводит к повышению константы скорости роста цепи [7]. Подобные существенные изменения в спектрах ЯМР ^{13}C метилметакрилата наблюдали в работе [11], где, кроме того, найдено, что изменение ХС концевой атома углерода винильной группы на 2,7 м. д. в сторону слабого поля коррелирует с увеличением скорости полимеризации в ~ 10 раз.

Роданид натрия в изученном интервале соотношений мономер/соль (от 2 : 1 до 1 : 10) практически не оказывает влияния на ХС атомов углерода винильной группы (табл. 2). В то же время наблюдается небольшой закономерный сдвиг всех протонов в область слабого поля. Средняя величина этого сдвига одинакова для всех протонов обоих мономеров (за исключением $\text{H}_{\text{цикла}}$) и составляет $0,26 \pm 0,2$ м. д. Полученные данные позволяют полагать, что значительное изменение характеристик процесса полимеризации винилтетразола в водных растворах NaSCN по сравнению с органическими растворителями [2, 3] обусловлено в большей мере активацией мономеров и радикалов роста молекулами воды, чем растворенной в ней соли. Роданид натрия, концентрированные водные растворы которого обладают «структуроразрушающим» и «всаливающим» характером [6, 12], кроме того, изменяет конформационные характеристики полимерных клубков и препятствует взаимодействию полимер-полимер, в результате чего система в процессе полимеризации остается гомогенной с увеличивающейся во времени вязкостью.

Список литературы

1. Wouters G., Smets G. // Makromol. Chem. 1982. V. 183. P. 1861.
2. Кригер А. Г., Грачев В. П., Смирнов Б. Р. и др. // Высокомолек. соед. Б. 1985. Т. 27. № 3. С. 231.
3. Книжнев В. Н., Круглова В. А., Ратовский Г. В. и др. // Высокомолек. соед. А. 1986. Т. 28. № 4. С. 765.
4. Gaponik P. N., Ivashkevich O. A., Kovalyova T. B., Andreeva T. N. // Journ. Appl. Polymer Sci. 1987. V. 33. P. 769.
5. Гапоник П. Н., Ивашкевич О. А., Ковалева Т. Б. и др. // Высокомолек. соед. Б. 1988. Т. 30. № 1. С. 39.
6. Гапоник П. Н., Ивашкевич О. А., Корень А. О., Андреева Т. Н. // Докл. АН БССР. 1989. Т. 33. № 11. С. 1014.
7. Кабанов В. А., Зубов В. П., Семчиков Ю. Д. // Комплексно-радикальная полимеризация. М., 1987.
8. Гольдфейн М. Д., Кожевников Н. В., Трубников А. В. // Кинетика и механизм процессов регулирования радикальной полимеризации виниловых мономеров. Саратов, 1986. 197 с. Деп. в Черк. отд. НИИТЭХИМ 04.08.96. № 1007-ХП86.
9. Гапоник П. Н., Ивашкевич О. А., Дегтярик М. М. // Изв. вузов. Химия и хим. технол. 1985. Т. 28. № 11. С. 43.
10. Pat. 3716550 USA // Chem. Abstr. 1973. V. 78. 136307g.
11. Бунэ Е. В., Журавлева И. Л., Шейнкер А. П., Богачев Ю. С., Телешов Э. Н. // Высокомолек. соед. А. 1986. Т. 28. № 6. С. 1279.
12. Самойлов О. Я. // Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. М., 1957. С. 92.

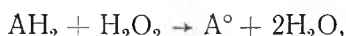


УДК 577.158.52

И. ИСМАХИЛ, Н. В. ГАВРИЛЕНКО,
А. Т. ПИКУЛЕВ, В. П. КУРЧЕНКО

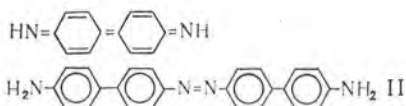
КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ БЕНЗИДИНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ С УЧАСТИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ГЕМОПРОТЕИДОВ

Бензидин и его производные являются исходными веществами и полупродуктами, используемыми в химической промышленности, применяются в медико-биологических исследованиях [1]. Среди них много проканцерогенов, требующих метаболической активации для проявления канцерогенных свойств. Одним из возможных путей их метаболической активации является пероксидазное окисление. Гемоглобин, миоглобин, каталаза, цитохромы v_5 и Р-450, другие гемопротеиды обладают свойствами пероксидаз [2]. Они способны катализировать реакции окисления соединений по уравнению:



где AH_2 — донор водорода.

Анализ литературных данных показывает, что пероксидазное окисление бензидина и его производных сопровождается образованием нескольких продуктов реакции [3, 4]. Принято считать, что первичным продуктом пероксидазного окисления бензидина является хинондиимин I



При значении pH 3,7 образуется бис-азодифенил со структурой II. Наряду с этими двумя продуктами реакции возможно образование катион-радикала и его комплекса с переносом заряда между бензидином и его хинондииминном I. Эти продукты окисления могут являться прямыми канцерогенами. Их накопление и высокая стационарная концентрация зависят от эффективности ферментов, катализирующих окисление аминобифенилов.

В связи с этим в настоящей работе проведено сравнительное кинетическое исследование пероксидазного окисления ряда аминобифенилов с убывающей канцерогенностью: бензидина (БД) — сильного канцерогена, слабых канцерогенов — 3,3'-диметилбензидина (ДМБД), 3,3'-диметоксибензидина (ДМОБД), а также неканцерогенного 3,3', 5,5'-тетраметилбензидина (ТМБД), рядом гемопротеидов: пероксидазой, гемоглобином, мономерами каталазы, цитохромом Р-450 ЛМ₂, микросомами из печени.

Материал и методика

Микросомальную фракцию из печени кроликов выделяли методом дифференциального центрифугирования. Высокоочищенный цитохром

Р-450 ЛМ₂ из печени получали по описанной методике [5]. Использовали пероксидазу хрена, гемоглобин, каталазу фирмы «Реанал» (ВНР). Концентрацию белка определяли методом Лоури [6]. Концентрацию цитохромов Р-450 — методом Омуро и Сато [7], пероксидазы, гемоглобина, каталазы [8]. Бензидин и его производные очищали возгонкой в вакууме. Концентрацию пергидроля определяли иодометрическим титрованием. Пероксидазное окисление аминов вели в 0,1 М цитратно-ацетатном буфере. В пробирку вносили 0,5 мл субстрата, 0,4 мл буферного раствора и 2,0 мл раствора фермента. Смесь термостатировали 3 мин при 30 °С. Реакцию начинали добавлением 0,1 мл Н₂О₂ и вели при 30 °С. За ее ходом следили по накоплению продуктов реакции. Спектральные параметры ароматических аминов и продуктов их пероксидазного окисления представлены в табл. 1 [9].

Таблица 1

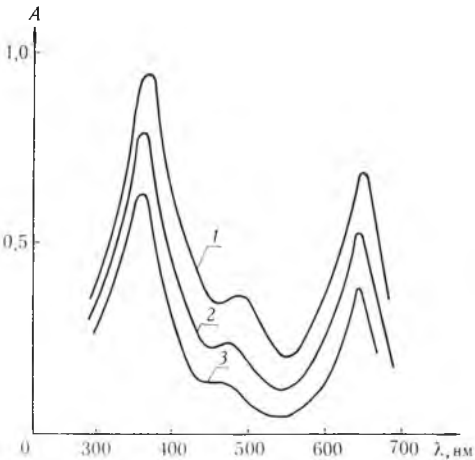
Спектральные характеристики аминобифенилов и продуктов их пероксидазного окисления [9]

Субстрат	Амин		Продукт окисления	
	$\lambda_{\text{макс}}, \text{ нм}$	$(\text{М}^{-1}\text{см}^{-1}) \times 10^{-4}$	$\lambda_{\text{макс}}, \text{ нм}$	$(\text{М}^{-1}\text{см}^{-1}) \times 10^{-4}$
БД	283	2,10	590	0,31
3,3'-ДМОБД	304	1,80	460	3,0
3,3'-ДМБД	—	—	580	1,4
3,3', 5,5'-ТМБД	287	2,37	655	3,9

Реакции характеризовали начальными скоростями окисления и каталитическими константами Ккат в с⁻¹.

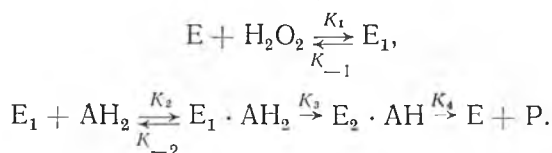
Результаты и их обсуждение

Спектры поглощения оксидантов ТМБД в присутствии пероксидазы, цитохрома Р-450 ЛМ₂ и других белков близки, что свидетельствует о схожести состава продуктов окисления этими гемопротеидами (рисунок). Максимальные скорости окисления изучаемых субстратов достигались при рН 5,5 для всех изучаемых белков. В строго идентичных, оптимальных условиях изучены зависимости начальных скоростей окисления БД, ДМБД, ДМОБД и ТМБД от их концентрации. Во всех изученных случаях эти зависимости хорошо описывались уравнением Михаэлиса — Ментен. Из спрямления зависимостей по методу Лайнуивера — Бэрка определены кинетические характеристики окисления всех субстратов. В табл. 2 приведены каталитические константы, константы Михаэлиса и их отношение Ккат/Км пероксидазного окисления бензидина и его производных микросомами печени и рядом гемопротеидов в присутствии гидроперекиси водорода. Отношение констант Ккат/Км характеризует эффективность ферментов. Из табл. 2 видно, что введение метильных (ДМБД) и метокси- (ДМОБД) заместителей в молекулу бензидина по третьему положению и метильных по третьим и пятым положениям (ТМБД) приводит к



Спектры поглощения продуктов пероксидазного окисления ТМБД пероксидазой хрена (1), цитохромом Р-450 ЛМ₂ (2) и гемоглобином (3)

значительным изменениям кинетических параметров. Сравнительное рассмотрение литературных данных по пероксидазному окислению этих и других субстратов показывает, что всем кинетическим данным удовлетворяет ранее предложенная схема [10]:



В этой схеме E_1 обозначает I комплекс пероксидазы, $E_1 \cdot AN_2$ — комплекс соединения I пероксидазы с субстратом, $E_2 \cdot AN$ — комплекс полуокисленного субстрата с соединением II пероксидазы. Предполагается, что радикал субстрата $АН$ не выходит в объем, а превращается в продукт реакции на стадии 4.

Применяя условия стационарности к интермедиатам E_1 , E_1AN_2 , E_2AN , содержащим разные формы фермента, и пренебрегая диссоциацией E_1 , можно показать, что кинетические параметры являются сложной функцией кинетических констант отдельных стадий и начальной концентрации перекиси водорода [10, 11]:

$$K_{кат} = \frac{K_1 K_3 K_4 [H_2O_2]_0}{K_3 K_4 + K_1 (K_3 + K_4) [H_2O_2]_0},$$

$$K_M = \frac{K_1 K_4 (K_{-2} + K_3) [H_2O_2]_0}{K_3 K_3 K_4 + K_1 (K_3 + K_4) [H_2O_2]_0}.$$

Выражения для $K_{кат}$ и K_M могут быть существенно упрощены с учетом того, что в эксперименте $K [H_2O_2]_0 > K_4$. Действительно, константа скорости $K_1 = 10^7 \text{ M}^{-1} \text{ c}^{-1}$ [2, 3, 12], а $[H_2O_2] = 1 \text{ mM}$. В таком случае

$$K_{кат} = \frac{K_3 K_4}{K_3 + K_4}, \quad K_M = \frac{K_4 (K_2 + K_3)}{K_2 K_3}.$$

Если учесть, что $K_3 > K_4$ [3, 12], и пренебречь реакцией диссоциации комплекса E_1AN_2 ($K_2 \approx 0$), то $K_{кат} \approx K_4$, а $K_M \approx K_4/K_2$. Таким образом, каталитическая константа близка скорости распада комплекса E_2AN (см. схему). Так как $K_{кат} \approx K_4$, а $K_M \approx K_4/K_2$, то соотношение $K_{кат}/K_M \approx K_2$, т. е. описывает скорость второй стадии процесса. Полученные нами значения констант K_2 хорошо соответствуют литературным данным о скоростях взаимодействия различных субстратов с комплексом I пероксидазы [3, 12]. Сравнивая значения константы скорости K_2 для бензидина и его производных при окислении их пероксидазой хрена, можно наглядно видеть значительный рост константы с введением заместителей в молекулу бензидина. При окислении этих субстратов микросомами печени, цитохромом Р-450 LM_2 и гемоглобином K_2 , наоборот,

Таблица 2
Кинетические параметры пероксидазного окисления аминобифенилов микросомами и гемопротеинами

Система	БД			ДМБД			ДМОБД			ТМБД		
	$K_M \cdot M \cdot 10^4$	$K_{кат} \cdot c^{-1}$	$K_{кат}/K_M \cdot M^{-1} \cdot c^{-1} \times 10^{-3}$	$K_M \cdot M$	$K_{кат} \cdot c^{-1}$	$K_{кат}/K_M \cdot M^{-1} \cdot c^{-1} \times 10^{-3}$	$K_M \cdot M \cdot 10^4$	$K_{кат} \cdot c^{-1}$	$K_{кат}/K_M \cdot M^{-1} \cdot c^{-1} \times 10^{-3}$	$K_M \cdot M \cdot 10^4$	$K_{кат} \cdot c^{-1}$	$K_{кат}/K_M \cdot M^{-1} \cdot c^{-1} \times 10^{-3}$
микросомы	3,64	32,8	90,1				1,25	22,7	181,6	0,71	3,1	43,6
цитохром Р-450 LM_2	1,96	6,7	342				1,82	0,4	2,2	9,09	2,4	2,6
гемоглобин	1,43	163,8	1145	117	32	273	1,04	6,9	66,7	1,02	14,1	138
каталаза							0,13	4,1	315,8	1,3	0,9	70
пероксидаза	1,18	1320	11186	0,74	1400	18918	0,68	2800	41176	1,69	8460	50059

уменьшается в 2, 25 и 10 раз соответственно с увеличением количества заместителей в молекуле бензида. Изменение константы K_4 носит аналогичный характер в изученных системах (см. табл. 2).

Сравнение $K_{кат}/K_m$ (K_2) для ряда гемопротеидов при окислении бензида показывает, что каталаза практически не окисляет бензидин. Цитохром P-450 LM_2 в 35 раз менее эффективен при пероксидазном окислении бензида гемоглобином и в 327 раз — пероксидазы хрена. Введение метильных заместителей в 3 и 5 положения молекулы бензида приводит к значительному уменьшению $K_{кат}$ (K_4) для всех систем, за исключением пероксидазы хрена, у которой наблюдается обратная зависимость. Эффективность пероксидазного окисления производных бензида с введением заместителей уменьшается для всех систем.

Таким образом, при пероксидазном окислении бензида и его производных рядом гемопротеидов и микросомами печени образуются спектрально идентичные продукты реакции. Бензидин эффективно окисляется микросомами печени, цитохромом P-450 LM_2 и особенно гемоглобином. Введение метильных и метоксизаместителей в молекулу бензида (ДМБД, ДМОБД, ТМБД) резко снижает эффективность пероксидазного катализа цитохромом P-450 LM_2 , мономерами каталазы, гемоглобином и микросомами, но существенно увеличивает для пероксидазы хрена.

Список литературы

1. Канцерогенные вещества (справочник). М., 1987. С. 332.
2. Саундерс Б. К. Пероксидазы и каталазы // Неорганическая биохимия / Под ред. Г. Эйхгорна. М., 1978. Т. 2. С. 434.
3. Yamazaki I. Peroxidase // Molecular mechanisms of oxygen activation / Edit. O. Nayaichi. New York, 1974. P. 535.
4. Савенкова М. И., Курченко В. П., Метелица Д. И. // Биохимия. 1984. Т. 49. № 7. С. 1147.
5. Еремин А. Н., Усанов С. А., Метелица Д. И. // Биоорганическая химия. 1980. № 6. С. 757.
6. Lowry O. H., Posebrough N. J., Farr A. L., Randall R. J. // Journ. Biol. Chem. 1951. V. 193. P. 265.
7. Omura T., Sato R. J. // Ibid. 1964. V. 251. P. 3442.
8. Shanon L., Kay M. E., Lew E. J. // Ibid. 1966. V. 341. № 9. P. 2166.
9. Савенкова М. И., Курченко В. П., Метелица Д. И. // Изв. АН БССР. Сер. хим. 1983. № 5. С. 41.
10. Лебедева О. В., Угарова Н. Н., Березин И. В. // Биохимия. 1977. Т. 42. № 8. С. 1372.
11. Ugarova N. N., Lebedeva O. V., Berezin J. V. // Journ. Mol. Catal. 1981. V. 13. P. 215.
12. Yamazaki I., Yokota K. // Mol. Cell. Biochem. 1973. V. 2. № 1. P. 39.

УДК 577.164.32+612.822.56+616.833

В. Т. ШАЛАТОНИН, Н. Н. ПЕТРАШЕВСКАЯ, Т. О. ЧЕРНОВА

ВЛИЯНИЕ α -ТОКОФЕРОЛА, РУТИНА И КВЕРЦЕТИНА НА РАЗВИТИЕ РАННЕЙ ДЕГЕНЕРАЦИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НЕРВНЫХ ВОЛОКОН

Свободные кислородные радикалы вызывают структурно-функциональные повреждения клеток и тканей, нарушая их нормальное функционирование, что определяет развитие многих патологий [1], в том числе и ряда нервно-мышечных [2]. Обнаружение участия свободнорадикального механизма в нейрональной дегенерации [3] открывает возможности для изыскания и применения ингибиторов свободнорадикальных реакций (антиоксидантов) для регуляции дегенерационного процесса в нервно-мышечной системе. В связи с этим необходимы исследования, направленные на выявление потенциальной противодегенерационной активности антиоксидантных веществ. В данной работе изучено влияние на развитие ранней дегенерации двигательных нервных во-

локон распространенных природных антиоксидантов — витамина Е (α -токоферола), рутина и кверцетина (растительных флавоноидов, относящихся к витаминам группы Р).

Материал и методика

Опыты проводили на белых крысах обоего пола с массой тела 150—200 г, у которых для получения модели валлеровской дегенерации под тиопенталовым наркозом (60 мг/кг внутривентрально) хирургически перерезали седалищный нерв. После этого рану зашивали, животных помещали в обычные условия содержания. Через 24 и 48 ч в отдельных группах животных ($n=10$) для электрофизиологического тестирования дегенерации под тем же наркозом обнажали на уровне трети бедра участки обоих седалищных нервов, к ним подводили погружные электроды для электростимуляции. В *m. soleus* вводили биполярные игольчатые электроды для регистрации вызванных суммарных потенциалов действия (М-ответов). М-ответы отображались на экране запоминающего осциллографа С8-13 и фотографировались приставкой фирмы «Medicor». Нервы стимулировали одиночными, парными и ритмическими сериями прямоугольных электрических импульсов (0,2 мс) от стимулятора ЭСУ-2 через радиочастотную приставку. Проводили попарное сравнение амплитуды М-ответов при раздражении дегенерирующего и контрольного нерва-партнера у каждого животного. Для количественной оценки дегенерации получали кривые зависимости амплитуды М-ответов от силы раздражения нерва. Максимумы амплитуды М-ответов характеризовали размер фонда функционирующих двигательных единиц: M_k — контрольного нерва, M_d — дегенерирующего нерва. По отношению M_d/M_k определяли индекс дегенерации (ИД): $ИД = 1 - M_d/M_k \cdot 100 (\%)$.

Значение ИД показывает относительное количество выключаемых двигательных единиц в ходе дегенерации. Нарушения нервно-мышечной передачи определяли по изменению времени восстановления синаптической функции после проведения одиночного импульса (Т, мс). За величину Т принимали минимальный интервал между двумя М-ответами, вызываемыми парной супрамаксимальной стимуляцией нерва, при котором амплитуда второго М-ответа была равна амплитуде первого М-ответа, что свидетельствовало о полном восстановлении синаптической передачи. Изменение устойчивости синаптической функции при проведении высокочастотных импульсов выявляли по скорости падения амплитуды М-ответов (V, мВ/с) во времени при супрамаксимальном раздражении нервов с частотой 100 Гц в течение 10 с. Витамин Е (α -токоферилacetat, Химико-фармацевтическое объединение «Октябрь») опытным группам животных ($n=20$) вводили перорально через зонд в желудок в дозе 500 мг/кг (135 МЕ) на протяжении 5 сут для получения интенсивной терапии высокой дозой антиоксиданта [3].

Рутин (НПО «Витамины») и кверцетин (Sigma, США) вводили внутривентрально в дозах 25 и 125 мг/кг в сутки ($n=10$) в виде 5%-х растворов в диметилсульфоксиде (ДМСО). Контрольная группа животных получала 1 мл растворителя ДМСО ($n=10$). Влияние антиоксидантов на развитие дегенерации оценивали также коэффициентом противодегенерационной защиты, показывающим величину устойчивости аксональных терминалей: $КПЗ = ИД_k / ИД_a$, где $ИД_k$ — индекс дегенерации в контроле, $ИД_a$ — при применении антиоксидантов. Результаты обработаны статистически и проверены на достоверность по критерию Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Электронейромиографическое тестирование через 24 и 48 ч после перерезки седалищного нерва у крыс показало, что характерным функциональным признаком развития ранней нервно-мышечной дегенерации является нарушение свойств синаптической передачи (табл. 1). Об этом свидетельствуют замедление времени восстановления синапса после проведения одиночного импульса (прогрессирующее удлинение Т) и

Таблица 1

Влияние витамина Е, рутина (Р) и кверцетина (К)
на развитие нарушений синаптической функции
при ранней дегенерации (Д) двигательных нервных волокон
седалищного нерва у крыс ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Группы и условия опытов	T, мс	V, мВ/с
1. Контроль	$7,8 \pm 0,44$	$0,20 \pm 0,01$
2. Д 24 ч	$9,8 \pm 0,62^{**}$	$0,43 \pm 0,02^{**}$
3. Д 48 ч	$14,3 \pm 0,81^{**}$	$0,71 \pm 0,08^{**}$
4. Е+Д 24 ч	$9,2 \pm 0,80^*$	$0,26 \pm 0,02^*$
5. Е+Д 48 ч	$9,6 \pm 0,80^{**}$	$0,52 \pm 0,06^*$
6. ДМСО+Д 24 ч	$8,9 \pm 0,53$	$0,39 \pm 0,03$
7. Р 25 мг/кг+Д 24 ч	$18,6 \pm 1,50^{**}$	$0,64 \pm 0,1^{**}$
8. Р 125 мг/кг+Д 24 ч	$20,3 \pm 1,24^{**}$	$0,78 \pm 0,14^{**}$
9. К 25 мг/кг+Д 24 ч	$24,8 \pm 2,82^{**}$	$0,66 \pm 0,12^{**}$
10. К 125 мг/кг+Д 24 ч	$30,2 \pm 5,64^{**}$	$0,80 \pm 0,23^{**}$

Примечания: * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$ (при сравнении групп 1—2, 2—3, 2—4, 3—5, а также групп 7, 8, 9, 10 с группой 6).

Таблица 2

Влияние витамина Е, рутина (Р) и кверцетина (К)
на развитие ранней дегенерации (Д)
двигательных нервных окончаний у крыс ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Группы и условия опытов	М-ответы мВ		ИД, %	КПЗ
	M_R	M_D		
1. Д 24 ч	$14,0 \pm 3,1$	$8,9 \pm 0,8$	$36,7 \pm 7,4$	
2. Д 48 ч	$15,1 \pm 2,6$	$3,4 \pm 0,6$	$77,5 \pm 8,2$	
3. Е+Д 24 ч	$16,2 \pm 1,8$	$12,3 \pm 0,8^*$	$24,1 \pm 5,6^*$	1,52
4. Е+Д 48 ч	$15,8 \pm 2,3$	$7,4 \pm 0,5^*$	$53,2 \pm 7,5^*$	1,46
5. ДМСО+Д 24 ч	$13,1 \pm 2,6$	$6,6 \pm 0,3$	$42,0 \pm 5,3$	
6. Р 25 мг/кг+Д 24 ч	$16,0 \pm 2,1$	$1,9 \pm 0,12^*$	$88,9 \pm 6,4^*$	0,47
7. Р 125 мг/кг+Д 24 ч	$13,8 \pm 3,2$	$1,1 \pm 0,14^*$	$92,1 \pm 5,2$	0,45
8. К 25 мг/кг+Д 24 ч	$10,8 \pm 3,3$	$0,4 \pm 0,10^*$	$96,3 \pm 3,2^*$	0,44
9. К 125 мг/кг+Д 24 ч	$12,6 \pm 2,8$	$0,1 \pm 0,06^*$	$99,2 \pm 1,4^*$	0,42

Примечание: * — $P < 0,01$ (при сравнении групп 1—3, 2—4, а также групп 6, 7, 8 и 9 с группой 5).

возрастание скорости декремента амплитуды биоэлектрического ответа на ритмическую стимуляцию нерва (V). Наблюдаемые изменения нервно-мышечной передачи следует рассматривать как отражение ранних нарушений структурно-функционального состояния немиелинизированных аксональных терминалей, которые могут служить наиболее чувствительным звеном инициации дегенерационного процесса. На это указывают данные о сохранении нормальной аксональной функции проведения при изменениях синаптической активности терминалей, коррелирующих с их структурной дезорганизацией [4, 5].

Развитие дегенерации преимущественно на уровне аксональных терминалей должно повлечь за собой выключение активности отдельных двигательных единиц и постепенное уменьшение размера их потенциального фонда. Это предположение находит подтверждение в регистрируемом падении максимальной амплитуды вызванных М-ответов (M_d , табл. 2). Количественно этот процесс охарактеризован индексом деге-

нерации (ИД): через 24 ч после перерезки нерва ИД составлял $36,7 \pm 7,4 \%$, через 48 ч ИД увеличивался до $77,5 \pm 8,2 \%$. Значения ИД, полученные для различных временных интервалов, показывают, что дегенерационный процесс развивается с небольшим ускорением.

После токоферольного воздействия функциональные признаки ранней дегенерации (замедленное восстановление нервно-мышечного синapses, декрементная реакция на ритмическую стимуляцию, сниженная амплитуда М-ответа) не исчезали, но резко ослабевали (табл. 1, 2), свидетельствуя о задержке развития дегенерационного процесса. При этом значения ИД достоверно уменьшались: для 24 ч дегенерации на 12,5 %, для 48 ч дегенерации на 24,3 % ($P < 0,01$). Возрастала также устойчивость аксональных терминалей, так как величины КПЗ, характеризующие эффективность токоферольной защиты, превышали 1, составляя 1,52 и 1,46 (см. табл. 2).

Наблюдаемый противодегенерационный эффект α -токоферола, заключающийся в задержке развития ранней дегенерации, по-видимому, основан не только на его антирадикальной активности, но и на мембраностабилизирующем действии, способном предохранять аксональные терминали от фосфолипазного гидролиза, активируемого в двигательных нервных волокнах ионами кальция [6, 7]. Увеличение внутриаксональной концентрации ионов кальция выявляется в ранние сроки после перерезки у крыс седалищного нерва, причем в участках с наиболее выраженной морфологической деструкцией нервного волокна [8]. Поэтому, предотвращая повышение внутриаксональной концентрации кальция хелатирующими агентами, удастся достигнуть замедления дегенерационного процесса [9]. Сочетание антирадикального и стабилизирующего влияний α -токоферола, возможно, обеспечивает нормализацию порогов кальциевого тока и процессов рециклирования фосфолипидов, нарушающихся при активации перекисного окисления липидов [10, 11], и, следовательно, повышает устойчивость синаптических терминалей, как места инициации ранних функциональных нарушений при дегенерационном процессе.

Предпосылкой для исследования растительных фенолов (рутина и кверцетина) в качестве потенциальных замедлителей нейрональной дегенерации послужили данные об их антиокислительной активности, выявленной в различных биохимических модельных системах перекисного окисления липидов [12, 13]. В частности, показано, что антиоксидантная функция флавоноидов может осуществляться как путем нейтрализации активных форм кислорода, так и в результате хелатирования ионов железа, участвующих в иницировании свободнорадикальных реакций [14].

В опытах с введением животным рутина или кверцетина практически не изменялись нормативные параметры нервно-мышечной функции. Они определялись по тестирующему М-ответу, получаемому при стимуляции интактного нерва (M_n , табл. 2), что указывало на отсутствие побочного (токсического) влияния исследуемых доз вещества. Однако действие рутина и кверцетина проявлялось у тех же животных на стороне дегенерирующего нерва необычайно сильным падением вызванных М-ответов в *m. soleus*, которое регистрировалось уже через 24 ч после перерезки нерва (M_d , табл. 2). ИД при этом превышал 80%, составляя в разных группах опытов от 88 до 99%. Через 48 ч после перерезки нерва M_d -ответы полностью выключались, чего не наблюдалось в контрольных определениях. Кроме того, рутин и кверцетин ускоряли и усиливали дегенерационные изменения функционального состояния синаптической передачи (см. табл. 1). Следовательно, полученные данные позволяют заключить, что рутин и кверцетин, в отличие от α -токоферола, в условиях ранней нейрональной дегенерации не проявляли своих антиокислительных свойств, которые могли бы лежать в основе защитного противодегенерационного действия в нервно-мышечной системе. Наоборот, в исследованной модели они вместо ожидаемого ингибирования вызвали ускоре-

ние дегенерационного процесса, причем, судя по значениям ИД, более чем в 2 раза.

Обнаруженное явление ускорения ранней дегенерации двигательных нервных волокон под влиянием рутина и кверцетина представляет самостоятельный интерес, так как может служить определенным ограничением для применения флавоноидов при нервно-мышечных патологиях свободнорадикального генеза. Имеются основания предполагать, что это явление опосредуется способностью флавоноидов функционировать в качестве прооксидантов — генераторов супероксиданион-радикалов, а также гидроксильных радикалов [15, 16, 17]. Кроме того, известно, что кверцетин вызывает высвобождение ионов кальция из внутриклеточных депо [18], что, как уже отмечалось, также может быть отнесено к факторам, ускоряющим процесс дегенерации.

Таким образом, анализ экспериментальных результатов свидетельствует о существенном различии действия природных соединений с антиоксидантными свойствами на развитие ранней дегенерации двигательных нервных волокон: замедляющем (противодегенерационном) α -токоферола и ускоряющем рутина и кверцетина.

Список литературы

1. Del Maestro R. // *Acta Physiol. scand.* 1980. V. 492: Suppl. 1. P. 133.
2. Davison A., Tibbits G., Shi Z., Moon J. // *Journ. Moll. Cell. Biochem.* 1988. V. 84. N 1. P. 199.
3. Hall E. D. // *Brain Res.* 1987. V. 413. N 1. P. 175.
4. Okamoto M., Riker W. F. // *Journ. Gen. Physiol.* 1969. V. 53. N 2. P. 70.
5. Ко С.-Р. // *Journ. Physiol. (Gr. Brit.)*. 1981. V. 32. N 2. P. 627.
6. Давиашвили Е. Г., Ерин А. Н., Прилипко Л. Л. // *Биохимия*. 1986. Т. 51. № 3. С. 472.
7. Спиричев В. Б., Конь И. Я. // *Итоги науки и техники. Сер. Физиология человека и животных*. 1989. Т. 37. С. 160.
8. Mata M., Staple J., Fink D. // *Journ. Neurobiol.* 1986. V. 17. N 9. P. 449.
9. Medinacelli L. D., Church A. C. // *Exp. Neurol.* 1984. V. 84. N 2. P. 396.
10. Pellmar T. C. // *Neuroscience*. 1987. V. 25. N 2. P. 447.
11. Zaleska M., Wilson D. // *Journ. Neurochem.* 1989. V. 52. N 1. P. 255.
12. Cavallini L., Bindoli A., Silipandri N. // *Pharm. Res. Commun.* 1978. V. 10. N 8. P. 133.
13. Костюк В. А., Потапович А. И., Терещенко С. М., Афанасьев И. Б. // *Биохимия*. 1988. Т. 53. № 8. С. 1365.
14. Afanas'ev I. B., Dorozhko A. I., Brodskii A. V. et al. // *Biochem. Pharmacol.* 1989. V. 38. N 11. P. 1763.
15. Hodnick W. F., Kung F. S., Roettger W. J. et al. // *Ibid.* 1986. V. 35. N 6. P. 2345.
16. Loughton M. J., Halliwell B., Evans P. J., Hoult J. R. S. // *Ibid.* 1989. V. 38. N 17. P. 2859.
17. Костюк В. А., Потапович А. И. Кислородные радикалы в химии, биол. и мед. Рига, 1988. С. 45.
18. Bozena A., De Han K., Magotoshi M., Noriaki J. // *Biochem. Biophys. acta: Biomembranes*. 1985. V. 816. N 1. P. 9.

УДК 577.472(28)

Н. М. КРЮЧКОВА

РОСТ И РАЗВИТИЕ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ПЛАНКТОНЕ ОЗЕР РАЗНОГО ТИПА

До настоящего времени не вполне ясно, в какой степени влияет трофический фактор на продолжительность развития планктонных животных в водоеме.

По данным литературы, прослеживается связь между пищевыми условиями и продолжительностью постэмбрионального развития (D_n) ветвистоусых раков в лабораторных условиях. С увеличением концентрации корма (протококковые водоросли) в 13—20 раз D_n животных фильтратов, по нашим данным, снижалась на 12—50 % [1, 2, 3]. Вместе с тем при одной и той же концентрации водорослей (заведомо в избытке)

величина D_n в силу только индивидуальных особенностей развития диаптомусов различалась на 20 % [4].

В наших опытах самая низкая концентрация пищи была невелика (0,5 мг/л сырого веса) и этим обстоятельством можно было бы объяснить сокращение D_n при более высокой биомассе корма. Однако в других опытах [4] то же явление наблюдалось в условиях, казалось бы, полного удовлетворения пищевых потребностей животных.

Авторы обзора по питанию морского зоопланктона [5] пришли к выводу, что отдельные виды водорослей имеют разное пищевое значение для зоопланктона и нет таких монокультур, которые бы полностью удовлетворяли пищевые потребности животных. Следовательно, при изучении скорости их роста важно знать не только концентрацию пищи, но и насколько тот или иной вид полноценен для исследуемого объекта.

Не выяснена роль трофического фактора в природе. Считают [6, 7], что в естественных условиях пища не является лимитирующим фактором. Весьма вероятно, что при ухудшении пищевых условий в водоеме для отдельного вида он вытесняется из планктона.

Большой интерес представляют опыты, выполненные Т. Венгленской [8] на пяти видах планктонных ракообразных, которых содержали на разных концентрациях пищи, полученных разбавлением воды эвтрофного оз. Миколайского. Опыты показали наличие связи между продолжительностью постэмбрионального развития рачков и концентрацией пищи, что позволило автору говорить о зависимости D_n от трофности водоемов. Между тем пищевые условия в этих опытах, хотя и были близки к естественным, все же не отражали специфики фитопланктона озер разного типа, для которых характерно уменьшение доли мелких и возрастающие доли крупных водорослей от олиго- к эвтрофным водоемам [9, 10].

Для выяснения влияния трофических условий на D_n планктонных ракообразных необходимы эксперименты на естественном планктоне водоемов. Прежде всего необходимо оценить, насколько вариабелен этот показатель у ветвистоусых раков, выращенных на воде одного и того же озера, но в разные годы наблюдения.

Материал и методика

Продолжительность развития двух представителей фитофильной фауны оз. Нарочь *Simocephalus vetulus* O. F. Muller, *Sida crystallina* O. F. Muller изучали на естественном планктоне этого озера с 1968 по 1980 гг. на протяжении вегетационного сезона (V — X месяцы). Вышедшую из выводковой камеры молодь (самки отлавливались в озере планктонной сетью) рассаживали по одному экземпляру в 50-мл склянки, затянутые газом № 38, через который свободно могла проходить пищевая взвесь (фито-, бактериопланктон и детрит). Последние устанавливались в литоральной зоне озера. Ежедневно измеряли температуру воды в озере, молодь, отмечали появление яиц, промывали газ и склянки. Полученные результаты представлены в табл. 1 и 2.

Сопоставляя данные по продолжительности постэмбрионального развития симоцефалюса и сиды как на протяжении всего вегетативного сезона, так и одного месяца в течение ряда лет, нетрудно заметить, что полученные различия нельзя объяснить только температурными условиями в озере. Так, например, в июне 1979 г. D_n симоцефалюса при 19,3° составляло 9,0 сут, в июле того же года при более низкой температуре (17,7°) — 7,6, в августе при той же температуре — 8,5 сут. Не объясняют этой разницы и трофические условия. В сезонной динамике фитопланктона по многолетним данным в оз. Нарочь в июне наблюдается минимум, а в августе максимум биомассы (Михеева и др., 1981). Продолжительность же развития рачков в эти месяцы выразилась очень близкими величинами (9,0 и 8,5 сут). Та же закономерность отмечалась и в 1978 г. В июле при 18,1° D_n составляло 8 сут, а в августе при той же температуре (13,2°) было на 50 % больше (12 сут). То же можно сказать и о про-

Продолжительность развития симоцефалюса на естественном планктоне оз. Нарочь (литораль)

Месяц	Показатели	Годы						Средняя
		1968	1974	1977	1978	1979		1980
VI	$t, ^\circ\text{C}$	$18,6 \pm 2,3$	—	—	$15,0 \pm 1,6$	$19,3 \pm 1,6$		$19,6 \pm 2,3$
	D_n , сут	$9,0 \pm 0$	—	—	$10,0 \pm 0$	$9,0 \pm 0$		$6,0 \pm 0$
	$l_{\text{пол.}}$, дел	$70,6 \pm 1,1$	—	—	$70,8 \pm 0,9$	$67,6 \pm 1,3$		$79,3 \pm 1,5$
VII	$t, ^\circ\text{C}$	—	$21,0^1$	$19,7 \pm 1,8^2$	$18,1 \pm 0,8$	$17,7 \pm 0,9$		$17,8 \pm 1,8$
	D_n , сут	—	$8,2 \pm 1,3$	$7,8 \pm 0,9$	$8,0 \pm 0$	$7,6 \pm 0,5$		$8,4 \pm 0,7$
	$l_{\text{пол.}}$, дел.	—	$58,3 \pm 3,1$	$65,3 \pm 3,0$	$72,8 \pm 2,4$	$71,7 \pm 2,6$		$72,0 \pm 2,3$
VIII	$t, ^\circ\text{C}$	—	—	—	$18,2 \pm 1,0$	$17,9 \pm 0,8$	$17,9 \pm 3,9$	—
	D_n , сут	—	—	—	$12,0 \pm 1,1$	$8,5 \pm 0,5$	$7,3 \pm 0,5$	—
	$l_{\text{пол.}}$, дел.	—	—	—	$66,5 \pm 2,4$	$74,4 \pm 1,1$	$76,7 \pm 1,2$	—
IX	$t, ^\circ\text{C}$	—	—	—	—	$17,0 \pm 1,6$	—	—
	D_n , сут	—	—	—	—	$8,9 \pm 0,8$	—	—
	$l_{\text{пол.}}$, дел.	—	—	—	—	$69,8 \pm 2,5$	—	—

Примечания: 1 — получена в лабораторных условиях на планктоне озер Рудаково, Нарочь, Мястро, Баторино (средняя); 2 — на планктоне оз. Нарочь при разной плотности посадки рачков; $l_{\text{пол.}}$ — длина тела, при которой достигается половозрелость (в делениях).

Продолжительность развития сиды на естественном планктоне оз. Нарочь

Месяц	Показатели	Годы				Сред- няя
		1973	1978	1979	1980	
VI	t , °C	—	$15,4 \pm 1,8$	$19,3 \pm 1,6$	$19,6 \pm 2,3$	19,1
	D_n , сут	—	$12,0 \pm 3,1$	$11,8 \pm 1,7$	$6,0 \pm 0$	9,9
	$l_{пол.}$, дел.	—	$81,9 \pm 2,0$	$87,7 \pm 4,9$	79,0	82,9
VII	t , °C	20,7 ¹	$17,8 \pm 0,8$	$17,7 \pm 0,9$	$17,8 \pm 1,8$	18,5
	D_n , сут.	$8,0 \pm 1,2$	$8,5 \pm 1,5$	$9,4 \pm 0,9$	$10,8 \pm 0,5$	9,2
	$l_{пол.}$, дел.	$80,0 \pm 2,1$	$87,3 \pm 4,0$	$87,6 \pm 4,0$	80,0	83,7
VIII	t , °C	—	—	$18,4 \pm 3,8$ $17,9 \pm 3,9$	—	18,2
	D_n , сут	—	—	$11,1 \pm 0,3$ $8,9 \pm 0,8$	—	10,0
	$l_{пол.}$, дел.	—	—	$86,9 \pm 3,0$ $85,5 \pm 1,6$	—	86,2
IX	t , °C	—	$11,4 \pm 0,8$	$14,9 \pm 2,3$ —	—	13,2
	D_n , сут	—	$15,4 \pm 1,0$	$19,0^2$ —	—	15,4
	$l_{пол.}$, дел.	—	$82,0 \pm 0,9$	— —	—	82,0

Примечания: 1 — в лабораторных условиях на планктоне озер Рудаково, Нарочь, Мястро, Баторино (средняя); 2 — половозрелость не наступила при экспозиции 19 сут.

должительности развития сиды (см. табл. 2). Вероятно, в условиях озера на темп роста рачков влияет целый комплекс факторов: концентрация пищи, температура, ее суточные колебания, индивидуальные особенности подопытных объектов и др. Не имея возможности оценить и учесть их комбинированное воздействие, мы усреднили по месяцам, а потом и за сезон полученные результаты. Оказалось, что в течение летнего периода времени при температурах $15-21^\circ$ (в пределах температур жизнедеятельности этих видов) продолжительность постэмбрионального развития симоцефалюса увеличилась в два раза (от 6 до 12 сут) и в среднем составила при 18° 8,7 сут. Половозрелость наступила при длине тела 70,6 дел. Что же касается сиды, то в этом же диапазоне температур ($15,4-20,7^\circ$) D_n была равна 9,7 сут (при средней температуре $18,3^\circ$); половозрелость наступила при длине тела 84,3 дел. При снижении температуры до 11° продолжительность развития сиды была значительно длиннее и составила 15,4 сут.

Таким образом, проведенные исследования выявили значительные колебания темпов роста ветвистоусых раков в условиях одного озера, которые можно объяснить совместным действием температурных и трофических условий водоема.

Список литературы

1. Крючкова Н. М., Рыбак В. Х. // Экология. 1971. № 4. С. 44.
2. Крючкова Н. М., Рыбак В. Х. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1971. № 1. С. 44.
3. Крючкова Н. М., Рыбак В. Х. // Гидробиол. журн. 1974. № 1. С. 41.
4. Маловицкая Л. М. // Экология и биология пресноводных беспозвоночных. М., 1965. Вып. 8 (11). С. 58.
5. Corner E. D. S., Cowey C. B. // Biol. Rev. 1968. № 43. P. 393.
6. Lieder V. // Abh. nat. Mus. Wien. 1953. Bd. 3. № 5. S. 605.
7. Nauwerck A. // Symbolae Botan. Upsal. 1963. Bd. 17. S. 1.
8. Węglenska T. // Ekol. Polska. 1969. V. 19. № 3. P. 412.
9. Gliwicz Z. // Ibid. P. 205.
10. Михеева Т. М. // Итоги исследования по МБП в Белоруссии. Мн., 1974. С. 97.

И. Н. МЕДВЕДЬ, И. А. РАДЮК, В. И. ЛЕВИН,
И. Н. МЕДВЕДЕВА, Т. В. ШИМАНСКАЯ, А. И. СВИРНОВСКИЙ

ЛЮМИНОЛЗАВИСИМАЯ ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ОБЛУЧЕННЫХ ЛИМФОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ АДГЕЗИИ НА СТЕКЛО И ДЕЙСТВИИ КОНКАНАВАЛИНА А

При воздействии рентгеновского облучения на организм наиболее ранние и значительные изменения наблюдаются в иммунной системе и, в частности, в ее клеточных элементах, которые циркулируют в периферической крови. Самыми чувствительными клетками крови являются лимфоциты [1], специфическая активность которых сопровождается генерацией активных форм кислорода (АФК) [2, 3].

Методом люминолзависимой хемилюминесценции (ХЛ) изучено влияние облучения на способность лимфоцитов периферической крови человека (ПКЧ) генерировать АФК при адгезии на стекло, взаимодействии с ионами кальция и Конканавалином А (КонА) в присутствии или в отсутствие в суспензии биологического регулятора из ткани селезенки.

Материал и методика

Лимфоциты ПКЧ выделяли из дефибринированной крови в градиенте плотности фиколл-верографин аналогично [4]. Морфологический контроль показал, что 98 % общего числа клеток составляли лимфоциты. Количество жизнеспособных клеток по трипановому тесту 97 %.

Биологический регулятор получали из ткани селезенки телят с помощью метода водной экстракции и лиофилизации. Регенерацию селезенки вызывали ее предварительным фармакологическим повреждением [5]. Сокращенное название экстракта регенерирующей селезенки — эрсел.

Рентгеновское облучение лимфоцитов проводилось в пластиковых чашках Петри на установке РУМ-17 дозой 15 Гр с использованием алюминиевого фильтра толщиной 11 мм, помещенного на расстоянии 300 мм от источника. Перед облучением в каждую чашку помещали 5 мл суспензии лимфоцитов с концентрацией порядка $8 \cdot 10^6$ мл⁻¹ в присутствии или в отсутствие эрсела и, в качестве контроля, бычьего сывороточного альбумина (БСА) в концентрациях по 1 мг/мл.

Измерение люминолзависимой ХЛ проводили при комнатной температуре на установке, описанной в [6]. Перед измерением ХЛ клетки осаждали и переводили в сбалансированный солевой раствор Эрла (рН 7,4), не содержащий ионы кальция. Адгезию лимфоцитов проводили в цилиндрической кварцевой кювете диаметром 4 см. Концентрация клеток составляла $2 \cdot 10^6$ мл⁻¹, эрсела и БСА — 50 мкг/мл, Кон А — 25 мкг/мл, люминола — $3 \cdot 10^{-6}$ М.

В работе использовался Кон А Фирмы «Sigma», остальные препараты отечественного производства.

Результаты и их обсуждение

В процессе адгезии лимфоцитов на стекло наблюдается рост интенсивности ХЛ с максимумом через 3 мин после помещения клеток с люминолом в кювету. Данные, представленные на рис. 1, 1 для необлученных контрольных клеток «К», совпадают с результатами работы [4], в которой показано, что ХЛ лимфоцитов при адгезии обусловлена генерацией клетками АФК, причем кислородоактивирующие системы расположены в плазматических мембранах клеток [2, 4].

Добавление в суспензию клеток «К» ионов кальция (рис. 1, 2) индуцирует резкое нарастание интенсивности ХЛ в течение 30–60 с на фоне ответа, обусловленного адгезией клеток, если лимфоциты были

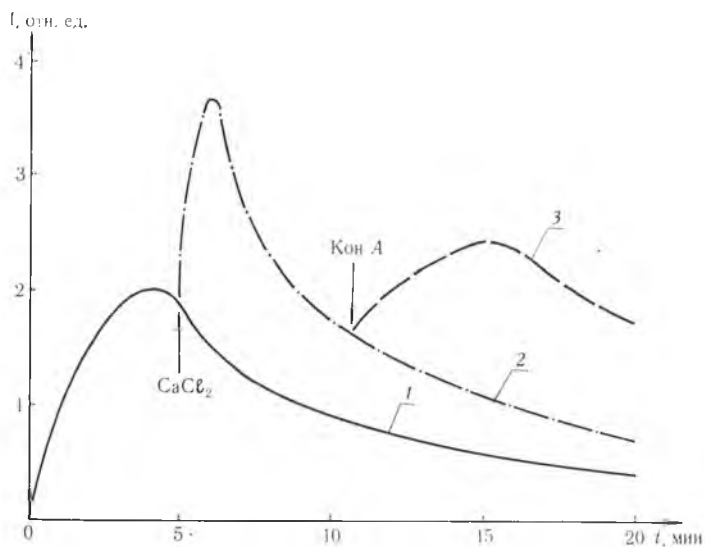


Рис. 1. Хемилюминесценция лимфоцитов ПКЧ:
 1 — клетки $+3 \cdot 10^{-6}$ люминола; 2 — клетки $+3 \cdot 10^{-6}$ люминола $+2,5 \cdot 10^{-3}$ М CaCl_2 ; 3 — клетки $+3 \cdot 10^{-6}$ люминола $+2,5 \cdot 10^{-3}$ М CaCl_2 $+25$ мкг/мл Кон А. Стрелками указано время добавления Кон А и CaCl_2 .

предварительно инкубированы в бескальциевой среде Эрла. Как известно [7], кальций содержится в клетках не только в свободном состоянии. В значительных количествах он связан в мембранных системах, может непосредственно взаимодействовать с липидами и оказывать влияние на интенсивность перекисного окисления липидов [8]. Учитывая эти данные, а также быстроту ХЛ-ответа на введение ионов кальция, полученные результаты можно объяснить стимуляцией кислород-активирующих систем плазматических мембран лимфоцитов.

Введение в суспензию клеток «К» Кон А сопровождается ХЛ-ответом лимфоцитов только в присутствии ионов кальция, что совпадает с данными [4] и может объясняться как особенностями поверхности клеток в присутствии кальция, так и конформационным состоянием молекул Кон А, имеющих центры связывания кальция.

По кинетике ответа на введение в суспензию ионов кальция и Кон А полученные нами данные не совпадают с результатами работы [4]. Особенности наблюдаемой нами быстрой реакции обусловлены присутствием в используемой среде ионов магния, биологическая активность которых известна [7].

Значительное количество объектов исследования с затратами времени порядка 30 мин на каждый потребовало выяснения зависимости интенсивности ХЛ при адгезии от времени предварительной инкубации при комнатной температуре в присутствии используемых в работе веществ. В течение всего времени измерений наибольшая интенсивность ХЛ при адгезии зарегистрирована для суспензий, содержащих кальций (в 1,4—1,8 раза выше контрольных), наименьшая — для суспензий, содержащих БСА (в среднем на 15 % меньше контроля). Предварительное истощение клеток по отношению к ионам кальция за 4—5 ч измерений (с интервалом 1—1,5 ч) приводит к уменьшению интенсивности ХЛ для контрольных и содержащих БСА суспензий в среднем в 2 раза, для суспензий с эрселом — в 1,5 раза. За это же время интенсивность ХЛ суспензий, содержащих кальций, уменьшается в 1,7 раза.

Таким образом, способность к продукции АФК кислород-активирующих систем плазматических мембран с течением времени уменьшается в наибольшей степени для контрольных суспензий и с БСА и в меньшей степени для суспензий с кальцием и эрселом.

Облучение лимфоцитов в отсутствие (клетки «О») и в присутствии эрсела в суспензии (клетки «ОЭ») вызывает изменение ХЛ параметров

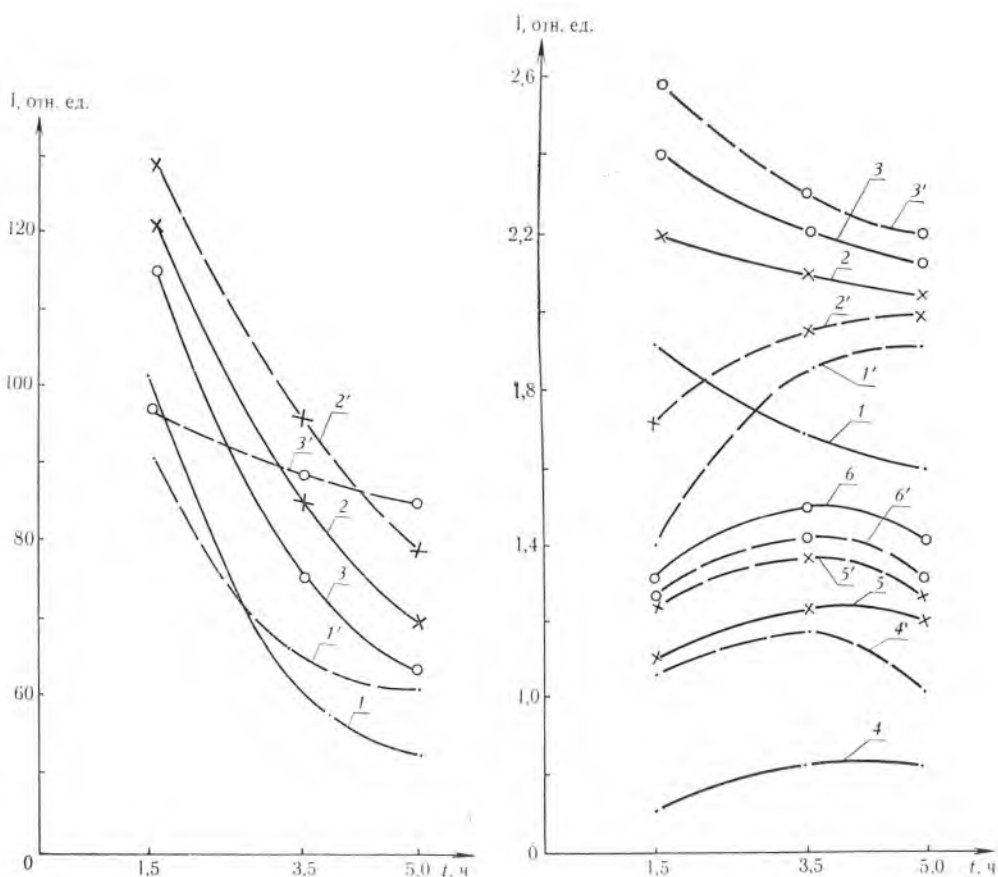


Рис. 2. Зависимость интенсивности ХЛ лимфоцитов ПКЧ от времени инкубации в среде Эрла:

— — — в присутствии эрсела; — в отсутствие эрсела; 1, 1' — контрольные клетки «К»;

2, 2' — облученные клетки «О»; 3, 3' — клетки, облученные в присутствии эрсела «ОЭ»

Рис. 3. Хемилюминесценция лимфоцитов ПКЧ после введения в суспензию ионов кальция или Кон А:

1—3, 1'—3' — при введении кальция; 4—6, 4'—6' — при введении Кон А; — — — в присутствии эрсела, — в отсутствие эрсела; 1, 1', 4, 4' — контрольные клетки «К»; 2, 2', 5, 5' — облученные клетки «О»; 3, 3', 6, 6' — клетки, облученные в присутствии эрсела «ОЭ»

по сравнению с клетками «К». На рис. 2 приведены данные о зависимости интенсивности ХЛ при адгезии через 5 мин после помещения клеток с люминолом в кювету от времени инкубации в среде Эрла в присутствии или в отсутствие эрсела. Данные для лимфоцитов, облученных в присутствии БСА, не приведены, так как они практически не отличались от результатов для клеток «О».

Более высокий уровень генерации АФК при адгезии клетками «О» и «ОЭ» по сравнению с контрольными, вероятно, обусловлен модификацией облучением состава и фазового состояния плазматических мембран лимфоцитов [9, 10], а следовательно, и продуктивности кислородоактивирующих систем. Инкубация лимфоцитов с эрселом для клеток «К» и «ОЭ» (рис. 2 1 и 3) первые два часа индуцирует уменьшение интенсивности ХЛ при адгезии, а при больших временах воздействия уровень генерации АФК выше, чем в суспензиях без эрсела. Для клеток «О» в присутствии эрсела интенсивность ХЛ выше в течение всего времени измерений.

Как известно [10, 12], воздействие облучения на клеточные мембраны в большой степени обусловлено накоплением продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), инициаторами которого являются АФК. Учитывая данные по воздействию эрсела на продукцию АФК, а также наблюдаемые различия между клетками «О» и «ОЭ», можно считать, что воздействие эрсела перед облучением уменьшает активность кис-

лородоактивирующих систем мембран, т. е. в определенной мере модифицирует реакции клетки на рентгеновское облучение. Этот вывод коррелирует с результатами работ о торможении известными радиопротекторами процессов перекисного окисления липидов [11], а также с данными работ [9, 12] о том, что исходное состояние облучаемого объекта определяет характер развития лучевого поражения. При внесении ионов кальция или Кон А в суспензию ХЛ-ответ лимфоцитов развивается на фоне предшествовавшего свечения клеток, и поэтому на рис. 3 представлены зависимости интенсивности ХЛ через 1 мин и через 5 мин после добавления кальция и Кон А соответственно относительно интенсивности ХЛ в момент внесения.

Видно, что облучение увеличивает амплитуду ХЛ-ответа клеток на кальций и Кон А по сравнению с контролем, что, вероятно, объясняется частичной радиационной деструкцией гликокаликса и обнажением более глубоко расположенных мембранных структур [9] ранее недоступных для взаимодействия с ионами кальция и молекулами Кон А.

Инкубация лимфоцитов с эрселом (рис. 3, 1'—6') также изменяет уровень генерации АФК при указанных воздействиях, а для клеток «ОЭ» наблюдается наибольший по интенсивности ХЛ ответ на введение кальция и Кон А.

Реакция клеток на Кон А в определенной степени является моделью специфического функционирования лимфоцитов в организме. Аналогично можно рассматривать и отклик лимфоцитов на введение ионов кальция, учитывая их важнейшую роль в процессах жизнедеятельности. С этой точки зрения, результаты, полученные для облученных клеток, позволяют объяснить данные литературы о стимулирующем воздействии введения облученной крови на целый ряд физиологических систем организма [1]. Результаты, зарегистрированные для клеток, облученных в присутствии эрсела, а также по воздействию эрсела на уровень генерации лимфоцитами АФК при адгезии, при введении в суспензию ионов кальция и Кон А, позволяют предположить, что в механизме действия биологического регулятора при лейкозе [5] и облучении существенную роль играет его влияние на кислородоактивирующие системы плазматических мембран.

Список литературы

1. Несис А. И. // Облучение крови вне организма: Материалы II конф. по изол. облученно крови. М., 1980. С. 23.
2. Washida N., Sagawa A. and all // ВВА. 1980. V. 631. № 2. Р. 371.
3. Семенова Г. Н., Черенкевич С. Н. и др. // Иммунология. 1985. № 1. С. 79.
4. Семенова Г. Н., Черенкевич С. Н. и др. // Биофизика. 1985. Т. 30. Вып. 5. С. 864.
5. Свирновский А. И. и др. Стволовые клетки и опухолевый рост. Киев, 1985. С. 51.
6. Говорун А. К. и др. // Биофизика. 1974. Т. 19. № 1. С. 100.
7. Дворецкий А. И. Система активного транспорта ионов при действии ионизирующей радиации на организм. Днепропетровск, 1986.
8. Мукалов И. О. и др. Теоретические и методические основы биохемилум. М., 1986. С. 131.
9. Верболович В. П. и др. // Радиобиология. 1984. Т. 24. № 2. С. 227.
10. Попов Г. А. и др. // Радиация и организм. Обнинск, 1982. С. 37.
11. Попов Г. А. и др. // Радиобиология. 1984. Т. 24. № 3. С. 424.
12. Гончарова Е. Н., Кудряшов Ю. Б. Гипотеза эндогенного фона радиорезистентности. М., 1980.

УДК 581.2.07

Е. Н. ДЗЯТКОВСКАЯ

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ МЕМБРАН РАСТЕНИЙ РЖИ, ЗАРАЖЕННЫХ СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНОЙ

В данной работе показаны результаты исследования особенностей организации пигментного аппарата фотосинтетических мембран в рас-

тениях ржи различной устойчивости к стеблевой ржавчине в условиях патогенеза.

Материал и методика

Исследовали растения ржи устойчивого к стеблевой ржавчине сорта Державина и восприимчивого сорта Радзіма, выращенные в условиях климатомосветокамеры КТЛК-1250 «Файтрон» при фотопериоде 18/6 ч, освещенности 20 000 лк, влажности воздуха 75 %, температуре 20 °С. Заражение проводили на 14-й день вегетации. Анализировали 1, 2 и 3-й лист проростков при переходе гриба в стадию репродукции. Абсолютно сухую массу листа определяли высушиванием при 105 °С до постоянной массы в сушильном шкафу 2В-151. Для определения содержания в тканях листа фотосинтетических пигментов растительный материал растирали в ступке с добавлением кварцевого песка и CaCO_3 в нескольких порциях неразбавленного ацетона (4 °С) до полного обесцвечивания тканей. Гомогенат отфильтровывали на фильтре Шотта №3 и использовали для спектрофотометрирования на СФ-16. Количество хлорофилла в пробах рассчитывали по формулам [1].

Фракционирование фотосинтетических мембран на пигмент-белковые комплексы проводили с помощью модифицированного метода SDS-гель-электрофореза Андерсон и др. [2]. Выделяли 6 пигментированных белковых зон. Контроль степени их нативности и идентификацию проводили по электрофоретической подвижности и спектрофотометрически (СФ «Шимадзу», Япония). Разделяли следующие пигмент-белковые комплексы (ПБК): CP1_a и CP1 , содержащие реакционный центр фотосистемы I—P-700 (более высокомолекулярный CP1_a содержал еще и антенный комплекс ФС I); CP_a , содержащий реакционный центр фотосистемы II—P-680; LH_{1-3} — три светособирающих комплекса, причем LH_3 являлся мономером LH_1 и относился к антенне фотосистемы II, а LH_2 являлся светособирающим комплексом фотосистемы I. Содержание белков в индивидуальных ПБК определяли на том же спектрофотометре после окрашивания полосок геля в 0,05 % Кумасси в смеси: спирт этиловый (ледяная уксусная кислота) $\text{H}_2\text{O}=9(2)9$ и промывания в смеси: ледяная уксусная кислота (изопропанол) $\text{H}_2\text{O}=7(43)50$.

Провели 6 серий опытов по 3 повторности в каждом варианте, среднюю пробу готовили из 15 растений. Результаты эксперимента обрабатывали статистически.

Результаты и их обсуждение

Анализировали искусственно зараженные вегетирующие растения ржи сортов Державина и Радзіма в период спороношения гриба. Согласно данным литературы, именно на этом этапе развития заболевания изменение гормонального статуса растения-хозяина приводит к кардинальным перестройкам его фотосинтетической функции [3].

Нами установлено, что под влиянием возбудителя стеблевой ржавчины в листьях устойчивого сорта Державина количество хлорофилла в единице сухой массы возрастает (см. таблицу). Повышается и отношение хлорофилла а к хлорофиллу в за счет синтеза как хлорофилла а (70 %), так и хлорофилла в (37 %). У растений же восприимчивого сорта при аналогичных условиях эксперимента показано уменьшение содержания хлорофилла в единице сухой массы листа и снижение отношения хлорофилла а к хлорофиллу в. Причем последнее было вызвано не только возрастанием в тканях количества хлорофилла в, но и уменьшением содержания хлорофилла а.

Таким образом, под влиянием патогена отмечалось увеличение содержания хлорофилла в, количество же хлорофилла а изменялось по-разному: в сторону увеличения у растений устойчивого сорта и в сторону уменьшения у растений восприимчивого сорта.

Полученные результаты по изменению содержания зеленых пигментов в листьях ржи различной устойчивости к стеблевой ржавчине под действием заболевания были дополнены исследованиями тех измене-

**Содержание хлорофилла и белков пигмент-белковых комплексов хлоропластов
в здоровых (К) и зараженных стеблевой ржавчиной (О)
растениях ржи сортов Державина и Радзіма**

Показатель	Державина		Радзіма	
	К	О	К	О
Хлорофилл/сухая масса, 10 ⁻³ г/г	1,01±0,04	1,58±0,02	2,56±0,04	2,31±0,07
Хлорофилл а/хлорофилл в, г/г	1,76±0,09	2,28±0,11	2,76±0,10	1,90±0,11
Хлорофилл, а/сухая масса, 10 ⁻³ г/г	0,65	1,10	1,88	1,51
Хлорофилл в/сухая масса, 10 ⁻³ г/г	0,36	0,48	0,68	0,80
Содержание белков ПБК в мембране, %:				
CP1 _a	2,8	3,0	2,1	—
CP1	15,1	15,3	18,5	22,7
LN ₁	17,9	18,9	26,9	22,9
LN ₂	27,0	26,7	25,9	24,2
CP _a	16,8	18,5	11,6	8,8
LN ₃	20,4	17,6	15,0	21,4
ПБК реакционных центров/свето- собирающие комплексы, г/г	0,530±0,006	0,580±0,005	0,480±0,004	0,461±0,005
ПБК ФС 1/ПБК ФС 2	1,07±0,01	0,99±0,02	1,77±0,01	2,55±0,01

ний, которые произошли в белковых компонентах пигмент-белковых комплексов фотосинтетических мембран.

Установлено, что под влиянием инфекции у растений восприимчивого сорта снижалась доля белков реакционных центров фотосистемы II, а также антенных комплексов фотосистемы I, относительное же количество белков мономерного светособирающего комплекса фотосистемы II увеличивалось. В результате снижалось отношение ПБК реакционных центров к светособирающим комплексам. Соотношение ПБК ФС 1 и ПБК ФС 2 изменялось в пользу ФС 1.

У устойчивых к ржавчине растений под действием инфекции наблюдалась более высокая стабильность в организации фотосинтетических мембран. Соотношение ПБК ФС 1 и ПБК ФС 2 изменялось незначительно в пользу фотосистемы II. Доля ПБК реакционных центров увеличивалась, что привело к возрастанию отношения ПБК реакционных центров к светособирающим комплексам.

Такие результаты свидетельствуют о разрушающем действии инфекции прежде всего на реакционные центры фотосистемы II и олигомерный светособирающий комплекс этой же фотосистемы. В результате этих процессов у восприимчивых к заболеванию растений усиливаются окислительные процессы в тканях. Некоторое возрастание доли ПБК фотосистемы II в хлоропластах устойчивых растений, по-видимому, способствует увеличению содержания в клетке восстановительных эквивалентов, ингибирующих каскад окислительных процессов в тканях.

Таким образом, адаптивные процессы в инфицированных растениях устойчивого сорта, по-видимому, приводят к структурно-функциональным перестройкам фотосинтетического аппарата, направленным на поддержание гомеостаза организма в целом.

Список литературы

1. Шлык А. А. Биохимические методы в физиологии растений. М., 1971. С. 154.
2. Кахнович Л. В., Стефанович Е. Н., Ходоренко Л. А. и др. // Физиология растений. 1989. Т. 36. Вып. 2. С. 222.
3. Деметьева М. И. Фитопатология. М., 1983.

ВЛИЯНИЕ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ РЖАВЧИНЫ И МУЧНИСТОЙ РОСЫ НА ПИГМЕНТНЫЙ СОСТАВ ХЛОРОПЛАСТОВ РАСТЕНИЙ РЖИ

Характер воздействия паразита на физиологические процессы питающего растения во многом зависит от типа поражения и поведения патогена. Влияние высокоспециализированных экто- и эндотрофных патогенов на структурно-функциональные особенности клеточных органелл растения-хозяина часто отличается заметным сходством, что, по-видимому, связано со специфичностью их ферментного аппарата. Например, растения, пораженные мучнисторосяными и ржавчинными грибами, часто ведут себя одинаково [1].

Цель нашего исследования — изучение влияния возбудителей ржавчины и мучнистой росы на содержание фотосинтезирующих пигментов растений ржи в зависимости от степени их поражения, фазы развития и ярусности листьев.

Материал и методика

Объектом исследования служил распространенный в БССР высокоурожайный сорт Пуховчанка. Растения выращивались в условиях открытого грунта в ботаническом саду Белгосуниверситета им. В. И. Ленина и на полях экспериментальной базы «Курасовщина» Минского района. Листья для анализа брали из трех ярусов: I — верхние листья, II — средние, III — нижние. Поскольку листья нижнего яруса в период цветения начинают отмирать, данные по ним в таблицах не приводятся. Ацетоновую вытяжку пигментов из высечек листьев одного яруса, взятых у больных и здоровых растений 1—4-й степени поражения, использовали для спектрофотометрического определения в ней фотосинтезирующих пигментов [2]. Контролем служили здоровые растения. Повторность опытов пятикратная. Приводятся усредненные данные исследований 1986—1990 гг.

Результаты и их обсуждение

Исследованиями установлено, что мучнисторосяная и ржавчинная инфекция в начальный период развития заболевания вызывает незначительное разрушение пигментов (табл. 1). Так, общее содержание хлорофиллов при 1-й степени поражения возбудителем бурой ржавчины составляло 97—93 %, мучнистой росы — 98—95 %, а при совместном поражении — 95—89 % от контроля. Это так называемые «невидимые изменения» хлорофилла.

Аналогичная закономерность наблюдалась при исследовании поражения ржи грибом *Puccinia dispersa*: количество хлорофилла в инкубационный период оставалось на уровне контроля или снижалось на 7—8 % [3].

По мере развития заболевания влияние паразита на пигментный аппарат растения заметно возрастает. Так, при 2-й степени поражения количество пигментов уменьшилось соответственно: при ржавчинной инфекции — на 23—31 %, мучнисторосяной — на 24—30, а при совместном действии этих патогенов — на 45—48 % по сравнению с контролем.

Дальнейшее развитие патогенов приводит к еще более ощутимому снижению количества пигментов. Например, в случае 4-й степени поражения, которая совпадает со вступлением гриба в стадию телейтоспороношения, содержание хлорофилла при заболевании бурой ржавчиной составляет 56—64 %, мучнистой росой — 41—53, а при совместной инфекции — 60—67 % от контроля.

Полученные данные хорошо согласуются с особенностями питания облигатных паразитов. Приспособленность последних к питанию за счет живых клеток находит яркое выражение в том, что истинные паразиты в начале своего развития могут даже оказывать стимулирующий

**Изменение содержания зеленых и желтых пигментов
в зависимости от степени поражения листьев ржи
возбудителями бурой ржавчины и мучнистой росы, мг/г сухого вещества**

Степень поражения	Хлорофилл «а»		Хлорофилл «в»		Каротиноиды	
	Ярусы					
	I	II	I	II	I	II
Контроль	0,76±0,08	0,37±0,09	0,29±0,05	0,26±0,07	0,23±0,02	0,22±0,05
Бурая ржавчина						
1	0,71±0,12	0,35±0,10	0,27±0,08	0,24±0,09	0,22±0,04	0,21±0,07
2	0,56±0,09	0,27±0,07	0,20±0,03	0,17±0,04	0,18±0,07	0,16±0,04
3	0,43±0,05	0,20±0,03	0,14±0,07	0,13±0,05	0,15±0,02	0,14±0,04
4	0,34±0,07	0,15±0,03	0,11±0,04	0,10±0,03	0,13±0,07	0,11±0,02
Мучнистая роса						
1	0,73±0,18	0,36±0,10	0,28±0,07	0,25±0,04	0,21±0,08	0,20±0,05
2	0,58±0,10	0,27±0,09	0,20±0,04	0,18±0,05	0,17±0,04	0,16±0,04
3	0,47±0,07	0,22±0,09	0,16±0,04	0,14±0,08	0,14±0,03	0,13±0,04
4	0,44±0,07	0,20±0,02	0,14±0,03	0,12±0,06	0,12±0,04	0,09±0,02
Бурая ржавчина и мучнистая роса						
1	0,69±0,11	0,33±0,11	0,25±0,07	0,22±0,06	0,22±0,03	0,20±0,05
2	0,45±0,06	0,23±0,05	0,13±0,04	0,11±0,06	0,17±0,04	0,14±0,02
3	0,36±0,08	0,17±0,07	0,11±0,07	0,13±0,02	0,15±0,07	0,13±0,07
4	0,26±0,13	0,13±0,02	0,10±0,03	0,09±0,07	0,13±0,05	0,12±0,03

эффект, обеспечивая тем самым наиболее благоприятные условия для своего собственного развития.

Отмеченное снижение содержания хлорофилла на более поздних этапах развития болезни, вероятно, можно объяснить разрушением его под влиянием протеолитических ферментов гриба, которые действуют на белковый компонент хлорофилл-белкового комплекса. В результате белковая строма пластид меняет свою структуру, и хлорофилл отделяется от мембран. Это подтверждается данными [4], полученными при изучении влияния поражения томатов грибом *Cladosporium fulvum* на содержание пигментов и активность протеолитических ферментов. Кроме того, уменьшение концентрации хлорофилла в растениях при сильном поражении их мучнистой росой может быть связано со значительным замедлением фотопревращения содержащегося в листьях протохлорофиллида в бесфитольное производное хлорофилла — хлорофиллид, т. е. происходит нарушение биосинтеза данного пигмента на заключительном этапе [5].

Количество хлорофилла «а» и «в» во всех опытах изменяется в одинаковой степени, о чем можно судить и по соотношению этих пигментов на разных стадиях заболевания (табл. 2). Полученные нами результаты согласуются с данными других исследователей [6, 7].

При пересчете концентрации хлорофилла на сырую массу и площадь листа общая закономерность в содержании обоих пигментов практически не изменяется.

Опыты показывают (см. табл. 1), что количество желтых пигментов также снижается по мере развития болезни, однако каротиноиды менее подвержены разрушению, чем зеленые пигменты. Так, при 4-й степени поражения возбудителями ржавчины и мучнистой росы количество желтых пигментов составляло 52—56 % от контроля, а зеленых — 40—47 %. Поэтому отношение хлорофилл «а»+хлорофилл «в»/каротиноиды в процессе развития болезни уменьшается до 3-й степени поражения. Однако

при дальнейшем развитии заболевания скорость деградации хлорофиллов несколько замедляется, а скорость уменьшения концентрации каротиноидов остается прежней. Это приводит к тому, что соотношение суммы хлорофиллов и каротиноидов увеличивается (см. табл. 2).

Таблица 2

Количественное соотношение зеленых и желтых пигментов у здоровых и больных растений ржи, мг/г сухого вещества

Степень поражения	Хлорофилл «а» + + хлорофилл «в»		Хлорофилл «а»/хло- рофилл «в»		Хлорофилл «а» + + хлорофилл «в»	
	каротиноиды					
	Ярусы					
	I	II	I	II	I	II
Контроль	1,05	0,63	2,62	1,42	4,57	2,86
Бурая ржавчина						
1	0,98	0,59	2,63	1,46	4,45	2,81
2	0,76	0,44	2,8	1,59	4,22	2,75
3	0,57	0,33	3,07	1,54	3,80	2,36
4	0,45	0,25	3,09	1,5	3,46	2,27
Мучнистая роса						
1	1,01	0,61	2,61	1,44	4,81	3,05
2	0,73	0,45	2,9	1,5	4,59	2,81
3	0,63	0,36	2,93	1,57	4,50	2,77
4	0,58	0,32	3,14	1,66	4,83	3,56
Бурая ржавчина и мучнистая роса						
1	0,94	0,56	2,76	1,5	4,27	2,75
2	0,58	0,34	3,46	2,09	3,41	2,43
3	0,47	0,30	3,27	1,31	3,13	2,31
4	0,36	0,22	2,6	1,44	2,77	1,83

Следует отметить, что мучнисторосяная инфекция способствует ускорению деградации каротиноидов, и на поздних этапах заболевания их содержание составляет в среднем 40—42 % от контроля, в то время как при ржавчинной и совместной инфекции — 52—60 %.

Такое расхождение можно объяснить образованием большого количества уредоспор ржавчинных грибов, богатых каротиноидами, а не их новообразованием в инфицированных тканях. На стадии интенсивного образования уредоспор в инфицированных тканях измеряемая нами концентрация желтых пигментов представляет собой суммарное содержание каротиноидов растения-хозяина и спор патогена. Исходя из этого логично допустить, что скорость деградации каротиноидов в листьях растений, пораженных возбудителем ржавчины, примерно такая же (а может быть и больше), чем при поражении ржи мучнистой росой. Для доказательства такого предположения требуются дальнейшие исследования.

Анализ полученных данных показывает, что совместное влияние бурой ржавчины и мучнистой росы оказывает более сильное разрушающее действие на хлорофилл «в». Особенно четко это проявляется при 3-й и 4-й степени поражения, в то время, как хлорофилл «а» и каротиноиды подвержены меньшему деструктивному воздействию инфекции.

Представляет интерес изучить сезонную динамику содержания зеленых пигментов в пораженных мучнистой росой листьях (табл. 3).

В период выхода растений ржи в трубку и фазу колошения каких-либо отклонений от описанных выше закономерностей не наблюдалось.

Сезонная динамика содержания зеленых и желтых пигментов
в листьях здоровых (1) и пораженных мучнистой росой (2) растений ржи,
мг/г сухого вещества

Фаза роста	Вари- ант	Хлорофилл «а»		Хлорофилл «в»		Каротиноиды	
		Ярусы					
		I	II	I	II	I	II
Выход в трубку	1	0,187±0,11	0,172±0,09	0,098±0,06	0,089±0,06	0,089±0,05	0,086±0,10
	2	0,172±0,11	0,165±0,11	0,073±0,11	0,071±0,10	0,084±0,11	0,077±0,13
Колошение	1	0,189±0,10	0,176±0,12	0,094±0,08	0,092±0,07	0,080±0,07	0,074±0,09
	2	0,171±0,04	0,162±0,07	0,073±0,04	0,075±0,11	0,071±0,13	0,073±0,07
Конец колошения	1	0,196±0,07	0,187±0,09	0,097±0,08	0,094±0,03	0,078±0,11	0,077±0,06
	2	0,141±0,07	0,141±0,05	0,071±0,09	0,067±0,11	0,071±0,08	0,069±0,08
Начало цветения	1	0,183±0,09	0,181±0,04	0,081±0,13	0,076±0,08	0,077±0,04	0,076±0,11
	2	0,196±0,03	0,193±0,08	0,095±0,05	0,078±0,12	0,084±0,03	0,079±0,07
Цветение	1	0,181±0,04	0,171±0,13	0,080±0,07	0,066±0,09	0,074±0,06	0,067±0,07
	2	0,228±0,10	0,226±0,15	0,098±0,11	0,093±0,05	0,082±0,08	0,076±0,11
Конец цветения	1	0,163±0,04	0,167±0,07	0,074±0,06	0,063±0,12	0,065±0,11	0,056±0,12
	2	0,189±0,07	0,189±0,04	0,079±0,08	0,071±0,07	0,075±0,09	0,068±0,07
Начало созревания	1	0,167±0,08	0,160±0,08	0,061±0,15	0,058±0,10	0,054±0,07	0,053±0,02
	2	0,126±0,05	0,125±0,07	0,050±0,07	0,042±0,04	0,046±0,04	0,043±0,04

Однако замечено менее интенсивное уменьшение количества хлорофиллов на этих стадиях развития болезни по сравнению с фазой созревания. Это, вероятно, связано с возрастом тканей. Известно, что поражение молодых тканей листа (фазы выхода в трубку и колошения), как правило, не вызывает заметного снижения концентрации пигментов, как это наблюдается в старых тканях (фаза созревания), потерявших лабильность своих защитных свойств.

В фазу цветения растений ржи наблюдалось некоторое увеличение концентрации хлорофиллов «а» и «в». Например, в начале цветения количество хлорофиллов в инфицированных тканях составляло в среднем 103—104 %, а непосредственно в фазу цветения в среднем 126 % по отношению к контролю. Возрастание содержания зеленых пигментов именно в фазу цветения можно объяснить тем, что в этот ответственный для растительного организма период формирования репродуктивных органов происходит более усиленное расходование пластических веществ и энергии. Для восполнения этих затрат необходима высокая интенсивность фотосинтеза, которая определяется оптимальным содержанием пигментов хлоропластов. В связи с этим в период цветения наблюдается увеличение содержания хлорофиллов.

В конце цветения на первых стадиях поражения также увеличивается количество зеленых пигментов. Но уже на 3-й и 4-й стадиях поражения более интенсивно идет процесс уменьшения количества хлорофиллов.

Установлено также, что под влиянием грибной инфекции наблюдается некоторое различие в изменении содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях разных ярусов, а также в разных зонах листа. При мучнисторосяной инфекции заболеванию в большей степени подвержены листья нижнего яруса, поскольку возбудитель мучнистой росы предпочитает условия затенения и меньшего периода освещения. Поэтому в листьях этого яруса, как правило, более резко падает концентрация хлорофилла.

Листья среднего яруса заболевают в меньшей степени, здесь количество хлорофилла при сильной степени поражения снижается на 44—53 %.

Значительное поражение листьев верхнего яруса (онтогенетически более молодых) наблюдалось в конце цветения, что привело к увеличению скорости деградации зеленых пигментов. Кроме того, при одновременном действии на растения ржавчины и мучнистой росы в нижнем ярусе преобладает мучнистая роса, а в среднем и верхнем — ржавчина.

При совместной инфекции наблюдается более резкое снижение концентрации хлорофилла в фазу, предшествующую цветению. Это, по-видимому, вызвано сильным ослаблением растительного организма под влиянием различных токсинов, выделяемых одновременно двумя патогенами. Токсические вещества гриба, проникая в растительную клетку, могут действовать на пигментный и белковый компоненты пигмент-белкового комплекса хлоропластов, что приводит к нарушению их упорядоченной структуры.

Таким образом, общим для грибных инфекций является меньшая степень поражения листьев верхнего яруса, однако при ржавчинной и совместной инфекциях к началу созревания зерна количество хлорофилла уменьшается на 56—60 %, каротиноидов — на 35—40 %, а при мучнисторосяной инфекции — на 41 и 42—50 % соответственно.

В то же время отмечено некоторое возрастание концентрации каротиноидов по сравнению с контролем в фазу цветения, особенно заметное в листьях верхнего яруса.

Определенный интерес представляют данные по исследованию содержания пигментов в разных по возрасту тканях листа. Как известно, для листьев злаков характерен базальный рост, поэтому чем ближе к основанию листа находится зона листовой пластинки, тем она моложе в сравнении с вышележащей. Установлено, что при мучнисторосяной и

совместной инфекциях количество пигментов интенсивнее снижается в онтогенетически более старых тканях, т. е. в верхней зоне листовой пластинки. Чем моложе ткани, тем позже происходят в них существенные количественные изменения фотосинтезирующих пигментов. Вероятно, эта закономерность является в какой-то мере проявлением иммунитета растительного организма, различающегося у разных по возрасту тканей.

Анализ полученных данных показывает, что поражение растений фитопатогенными грибами приводит к нарушению структурно-функциональной организации фотосинтезирующего аппарата растительной клетки. Это выражается прежде всего в разрушении зеленых и желтых пигментов в инфицированных тканях и снижении фотохимической активности хлоропластов.

Список литературы

1. Купревич В. Ф. Науч. тр.: В 4 т. Мн., 1973. Т. 3. С. 456.
2. Шлык А. А. // Биохимические методы в физиологии растений. М., 1971. С. 154.
3. Серова З. Я., Подчуфарова Г. М., Гесь Л. К. Окислительно-восстановительные процессы инфицированного растения. Мн., 1982. С. 232.
4. Дворецкая Е. М., Скуртул А. М. // Биохимия плодов и овощей. Иммуни-тет и покой картофеля, плодов и овощей. М., 1964. С. 111.
5. Шуканов А. С., Лемеза Н. А., Гулевич А. П. // Микология и фитопатология. 1980. Т. 14. № 2. С. 117.
6. Оршанская Ф. Б. // Бюлл. Глав. бот. сада. 1966. Вып. 61. С. 79.
7. Реуцкая Л. Н. // Весці АН БССР. Сер. біял. навук. 1967. № 4. С. 113.



УДК 631.434:631.445.24:631.442.1:631.472.71

С. А. ТИХОНОВ, О. К. МЕЛЬНИКОВ

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ ПРИ ОКУЛЬТУРИВАНИИ

В основе дифференцированного изучения различных категорий илистого материала почв лежит неоднородность его состояния, состава и свойств, проявляющаяся при взаимодействии с водой [1, 2]. На основе анализа причин и факторов, обуславливающих пептизацию или агрегацию илистых частиц, Н. Н. Горбуновым [1] была предложена методика разделения илистого материала на фракции разной степени диспергируемости — пептизируемую в воде (ил А), водноагрегируемую (ил Б) и прочносвязанную (ил В).

Поскольку многие факторы, обуславливающие состав и свойства почв, при окультуривании изменяются, то необходимость изучения структурно-агрегатного состава илистого материала почв разной степени окультуренности очевидна. Тем более, что исследования в этом направлении начаты недавно [1, 2], касаются в основном целинных почв [3]. Сведения о структурной неоднородности илистых фракций дерново-подзолистых почв разной степени окультуренности практически отсутствуют [4].

С целью выявления природы разных категорий илистых фракций, их роли в формировании и эволюции почвенной структуры дифференцированному изучению были подвергнуты дерново-подзолистые песчаные почвы, развивающиеся под воздействием естественной (лес) и культурной (обычно используемая пашня и пашня приусадебного участка) растительности. Исследуемые почвы, согласно комплексному агрохимическому баллу [5], соответствуют: почва под лесом — очень низкой (средний индекс окультуренности 0,20), пахотная обычного использования — средней (индекс 0,75) и почва приусадебного участка — высокой (индекс 1,00) степени окультуренности.

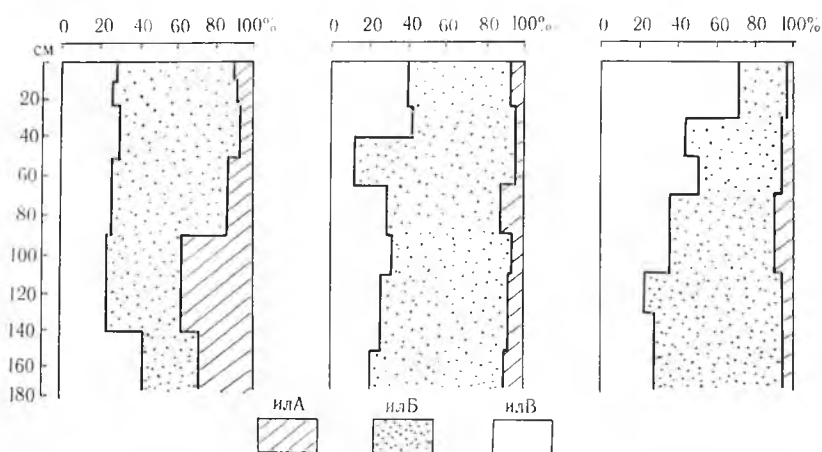
Лабораторные и полевые исследования проводились согласно общепринятым методам [6]. Категории почвенного ила выделялись по Н. И. Горбунову [1]. Количественное соотношение основных глинистых минералов рассчитывалось по методике В. Т. Сергеенко [7]. Общие характеристики анализируемых почв опубликованы ранее [8].

Изучение различных категорий ила в дерново-подзолистых песчаных почвах выявило заметные различия, обусловленные почвообразованием и окультуриванием (см. рисунок, табл. 1, 2).

В илистом материале материнской породы дерново-подзолистой почвы под лесом (разрез 722) преобладает прочносвязанный ил, на долю которого приходится 54 %. Водно-пептизируемый и агрегированный илы содержатся в равных количествах — по 23 %. Вверх по профилю содержание агрегированного ила возрастает и в верхней (100 см) толще он

становится доминирующим (60—65 % от общего ила). Прочносвязанный ил распределяется в почвенной толще более или менее равномерно, хотя можно отметить некоторую его потерю почвой по отношению к породе. Количество воднопептизируемого ила существенно возрастает вниз по профилю. Видимо, в период избыточного весенне-осеннего переувлажнения происходит дополнительная мобилизация кислыми растворами части ила из прочносвязанной фракции и перемещение его вниз по профилю. В целом, почвообразование под естественной растительностью приводит к аккумуляции почвенной толщей илистого материала в форме, главным образом, агрегированных фракций.

В среднеокультуренной песчаной почве (разрез 720) соотношение структурных компонентов илистого материала и характер профильного распределения категорий ила примерно такие же, как и в почве под лесом. Различия в большей мере носят количественный характер и связаны с уменьшением доли илов А и Б в пахотном и элювиальном A_2B_1 горизонтах при параллельном росте в них содержания прочносвязанного ила (см. рисунок). Как и в почве, под лесом сохраняется максимальная агрегированность ила в иллювиальном B_1 горизонте.



Относительное содержание категорий ила в дерново-подзолистых песчаных почвах разной степени окультуренности:
разрез 722 — почва неокультуренная (лес) — а; разрез 720 — почва среднеокультуренная (пашня) — б; разрез 721 — почва высокоокультуренная (приусадебный участок) — в

Высокоокультуренная почва приусадебного участка (разрез 721) характеризуется более мощной зоной активного проявления процессов выветривания и почвообразования, охватывающих почвенную толщу до глубины 70—80 см. Эта зона интенсивной проработки минеральной массы отчетливо обогащена илистым материалом. Кривые внутрипрофильного распределения ила свидетельствуют о том, что интенсивность вторичных изменений минеральной массы в указанной зоне превышает интенсивность выноса продуктов разрушения, которые закрепляются в верхней (70—80 см) зоне. Небольшие вертикальные перемещения воднопептизируемого ила, возможно, имели и имеют место, но лишь в пределах A_n и A_2B_1 горизонтов.

Изучение микростроения песчаных почв показало, что илистый и пылеватый материал в них располагается на поверхности песчаных зерен в виде рыхлых и плотных покровов и пленок, имеющих в разных почвенных горизонтах различный химический состав, аналогично отмеченному Д. М. Плакхиной [9]. В зависимости от соотношения минеральных и органических фаз, состава и генезиса выделено три типа кутан: литогенные (железистые и глинистые), педогенные (органо-минеральные) и педолитогенные (глинисто-гумусово-железные) [9].

Из табл. 1 видно, что в перегнойных горизонтах исследуемой триады песчаных почв организация илстого материала в кутаны связана с агрегирующим воздействием полутораокисей (12—72 %), органического вещества (12—23 %), глинистых и других дисперсных минералов (5—63 %). Основным фактором агрегации почвенного ила в породе являются соединения полутораокисей железа и алюминия (90—98 % от общего ила). Следовательно, органо-железисто-глинистый материал пленок в перегнойных горизонтах песчаных почв по составу и генезису может быть отнесен к педогенным кутанам, а железисто-глинистый в породе — к литогенным. Переходный (педолитогенный) характер пленок иллювиальной части почвенной толщи подчеркивается более высоким по сравнению с породой содержанием в них гумусовых веществ.

В процессе окультуривания песчаных почв существенно изменяется структура илстого материала элювиальной части профиля (табл. 1). Если в целинной почве основная масса частичек менее 1 мкм агрегирована полутораокисями (72,4 %), а количество воднопептизируемого и связанного органическим веществом ила составляет 9,8 и 12,3 % соответственно, то в высокоокультуренной почве приусадебного участка резко (до 11,9 %) снижается доля полутораокисей как агрегирующего агента при отчетливо выраженной тенденции роста значимости гумус-органических (23,3 %) и тонкодисперсных почвенных минералов (62,8 %).

Сопоставление рентген-дифрактометрических данных по категориям илов дерново-подзолистых песчаных почв разной степени окультуренности показало, что в пахотных горизонтах освоенных и окультуренных почв отчетливо видна тенденция к увеличению в илах всех категорий числа жестких блоков с межслоевыми промежутками слюдистого типа. Параллельно сокращается, а в почве приусадебного участка резко, норма пакетов с межслоями вермикулитового и хлоритового типов.

Известно, что глинистые минералы играют важную роль в формировании водопрочной макро- и микроструктуры [1—3, 10]. Наиболее активными закрепителями органических веществ являются смектиты и набухающие минералы с различной степенью трансформированными структурами — деградированные слюды и хлориты [2, 4, 10]. Такие минералы, как каолинит, кварц, полевые шпаты, имеющие небольшие величины некомпенсированных зарядов и поверхностные слои которых не обладают способностью прочно удерживать органические коллоиды, в образовании водоустойчивых макро- и микроагрегатов практически не участвуют.

Органические вещества гумусовой природы обычно концентрируются в илистых фракциях и оказывают существенное влияние на физические и химические свойства почв. Имеются данные о неодинаковой концентрации гумуса в илах разных категорий. Так, по данным [3], содержание гумуса в суглинистых почвах северо-западного региона закономерно возрастало от ила А к илу Б и В.

Таблица 1

Влияние гумуса и R_2O_3 на агрегированность илстого материала перегнойных горизонтов почв

Угодье	Горизонт	Мощность, см	общий ил, %	Ил А		Агрегированный ил				Остаток ила	
						органическим веществом		полутораокисями Fe и Al			
				I	II	I	II	I	II	I	II
Лес	A _I	7	1,63	0,16	9,8	0,20	12,3	1,18	72,4	0,09	5,5
Пашня	A _п	22	1,91	0,12	6,3	0,25	13,1	0,86	45,0	0,68	35,6
Огород	A _п	30	4,46	0,09	2,0	1,04	23,3	0,53	11,9	2,80	62,8

Примечания: I — % к почве, II — % к илу.

Минералогический состав различных категорий почвенного ила дерново-подзолистых почв разной степени окультуренности (% от фракции)

Гори- зон	Глубина, см	Ил А				Ил Б				Ил В			
		См+ +Вт*	Гс	Хт	Кт	См+ +Вт	Гс	Хт	Кт	См+ +Вт	Гс	Хт	Кт
I. Почва под лесом (р. 722)													
A ₁	3—9	59	18	6	17	49	27	4	20	45	20	9	26
A ₂ B ₁	10—20	46	19	7	28	44	29	6	21	47	18	10	25
B ₁	25—40	42	24	6	28	34	40	6	20	32	34	10	24
B ₂	70—80	6	67	5	22	5	73	3	19	12	60	3	25
B ₃ C	110—120	1	85	1	13	3	76	1	20	5	78	2	15
II. Почва пахотная среднеокультуренная (р. 720)													
A _п	3—13	52	22	6	20	43	29	6	22	48	29	10	13
A ₂ B ₁	24—34	30	43	7	20	28	48	4	20	29	48	5	18
B ₁	42—54	13	71	2	14	12	68	2	18	22	57	4	17
B ₂	75—85	10	72	1	17	4	78	3	15	9	76	4	11
B ₃	100—110	6	81	1	12	5	81	3	11	8	75	4	13
III. Почва высокоокультуренная (р. 721)													
A _п	3—13	35	65	—	—	18	59	сл	23	10	71	3	16
A _п	20—30	30	45	3	23	27	50	сл	23	23	49	5	23
A ₁ A ₂	35—45	48	29	1	22	48	26	2	24	39	35	4	22
A ₂ B ₁	55—65	32	45	3	20	34	38	3	25	42	18	9	31
B ₂	85—95	18	64	2	16	5	73	2	20	12	60	6	25
B ₃ C	130—140	12	72	1	15	—	79	1	20	3	72	5	20

* См — смектит; Вт — вермикулит; Гс — гидрослюды, Хт — хлорит; Кт — каолинит.

В исследуемых песчаных почвах разной степени окультуренности в агрегированных и прочносвязанных фракциях ила находятся (или содержатся в большом количестве) минералы с высоким некомпенсированным зарядом в набухающих пакетах (смектиты) и (или) повышенной степенью структурной неупорядоченности (слюды-гидрослюды), которые, взаимодействуя с органическим веществом (активный гумус), образуют глино-гумусовые водопрочные микроагрегаты. Заметную роль играют и несиликатные полутораокси железа и алюминия, участвуя в формировании глино-гидрокси-гумусовых комплексов.

Таким образом, характером и направленностью трансформаций минералогического состава категорий почвенного ила при окультуривании обусловлено создание благоприятных условий для связывания органических и минеральных веществ в микроагрегаты, причем в высокоокультуренной почве на суглинке условия наиболее благоприятны и соответственно максимум агрегированности приходится на фракцию ила Б [4], а в высокоокультуренной песчаной — на ил В. Особое значение в образовании водопрочных микроагрегатов имеет ежегодный привнос в почвы приусадебных участков больших (более 50 т/га навоза) количеств свежей органики, богатой химически активными органическими веществами. Несмотря на то, что макроструктура почв при окультуривании мало изменяется, прирост в высокоокультуренных почвах массы водопрочных микроагрегатов благоприятно сказывается на воднофизических и других важных для плодородия свойствах почв.

Выводы

1. Влияние окультуривания на структурное состояние и улучшение водно-физических свойств береговых горизонтов дерново-подзолистых песчаных почв заключается, главным образом, в увеличении количества водопрочных микроагрегатов — глино-гумусовых и глино-гидроксигумусовых комплексов (в одноагрегированный и прочносвязанный плы).

2. Основными факторами усиления агрегации плы в деятельных слоях окультуренных почв наряду со свежим органическим веществом (активный гумус) являются глинистые минералы с повышенной степенью структурной неупорядоченности (деградированные слюда-гидро-слюды) и (или) с высоким некомпенсированным зарядом в набухающих пакетах — смектиты, вермикулиты, а также несиликатные полутораоокиси железа и алюминия. По мере окультуривания агрегирующая роль органических веществ и указанных глинистых минералов возрастает, а полутораоокисей — существенно уменьшается.

Список литературы

1. Горбунов Н. И. Минералогия и физическая химия почв. М., 1978.
2. Горбунов Н. И., Градусов Б. П. // Почвоведение. 1979. № 3. С. 110.
3. Гагарина Э. И., Чижикова Н. П. // Там же. 1984. № 10. С. 5.
4. Тихонов С. А. // Почвоведение и агрохимия. Мн., 1988. Вып. 25. С. 30.
5. Богдевич И. М. // Там же. 1985. Вып. 21. С. 3.
6. Агрохимические методы исследования почв. М., 1975.
7. Сергеенко В. Т. // Тез. докл. VI делегат. съезда почвоведов СССР. Тбилиси, 1981. Кн. 1. С. 121.
8. Семенов Н. Н., Тихонов С. А. // Почвенные исследования и применение удобрений. Мн., 1985. Вып. 16. С. 14.
9. Плакхия Д. М. Минералогический состав песчаных почв юга лесной зоны Европейской части СССР: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 1987.
10. Хан Д. В. Органо-минеральные соединения и структура почвы. М., 1969.

УДК 574.63:504.05(476)

В. П. РОМАНОВ, С. А. БОЙКОВА

ЛИМНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ИХТИОМАССЫ И ОПТИМАЛЬНЫХ УЛОВОВ НА ОЗЕРАХ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

Настоящая работа является продолжением исследований по определению природного потенциала озерных водоемов, под которым понимается самоорганизующийся уровень трофии водоема, развивающегося в естественных условиях, и выражающийся определенными биохимическими показателями.

В качестве параметра по определению потенциальной ихтиомассы и оптимальных уловов использован морфоэдафический индекс (МЭИ) — эмпирически выведенная зависимость для быстрого определения рыбных запасов озер умеренной зоны [1]. МЭИ выводится из отношения двух лимнических показателей — общей минерализации к средней глубине озера. До определенного предела с увеличением этого индекса увеличивается вылов рыбы на единицу площади водоема. В настоящее время МЭИ применяется для озер различных климатических зон. Положительная оценка метода и опыт применения МЭИ для условий нашей страны представлены в [2]. Рассматриваемые нами озера как объекты исследования отвечают требованиям использования МЭИ, указанным в [3].

Для озерных водоемов Белорусского Поозерья характерен широкий диапазон показателей средних глубин и общей минерализации. Наивысшие значения средних глубин свойственны мезотрофным глубоким с признаками олиготрофии озерам, где этот показатель колеблется в пределах от 5,2 м — оз. Белое (Бешенковичский район) до 18,5 м в оз. Велье. Минимальные значения, свойственные эвтрофным мелководным и дистрофирующим озерам, — 0,3—3,5 м.

Величины общей минерализации в озерах, не подверженных антропогенному воздействию, колеблются в пределах от 25 до 350 мг/л.

С использованием фондовых материалов сотрудники ОНПЛ озераведения БГУ им. В. И. Ленина произвели расчеты МЭИ для водоемов Белорусского Поозерья площадью свыше 0,5 км², как развивающихся в естественном состоянии, так и подверженных антропогенному воздействию (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики МЭИ разнотипных озер Белоруссии

Типы озер		Характеристики МЭИ		Число озер
		среднее арифметическое значение	коэффициент вариации, %	
Мезотрофные, глубокие	1	18,6	29,5	16
с признаками олиготрофии	2	25,8	30,1	11
Мезотрофные,	1	25,9	32,1	9
среднеглубокие	2	33,4	28,3	12
Эвтрофные,	1	35,2	21,2	5
среднеглубокие	2	41,1	17,2	16
Эвтрофные,	1	43,6	37,5	24
неглубокие	2	50,7	35,1	78
Эвтрофные,	1	85,2	34,5	25
мелководные	2	105,2	43,6	57
Дистрофирующие	1	86,9	88,2	15
	2	127,1	68,0	13
Низкоминерализованные	1	14,4	43,0	6

Примечания: 1 — озера, развивающиеся в естественных условиях; 2 — озера, подверженные отрицательному антропогенному воздействию.

Наименьшие значения МЭИ присущи низкоминерализованным и мезотрофным глубоким с признаками олиготрофии озерам. Обладая близкими величинами индекса, две эти группы озер имеют различные исходные данные расчетов. Как уже отмечалось выше, для мезотрофных глубоких озер характерны высокие значения средних глубин, которые определяют знаменатель МЭИ. В то же время для низкоминерализованных водоемов свойственны невысокие показатели минерализации, которые составляют числитель МЭИ этой группы озер. Таким образом, несмотря на то, что значения МЭИ низкоминерализованных и мезотрофных озер близки, генетически они разнородны.

Для остальных озер, не подверженных антропогенному воздействию, с повышением уровня трофности значения МЭИ увеличиваются от 33 у мезотрофных среднеглубоких до 85 у эвтрофных мелководных. Это происходит за счет как увеличения минерализации, так и уменьшения показателей средней глубины. Обращает на себя внимание стабильность средних величин МЭИ для всех типов озер, о чем свидетельствуют коэффициенты вариации в пределах 30—35 %. Исключение составляют дистрофирующие озера, где варьирование показателей характеризуется как высокое.

Согласно [2], построена кривая зависимости величины ихтиомассы от морфоэдафического индекса для зоны смешанных лесов. Установлено, что ихтиомасса возрастает до значения МЭИ, равного 50, а затем резко падает (рис. 1).

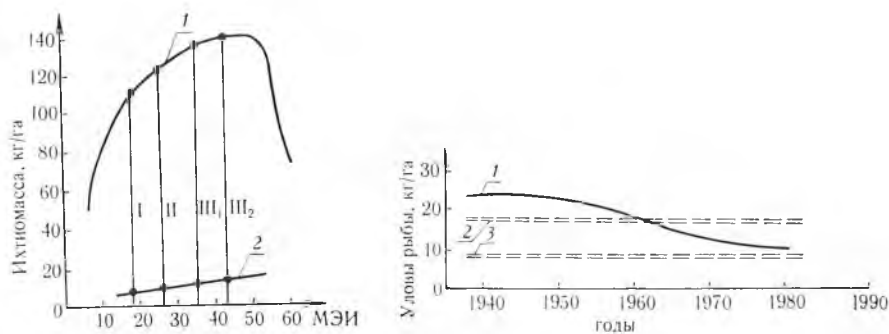


Рис. 1. Значения потенциальной ихтиомассы и допустимого (оптимального) вылова для разнотипных озер Белорусского Поозерья:

1 — зависимость ихтиомассы от МЭИ [2] для зоны смешанных лесов; 2 — допустимый (оптимальный) вылов; озера: I — мезотрофные глубокие; II — мезотрофные среднеглубокие; III₁ — эвтрофные среднеглубокие; III₂ — эвтрофные неглубокие

Рис. 2. Реальные и оптимальные уловы на озерах Белоруссии:

1 — динамика уловов [5]; 2 — оптимальный вылов для эвтрофных неглубоких озер; 3 — оптимальный вылов для мезотрофных глубоких озер

Проецируя значения МЭИ на указанную кривую, можно получить величины потенциальной ихтиомассы для разнотипных озер Белорусского Поозерья. Они колеблются в пределах от 110 кг/га для мезотрофных глубоких озер до 140 кг/га для эвтрофных неглубоких. Сюда не включены низкоминерализованные и дистрофирующие озера (МЭИ соответственно 14,4 и 86,9), поскольку они генетически не связаны с мезотрофно-эвтрофным рядом водоемов. В этот график не вошли также эвтрофные мелководные озера в силу того, что их значение МЭИ, равное 85,2, находится за пределом значения морфоэдафического индекса в 50 единиц, после которого идет резкое снижение величины ихтиомассы.

В [2] приведен ряд уравнений по расчету допустимого вылова рыбы из озерного водоема. Для упрощения вычисления и использования метрических единиц измерения предложена форма $y = 2\sqrt{x}$, где y — годовой вылов рыбы, кг/га; x — морфоэдафический индекс. Согласно приведенному уравнению рассчитали допустимые уловы для разнотипных озер Белорусского Поозерья и приняли их за оптимальные. Они составили от 8,6 кг/га для мезотрофных глубоководных до 13,2 кг/га для эвтрофных неглубоких водоемов (см. рис. 1).

По данным [5], средний выход рыбопродукции из естественных водоемов Белоруссии довольно низкий. Промысловая рыбопродуктивность облавливаемых озер в 1937 г. составляла 24,3 кг/га, в 50-х гг. — 21 кг/га. Но уже в 1960—1965 гг. она снизилась до 15,7 кг/га, в 1966—1970 гг. — до 13,1 кг/га, в 1971—1975 гг. — до 12,7 кг/га, 1976—1980 гг. — до 10,8 кг/га, в 1980 г. — до 9,8 кг/га.

Приняв величину в 13 кг/га за максимально допустимый годовой улов рыбы для озер (оптимальное расчетное значение для эвтрофных неглубоких водоемов), можно констатировать, что до периода 1966—1970 гг. осуществлялся значительный перелов на озерах республики, который в дальнейшем привел к подрыву рыбопродуктивности и, как следствие, к резкому спаду уловов в настоящее время (рис. 2).

Сравнивая значения МЭИ для озер, развивающихся в естественном состоянии и подверженных антропогенному воздействию, следует отметить, что этот показатель увеличился за последние 10—15 лет в среднем в 1,2—1,4 раза, что произошло в основном за счет увеличения минерализации озер (см. табл. 1). При кажущейся благоприятной тенденции увеличения показателя МЭИ в пользу ихтиомассы озерных водоемов необходимо отметить, что увеличение минерализации в 2—4 раза происходит в основном за счет хлоридов, сульфатов и аммония. При сохраняющейся динамике увеличения минерализации озерные водоемы Белоруссии в ближайшие 15—20 лет могут достигнуть критической величины МЭИ, за пределами которой произойдет резкое сокращение ихтиомассы.

Таблица 2

Реальные и оптимальные уловы рыбы
в озерах Браславской группы, кг/га

Озера	Среднегодо- вой улов за период 1974—1986; кг*.	Оптимальный улов рыбы, согласно МЭИ	Соотношение реального и оптимального уловов
Болойсо	11,4	12,1	0,9
Войсо	19,3	8,0	2,4
Волосо Северный	5,6	9,6	0,6
Волосо Южный	5,6	7,7	0,7
Дривяты	21,8	11,1	2,0
Недрово	23,6	12,9	1,8
Неспиш	15,7	14,8	1,1
Новято	24,1	19,1	1,3
Потех	25,5	16,6	1,5
Снуды	6,0	12,7	0,5
Струсто	6,5	10,6	0,6

* По данным Белрыбвода.

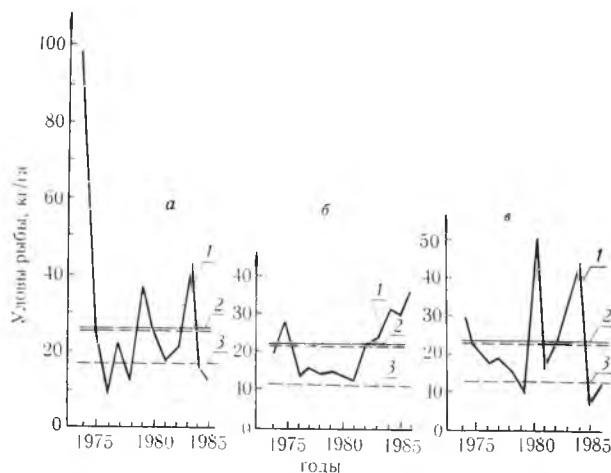


Рис. 3. Соотношение реальных и допустимых (оптимальных) уловов в озерах Потех (а), Дривяты (б), Недрово (в):

1 — динамика вылова рыбы по годам (данные Белрыбвода); 2 — среднегодовой вылов за указанный период; 3 — допустимый (оптимальный) вылов

Наряду с этим существует угроза достижения опасных для рыб концентраций хлоридов и аммония. Иными словами, неблагоприятная тенденция перелова на озерах Белоруссии усугубляется накоплением загрязняющих веществ, что неминуемо приведет к серьезным последствиям для ихтиофауны республики.

Произведена оценка использования МЭИ в целях оптимизации улова на примере Браславских озер. Среднегодовые уловы колеблются в значительных пределах: от 6,0 кг/га на оз. Снуды до 25,5 кг/га на оз. Потех (табл. 2). Межгодовые колебания величины улова также значительны (рис. 3). Например, если на оз. Потех улов рыбы в 1974 г. составил более 90 кг/га, то в 1976 г. только 8 кг/га.

При сравнении показателей реального и оптимального уловов установлено, что на большинстве озер облов осуществляется интенсивно и

находится на пределе возможного, а на озерах Войсо, Дривяты и Недрово осуществляется значительный перелов — в 2 и более раза (см. табл. 2).

Исходя из вышензложенного можно сделать следующие выводы:

1. Значения морфоэдафического индекса озер Белорусского Поозерья хорошо согласуются с величинами МЭИ для других водоемов зоны смешанных лесов. Этот показатель не репрезентативен для низкоминерализованных и дистрофирующих водоемов, а также для эвтрофных мелководных озер.

2. В настоящее время осуществляется значительный перелов на озерах республики, что наряду с загрязнением приведет к серьезным и необратимым последствиям для ихтиофауны.

3. Максимальные уловы должны устанавливаться индивидуально для каждого водоема, согласно МЭИ. В озерах, где реальные уловы превышают оптимальные величины, интенсивность вылова должна быть снижена.

4. Увеличение рыбной отдачи на озерах Белоруссии можно получить только за счет организации интенсивного рыбного хозяйства на специально отведенных для этих целей водоемах.

Список литературы

1. Ryder R. A. // Trans. Amer. Fish Soc. 1965. V. 94. № 3. P. 214.
2. Китаев С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М., 1984.
3. Henderson H. F., Ryder R. A., Kudhoganian A. W. // Techn. conf. on fishery management and development: FAO. Vancouver, 1973.
4. Якушко О. Ф. Белорусское Поозерье. Мн., 1971.
5. Жуков П. И. Рыбные ресурсы Белоруссии. Мн., 1983.

УДК 551.435.36

В. Е. ЛЕВКЕВИЧ, А. М. МАКРИЦКИЙ

УСЛОВИЯ И ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БЕРЕГОВ ЕСТЕСТВЕННЫХ ОЗЕР, НАХОДЯЩИХСЯ В ПОДПОРЕ

В водохозяйственном строительстве наметилась тенденция использования естественных озер в качестве источников водоснабжения, для мелиорации, рыборазведения, рекреации и т. д. С целью увеличения водоотдачи озер на вытекающих водотоках строятся подпорные гидротехнические сооружения, дамбы, плотины, которые повышают уровень в озере на 0,5—3,5 м [1, 2]. При подъеме уровня воды выше средневекового естественного озера становится водохранилищем озерного типа, в котором происходят изменения в режимах волнений, течений, колебаний уровней и в других внутриводоемных процессах. В береговой зоне начинает проявляться ряд негативных явлений, таких, как переработка берегов, подтопление и заболачивание прилегающих территорий. Наиболее интенсивно развиваются процессы абразии, аккумуляции, эрозии.

Абразия берегов протекает в различных формах, которые ведут к образованию тех или иных типов береговых склонов. В зависимости от грунтов, слагающих коренные берега озер, возможно развитие абразионных процессов: осыпных — на рыхлых песчаных отложениях; обвальных — на полусвязных и связных (супеси, суглинки и глины); оползневых — на массивах супесей, залегающих на прослоях глин, суглинков. По выполненным оценкам [2—4], абразионные берега на водохранилищах республики составляют от 10 до 40 % протяженности береговой линии водоема, в том числе на озерах-водохранилищах до 17 % (Лепельское).

Озерные водохранилища Белоруссии относятся к классу малых водоемов. Их береговые склоны, подверженные абразии, имеют те же

особенности, что и абразионные склоны русловых и наливных водохранилищ. Формы поперечных профилей аналогичны у всех типов созданных водоемов:

ширина надводной части отмели изменяется от 1,0 до 2,5 м;

профиль контура подводной части отмели выпуклый или близкий к прямолинейному;

подводная часть отмели образуется в основном за счет врезки в коренной берег;

глубина на внешнем краю отмели зависит от параметров ветрового волнения (высота волны $h_{1\%}$) и амплитуды колебания уровней в безледный период ($A_{бл.}$) и определяется по зависимостям [5] для водоемов с величиной $A_{бл.} > 0,5$ м:

$$H_{вн.} = 0,865 - 0,50 A_{бл.} + 1,34 h_{1\%}; \quad (1)$$

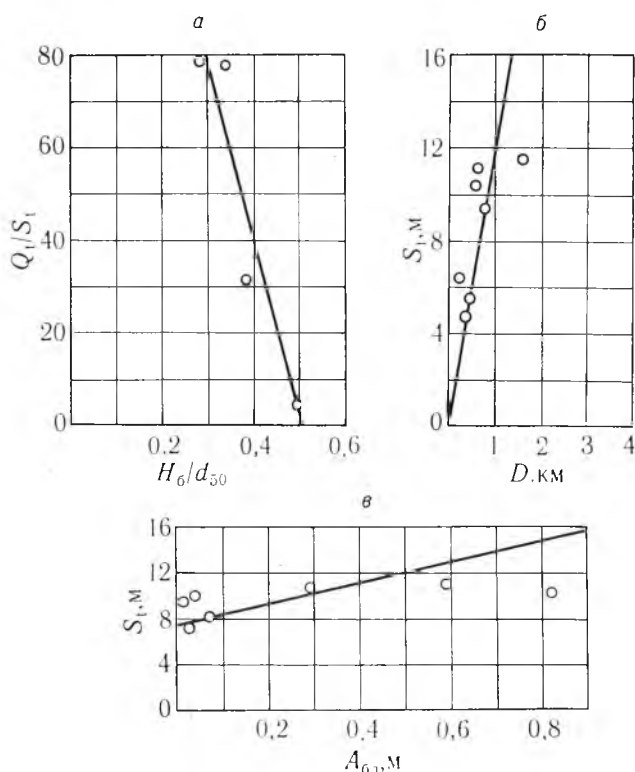
для водоемов с $A_{бл.} < 0,5$ м:

$$H_{вн.} = 0,420 + 0,627 A_{бл.} + 0,272 h_{1\%}. \quad (2)$$

Таблица 1

Характеристики размываемых береговых склонов

Название водохранилища	Тип водоема	S_L , м	Q_L , м ³ /пм	$B_{НЛ}$, м	$B_{ПЛ}$, м
Заславское	русловое	10,0	11,70	0,9	14,90
Лепельское	озерное	9,0	27,00	0,5	30,00
Цнянское	наливное	3,0	1,50	0,5	2,50



Зависимости между элементами профиля переработки и характеристиками берегообразующих факторов:
 S_L — линейная переработка, м; Q_L — объемная переработка, м³/м; H_0 — высота берега, м; d_{50} — средний диаметр слагающих частиц, мм; D — длина разгона волны, км; $A_{бл.}$ — амплитуда колебания уровня в безледный период, м

В табл. 1 для сравнения приведены некоторые характеристики береговых склонов, подверженных переработке в условиях водохранилищ различных типов.

Известно, что переработка берегов — это многофакторный процесс [6—8], на развитие которого оказывают влияние гидрологический режим, условия залегания грунтов, литология, морфология и геология береговых склонов (см. рисунок).

Таблица 2

Корреляционная матрица вида $Y_n = f(x_n)$

Элементы профиля переработки	$x_1(D)$	$x_2(h_{1\%})$	$x_3(A_{бл.})$	$x_4(H_б)$	$x_5(i_б)$	$x_6(h_D)$	$x_7(d_{60})$	$x_8(H)$
$Y_1(S_t)$	0,69	0,69	0,72	0,92	—0,76	—0,60	0,72	0,70
$Y_2(Q_t)_2$	0,68	0,62	0,67	0,77	—0,75	—0,60	0,71	0,69
$Y_3(B_{Hl})$	...	...	...	...	...			
$Y_4(B_{Pl})$	...	...	...	...				
$Y_5(i_{Hl})$	...	...	...					
$Y_6(i_{Pl})$	...	...						

Таблица 3

Статистические характеристики берегообразующих факторов и условий

Параметр	Коэффициенты	
	вариации C_V	асимметрии C_S
Высота волны ($h_{1\%}$)	$C_{Vh}=0,45$	$C_{Sh}=0,01$
Скорость ветра (W_{10})	$C_{VW}=0,51$	$C_{SW}=0,02$

Нами установлено, что интенсивность процесса берегоформирования и устойчивость береговых склонов в условиях малых водохранилищ, в том числе и озерных, зависят от ограниченного числа факторов и условий [9]. Проведение экспертной процедуры с помощью метода Делфи (Delfi), а также регрессионного анализа с использованием ЭВМ позволило составить корреляционную матрицу вида $Y_n = f(x_n)$ (табл. 2), где Y_n — элемент профиля; x_n — фактор. Выполнение операции ранжирования и группировки факторов и условий позволило получить комплексные характеристики гидрологического режима и морфометрии водоема, а также формы берегового склона и грунтов.

Параметры, входящие в эти характеристики, носят устойчивый характер, имеют незначительную положительную асимметрию (коэффициент асимметрии C_S) и малую вариацию (коэффициент вариации C_V) (табл. 3). Это говорит о стабильности распределения выборок, надежности и информативности анализируемых параметров. Эти особенности использованы нами при разработке основных положений метода аналогий, который можно применять при прогнозе переработки берегов.

В основу методики аналогового прогнозирования положен принцип соблюдения критериев подобия между аналогом и объектом прогнозирования. В случае выполнения прогнозирования критерием подобия объект прогнозирования, т. е. участок берега, подверженный переработке на прогнозном водохранилище, будет адекватным соответствующему участку на объекте-аналоге. Аналоговое моделирование широко используется в условиях крупных водохранилищ [6, 10, 11] и в меньшей степени в условиях малых [12], и то лишь в последнее время.

С учетом выполненного ранжирования и систематизации берегообразующих факторов были получены критерии подобия [12], которые можно

использовать в практике прогнозирования береговых процессов в условиях малых водохранилищ, в том числе и озерного типа.

Адекватность прогноза, выполняемого на прогнозируемом объекте и модели-аналоге, обеспечивается посредством использования критерия подобия вида [12]:

$$\left. \begin{aligned} M_{KH} &= D/H_D \\ M_A &= h_{1\%}/A_{бл.} \\ M_d &= H_б/d_{50} \end{aligned} \right\} \text{idem,} \quad (3)$$

где M_{KH} , M_A , M_d — соответственно морфометрическая, гидрологическая и геоморфологическая составляющие; D — длина разгона волны (для озеровидных и наливных бьефов $D = B$, где B — средняя ширина водного объекта); H — средняя глубина; $h_{1\%}$ — высота волны 1 % обеспеченности; $A_{бл.}$ — амплитуда колебаний уровня в водохранилище в безледный период; $H_б$ — высота берегового склона; d_{50} — средний диаметр частиц грунта, образующего берег.

Численные значения M_{KH} , M_A , M_d варьируют в пределах: $M_{KH} = (687,0 \div 875,0)$; $M_A = (0,33 \div 1,50)$; $M_d = (1630,0 \div 1670,0)$. Наличие критерия подобия позволяет применять метод натурального подобия для водохранилищ любого типа с учетом параметра T — периода эксплуатации объекта прогноза и аналога и t_1 — стадии развития процесса.

Определение берегообразующих факторов и условий, способствующих потере устойчивости береговых склонов при зарегулировании озер, позволило разработать критерий подобия, который может использоваться при прогнозировании береговых процессов на водохранилищах озерного типа методом аналогий.

В качестве примера выполнения прогноза методом натурального подобия приводится расчет деформаций береговых склонов для водных объектов различных типов: наливного и озерного. В соответствии с вариантом прогноза наливное водохранилище — озерное водохранилище аналогом является водохранилище наливного типа Локтыши, объектом прогноза — озерное водохранилище Погост. Для соблюдения адекватности прогноза по водохранилищу-аналогу и объекту прогноза произведен расчет комплексного критерия подобия (3). Численные значения критерия (3) подтверждают подобие процессов, протекающих в береговой зоне рассматриваемых водоемов:

водоем-аналог $M_{KH} = 695,0$; $M_A = 0,80$; $M_d = 1638,0$;

водоем-прогноза $M_{KH} = 705,0$; $M_A = 0,70$; $M_d = 1640,0$.

Полученные значения критерия (3) позволяют принять величину деформаций откоса дамбы для озерного водохранилища Погост равной деформации откоса дамбы на водохранилище Локтыши, т. е. $S_t = 6,50$ м. Натурные съемки, выполненные по этим объектам в 1988—1989 гг., подтвердили достоверность прогноза, которая составила 14 %, что является приемлемым для инженерных расчетов.

Список литературы

1. Якушко О. Ф., Мысливец И. А., Рачевский А. Н. и др. Озера Белоруссии. Мн., 1988. С. 216.
2. Широков В. М., Макрицкий А. М. // Вопросы прикладной геоморфологии. Мн., 1988. С. 47.
3. Левкевич В. Е. // Водное хозяйство и гидротехническое строительство. Мн., 1988. Вып. 17. С. 105.
4. Широков В. М., Лопух П. С. Формирование малых водохранилищ гидроэлектростанций. М., 1986. С. 144.
5. Левкевич В. Е. // Вопросы гидрологических исследований в Сибири. Тр. Зап. СибНИИ. М., 1986. С. 92.
6. Пышкин Б. А. Динамика берегов водохранилищ. Киев, 1973. С. 413.
7. Финаров Д. П. Геоморфологический анализ и прогнозирование переформирования береговой зоны и дна водохранилищ. Л., 1986. С. 232.

8. Максимчук В. Л. Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ. Киев, 1981. С. 112.
9. Левкевич В. Е. // Охрана окружающей среды. Мн., 1985. С. 52.
10. Булах В. Л. // Гидротехническое строительство. 1958. № 3. С. 34.
11. Розовский Л. Б. // Тр. совещ. по динамике берегов морей и водохранилищ. Одесса, 1959. Т. 1. С. 29.
12. Левкевич В. Е. // Проблемы комплексного использования, мелiorации и охраны водно-земельных ресурсов. Киев, 1985. С. 5.

УДК 551.481.1(476)

И. А. МЫСЛИВЕЦ, М. А. МЕЛЕШКО, Л. Е. ЛЕШКОВИЧ

АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА БРАСЛАВСКИХ ОЗЕР

По степени антропогенного эвтрофирования озера Белоруссии разделяются на три основные группы: с сильной (I), средней (II), слабой (III) степенью антропогенной трансформации [1]. К I группе в Браславской системе относятся гиперэвтрофные озера, являющиеся приемниками городских промышленных отходов и сбросов крупных животноводческих комплексов. Во II группу объединены озера различных генетических типов, расположенные среди распаханых полей и вблизи небольших населенных пунктов. Вода в них относительно чистая и может быть использована для бытовых и производственных нужд, в рекреационных целях. Наиболее чистые озера, расположенные в лесных ландшафтах, непосредственно не затронутых деятельностью человека или в частично окультуренных ландшафтах, относятся к III группе.

Среди Браславских озер находят распространение все группы антропогенной трансформации. Характер изменений, происходящих в озерах, зависит от таких показателей, как направление хозяйственной деятельности в пределах малого водосбора, морфология котловины, уровень трофии озера, взаимодействие между водосбором и озером. В Браславской группе выделены следующие типы озер: мезотрофные с признаками олиготрофии (глубокие, небольшие); мезотрофные (среднеглубокие, значительные по площади); эвтрофные (неглубокие и мелководные с разной площадью); гиперэвтрофные (мелководные, небольшие). Разнообразие типов озер в условиях единой природной зоны обусловлено сочетанием азональных факторов. К их числу относятся морфологические параметры озер и возникающие под их влиянием гидродинамические особенности водной массы, во многом определяющие окислительно-восстановительные условия и устойчивость озерных экосистем. Устойчивость водоемов к антропогенному воздействию зависит также от интенсивности хозяйственного использования малого водосбора, который представляет собой часть общего водосбора, прилегающего непосредственно к озеру в пределах границ склонового стока и оказывающего на озеро непосредственное влияние за счет поступления талых, дождевых и ручьевых вод [2]. Степень освоенности малого водосбора (относительный показатель, характеризующий степень антропогенного воздействия на озеро) рассчитывается путем отношения освоенной площади малого водосбора к длине береговой линии и выражается в процентах [3].

В мезотрофных озерах с признаками олиготрофии незначительные колебания гидрохимических показателей за 20-летний период (1968—1988 гг.) свидетельствуют об относительной устойчивости их гидрохимического режима (таблица) при незначительной освоенности малого водосбора (Волосо Южный). При увеличении этого показателя и резко выраженной стратификации водной массы (Волосо Северный) содержание биогенных элементов, главным образом аммонийного азота, соединений железа общего, возрастает в 8—10 раз, содержание кислорода в придонном слое понижается до нуля, количество углекислого газа достигает 100 мг/л, что является показателем антропогенного воздействия, появившегося главным образом в результате влияния сбросов с живот-

Средние летние гидрохимические показатели озер Браславской группы

Озеро	Дата	Глубина отбора, м	Прозрачность, м	Цветность, м	pH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	Окисляемость перманганатная, мг/л	Общая минерализация, мг/л	Тип озера
						мг/л								
Болдойсо	1968—72	поверхность	3,6	15	8,10	140,3	1,1	4,1	0,04	0,001	0,06	6,1	188,1	Мезотрофное, среднеглубокое
		дно		20	7,60	146,4	1,9	6,2	0,04	0,009	0,06	4,8	194,7	
	1987—88	поверхность	0,6	40	8,63	158,6	11,2	24,2	0,05	0,015	0,07	10,4	240,8	
		дно		60	7,20	195,2	11,9	26,5	2,2	0,570	2,00	8,2	320,5	
Волосо Южный	1968—72	поверхность	6,5	10	8,15	131,5	3,8	8,0	0,03	0,005	0,08	4,1	180,9	Мезотрофное, с признаками олиготрофии, глубокое
		дно		15	7,50	136,9	3,8	6,8	0,04	0,015	0,08	3,5	188,5	
	1979	поверхность	6,6	15	8,20	140,3	5,7	9,8	0,02	0,008	0,09	4,7	180,5	
		дно		15	7,90	146,4	5,8	9,4	0,02	0,013	0,07	4,8	190,3	
	1987—88	поверхность	6,0	5	8,06	134,2	10,3	9,5	0,05	0,010	0,01	3,9	196,9	
		дно		5	7,30	134,2	10,3	9,9	0,01	0,014	0,01	2,6	198,5	
Дривяты	1968—72	поверхность	2,5	25	8,25	146,4	1,9	7,8	0,02	0,020	0,35	7,7	182,7	Эвтрофное неглубокое
		дно		40	7,92	150,0	1,6	7,9	0,09	0,018	0,24	8,5	192,8	
	1979	поверхность	2,5	30	8,56	152,5	7,9	11,9	0,01	0,008	0,07	6,4	210,3	
		дно		40	7,44	152,5	7,9	12,7	0,16	0,040	1,10	6,6	220,1	
	1987—88	поверхность	2,5	40	8,52	189,1	11,3	19,9	0,11	0,0	0,01	11,0	274,4	
		дно		60	7,71	176,9	11,3	13,4	0,08	0,290	1,25	11,4	256,5	
Новято	1973	поверхность	0,6	40	8,49	140,3	19,4	7,4	0,08	0,024	0,01	8,7	210,6	Эвтрофное мелководное
		дно			7,92	152,5	21,4	6,6	0,08	0,049	0,10	8,9	280,4	
	1987—88	поверхность	0,5	50	8,68	213,5	28,4	18,0	0,25	0,065	0,02	13,6	315,1	
		дно		60	7,57	207,4	27,7	22,4	0,22	0,600	2,16	11,1	317,3	

Озеро	Дата	Глубина отбора, м	Прозрачность, м	Цветность, град.	pH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	Окисляемость перманганатная, мгО/л	Общая минерализация, мг/л	Тип озера
						{ мг/л								
Потех	1968—72	поверхность	1,5	10	8,20	166,0	6,7	9,6	0,04	0,018	0,19	7,2	290,9	Эвтрофное мелководное
		дно		25	7,80	172,8	7,6	8,9	0,50	0,046	0,20	7,7	295,5	
	1979	поверхность	1,1	40	8,80	172,8	13,2	13,6	0,07	0,050	0,24	8,2	295,5	
		дно		100	7,10	176,9	10,5	15,9	4,81	0,135	1,67	10,7	295,5	
	1987—88	поверхность	0,7	50	8,13	183,0	13,8	12,0	0,14	0,011	0,01	13,6	267,8	
		дно		150	7,56	189,1	13,6	16,6	0,11	0,530	1,88	14,9	281,3	
Струсто	1968—72	поверхность	4,5	20	8,05	142,2	1,4	5,7	0,02	0,005	0,05	5,3	181,6	Мезотрофное среднеглубокое
		дно		30	7,05	147,6	1,6	5,3	0,03	0,006	0,16	5,0	187,9	
	1979	поверхность	4,0	20	8,40	149,4	4,8	14,3	0,02	0,008	0,05	5,2	203,7	
		дно		30	8,05	158,6	5,8	16,4	0,03	0,020	0,17	5,4	220,4	
	1987—88	поверхность	3,5	20	8,40	164,7	8,2	10,1	0,0	0,0	0,01	5,9	229,6	
		дно		40	7,75	164,7	7,8	10,0	0,07	0,026	0,01	5,3	229,6	
Волосо Северный	1968—72	поверхность	6,0	5	8,15	124,3	2,8	5,8	0,02	0,006	0,06	4,5	163,8	Мезотрофное, с признаками олиготрофии, глубокое
		дно		5	7,28	125,8	4,6	4,4	0,32	0,013	0,04	4,3	175,8	
	1979	поверхность	5,6	10	8,72	128,1	3,8	5,9	0,05	0,012	0,03	4,7	183,9	
		дно		10	7,18	134,2	4,6	7,2	1,82	0,087	0,40	4,4	199,6	
	1987	поверхность	5,1	10	8,90	128,1	9,2	11,0	0,0	0,0	0,10	4,5	194,8	
		дно		40	7,68	164,7	11,2	11,3	0,55	0,037	0,65	4,9	248,8	

новодческой фермы. Быстрый рост большинства гидрохимических показателей связан с большим объемом гипolimниона и восстановительными условиями на протяжении всего года.

Крупные озера мезотрофного типа (Струсто) отличаются стабильностью гидрохимических показателей, что связано как с высокой степенью ветрового перемешивания и постоянными окислительными условиями, так и со слабой хозяйственной освоенностью малого водосбора (6—10 %) [3]. В течение исследуемого периода практически остались неизменными показатели минерализации, фосфатов, аммонийного азота, соединений железа, перманганатной окисляемости. Несколько уменьшилась прозрачность воды (см. таблицу). Стабильность гидрохимических показателей водоемов этого типа поддерживается благодаря значительному распространению погруженных макрофитов, задерживающих в своих тканях биогенные элементы, поступающие с водосбора [4].

Значительному антропогенному воздействию подвергается оз. Болойсо — типичный мезотрофный водоем. В связи с поступлением сточных вод с очистных сооружений началась резкая перестройка всей экосистемы. В течение нескольких лет почти исчезли погруженные макрофиты, их защитная функция сведена до минимума. В связи с этим наиболее существенно нарушился газовый режим. Летом 1988 г. в поверхностном слое содержание кислорода составляло 115 % насыщения, с глубины 9 м кислород полностью отсутствовал. Значительно возросла общая минерализация за счет увеличения хлоридов и сульфатов. При очень низкой (0,6 м) прозрачности для водоема характерна повышенная цветность (60°) и перманганатная окисляемость (10,4 мгО/л). Среди биогенных элементов выделяются высокими показателями в зоне гипolimниона фосфаты (0,570 мг/л) и аммонийный азот — 2,00 мг/л.

Поведение гидрохимических показателей свидетельствует о процессе эвтрофирования, уменьшении способности самоочищения и переходе в стадию эвтрофного озера.

Эвтрофные неглубокие озера с большой площадью (Дривяты) при незначительном антропогенном воздействии благодаря усиленному ветровому перемешиванию и окислению органических веществ, а также значительному распространению водных растений сохраняют стабильность гидрохимического режима. Увеличение антропогенного пресса на озеро (ежегодный сброс около 400 тыс. м³ практически не очищенных сточных вод, а также поступление вод с территории г. Браслава) ухудшает гидрохимический режим водоема. Так, в летний сезон 1988 г. кислород отсутствовал с глубины 6 м, активная реакция достигала 8,52, в воде отмечено присутствие карбонатных ионов (4,5—10,5 мг/л). Постепенно увеличиваются показатели загрязнения озер: хлориды и сульфаты. Происходит накопление биогенных элементов в придонном слое, во всей водной толще возрастает количество органических веществ.

Многочисленную группу составляют эвтрофные неглубокие и мелководные водоемы небольшие по площади. Они являются наименее устойчивыми к антропогенной нагрузке. Сохранение их режима возможно лишь при условии слабой освоенности водосбора, значительной проточности и интенсивного ветрового перемешивания. Нарушение этих условий ведет к быстрому антропогенному эвтрофированию (Потех) и даже гиперэвтрофированию (Новято).

Для оз. Потех характерен небольшой, но интенсивно освоенный водосбор. Кроме того, в озеро до 1982 г. ежедневно поступало 95 м³ неочищенных сточных вод. Все это привело к тому, что газовый режим озера значительно ухудшился. В 1979 г. недонасыщение кислородом во всей толще составляло 40—60 %, минимум кислорода отмечен у ручья, по которому происходил сброс сточных вод. С глубины 4 м кислород отсутствовал полностью, одновременно значительно возросло количество СО₂ (более 100 мг/л), прозрачность воды уменьшилась до 1,1 м. Увеличились показатели общей минерализации на 40—60 мг/л, а биогенных элементов в 4—10 раз.

Несмотря на прекращение сброса сточных вод с 1982 г., экосистема оз. Потех практически не восстанавливается. Содержание кислорода в верхних слоях достигло 160—180 % насыщения, на глубине 4 м его количество уменьшилось до 10 % насыщения при значительном увеличении углекислого газа (60 мг/л). Одновременно прозрачность воды уменьшилась до 0,7 м при возрастании цветности до 150°, перманганатная окисляемость увеличилась до 15 мгО/л. В придонных слоях продолжают накапливаться фосфаты (0,530 мг/л) и аммонийный азот (1,88 мг/л).

В оз. Новято, сильно подверженном антропогенному эвтрофированию, кислородное насыщение в поверхностном слое достигало 130—150 %, но уже на 4-х м эта величина падала до 0,4 %, что объясняется процессами минерализации органического вещества. Прозрачность воды составляла 0,5 м. Общая минерализация достигла 315—317 мг/л, что значительно выше средней величины для озер этого типа, не подверженных антропогенному влиянию. Количество хлоридов превысило средние величины в 3 раза, сульфатов в 2 раза и составило соответственно 28 мг/л и 22 мг/л. Одновременно происходит накопление у дна фосфатов и аммонийного азота, что отражает общую тенденцию загрязнения озера.

В ближайшие годы хозяйственное использование воды, рыбных запасов, сапропелей, высшей водной растительности, зон отдыха по берегам озер Браславской группы значительно возрастет. На территории Браславского района планируется оросить 3 тыс. га земель, в основном из озер Дривяты, Недрово, Снуды. Забор воды составит до 2 млн м³ в год. Обратный сброс предполагается по магистральным каналам. Следовательно, привнос биогенных элементов намного увеличится. Важным пользователем на территории Браславского района будет рекреационное хозяйство. Планируемая зона отдыха включает строительство 4-х комплексов общей вместимостью до 10 тыс. человек одновременно. Нагрузка на озера значительно увеличится, если учесть, что количество отдыхающих возрастает с 25 до 80 тыс. Вынос фосфора в водоемы с зоны отдыха «Браслав», рассчитанный по формуле, предложенной Н. Я. Мироновой [5], составит 1,98 т за летний сезон, или 0,015 г/м² водной поверхности. Для сохранения режима Браславских озер необходимо полное прекращение сброса в них сточных вод.

Список литературы

1. Якушко О. Ф., Емельянов Ю. Н., Романов В. П. и др. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1981. № 2. С. 42.
2. Емельянов Ю. Н., Мысливец И. А., Романов В. П. // Антропогенное эвтрофирование природных вод. Черноголовка, 1983. С. 197.
3. Мысливец И. А. // Водные ресурсы Белоруссии и их охрана. Мн., 1982. С. 59.
4. Покровская Т. Н. // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1979. № 4. С. 37.
5. Миронова Н. Я. // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1976. № 2. С. 42.

УДК 308

В. Е. ЛЯХОВ

ЭЛЕКТОРАЛЬНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЫБОРОВ НАРОДНЫХ ДЕПУТАТОВ СССР 1989 г.

Итоги избирательной кампании и выборов народных депутатов СССР 1989 г.— совершенно новый для отечественной географии материал. Впервые представилось возможным исследовать политические процессы на общенациональном уровне, рассматривая человека в дополнение к традиционному «механическому» ракурсу еще и как личность, имеющую политическое измерение. Выборы такого характера у нас никогда не проводились, поэтому ни у электората, ни у кандидатов не было опыта

и традиций в этой области, а у исследователя — никаких динамических рядов для анализа.

Принципиальным оказался вопрос о том, кем же является кандидат от территориального избирательного округа: государственным деятелем, который делегирован данной территориальной общностью для решения общесоюзных проблем, представителем наиболее многочисленного в данной общности слоя или же парламентарием, стоящим на страже интересов данного района (даже в ущерб общесоюзным интересам). Ход выборов показал, что до просензации на окружных собраниях очень многие «кандидаты в кандидаты» подавали себя как политики либо второго, либо третьего типа, но после «сита» стали преобладать кандидаты первого типа. В этом сказались как острота многих насущных общесоюзных проблем, так и неожиданно высокий уровень сознательности электората. Правда, на повторных выборах и особенно на перевыборах внезапно и резко возросло число кандидатов второго типа — вероятно, как реакция на пониженное представительство некоторых массовых слоев (прежде всего, рабочих). Это, по-видимому, более адекватно отражает уровень политической зрелости электората, где еще живы предрассудки, согласно которым интересы «своего» слоя выше интересов общества и могут быть представлены только выходцем именно из этого слоя.

Проведение электорально-географического исследования затрудняла крайняя скудность информации. В широкой печати публиковались лишь сведения о сетке избирательных округов и о победителях с указанием их должности и партийности. В местной прессе были помещены официальные сведения об итогах выборов по каждому избирательному округу с указанием (к сожалению, далеко не всегда) числа избирателей, о явке их на выборы, о распределении голосов между кандидатами. Анализ местных газет дает возможность узнать и многое другое о ходе выборов, включая сведения о платформах кандидатов, их возрасте, национальности, должности. По избирательным округам отсутствует социально-экономическая информация. Правда, нарезка округов велась с соблюдением границ административно-территориального деления, что облегчило проведение выборов, хотя и вело к нарушениям правила «один человек — один голос». Зато оказалось возможным сопоставить данные о выборах с официальной статистикой, которая привязана к сетке административно-территориального деления. Однако общедоступен лишь небогатый набор данных по областям и городам с населением более 50 тыс. жителей.

Существенным моментом при проведении нарезки избирательных округов было распределение мандатов между республиками, исходя из численности только избирателей, и вовсе не по результатам переписи, а по приблизительным данным текущего учета населения. Если бы нынешние округа нарезались исходя из численности населения по переписи 1979 г., то пришлось бы из одних республик передать другим 14, а по переписи 1989 г. — даже 28 из 750 территориальных округов (в частности, сократить их число в РСФСР на 16, а Узбекистану, к примеру, добавить целых 13 округов). Тем не менее нынешнее распределение мандатов по республикам все же согласуется с действующим законом о выборах.

Иное дело — нарезка округов внутри республик. Здесь допущены сильнейшие отклонения в численности избирателей, грубые нарушения правила «один человек — один голос». Этот вопрос был поднят на Съезде народных депутатов СССР депутатом из Латвии В. И. Алкснисом. В этой республике существуют значительные различия между числом избирателей в сельских и городских национально-территориальных округах: в одном из малолюдных сельских округов оно составило 28 тыс., а в самом крупном из городских — 137 тыс. Поскольку в сельской местности преобладает латышское население, а представители прочих национальностей сосредоточены в городах, эти различия приобрели особенно большое политическое значение. Подобные различия имеются

и в других республиках и регионах. Это вызвано нежеланием «резать» областные границы. Так, в Ивановской области на 1145 тыс. избирателей выделено 4 округа, в среднем по 286,2 тыс. человек. Если бы такая же норма была выдержана и для Москвы, в последней было бы 24 округа, а не 26, как сейчас. Еще хуже представлены избиратели Иркутской, Костромской, Липецкой, Читинской областей РСФСР.

Недостатками избирательной системы объяснимо сильное отклонение представительства от нормативного в силу небольшой или некротной численности их населения. Например, Тувинской АССР выделено 1 место на 172,3 тыс. избирателей, а Камчатской области — 1 место уже на 346,5 тыс. избирателей. Но чем объяснить факты передачи Грузинской ССР как минимум двух лишних депутатских мест (16 мест на 3481,9 тыс. избирателей, или 1 место на 217 тыс.; если бы у Грузии было только 14 депутатских мест, и то норма представительства была бы ниже установленной — 248,7 тыс. избирателей) и недодачи по 1 месту Горьковской (283,1 тыс. избирателей — 1 место) и Крымской (296,8 тыс. избирателей — 1 место) областям? Или еще более странные пары областей и республик, в каждой из которых территория с меньшим числом избирателей представлена большим числом мест: Иркутская обл. (1890,0 тыс. избирателей, 7 мест) — Новосибирская обл. (1847 тыс., 8 мест); Псковская обл. (635,7 тыс., 3 места) — Якутская АССР (668,9 тыс., 2 места); Кировская обл. (1162,7 тыс., 5 мест) — Эстонская ССР (1165,2 тыс., 4 места); Кзыл-Ординская обл. (399,3 тыс., 1 место) — Уральская обл. (375,8 тыс. избирателей, 2 места).

Еще существеннее отклонения в нарезке округов внутри областей и городов. В Москве, например, пришлось разрезать три самых крупных района. При этом один из получившихся территориальных округов (№ 4) оказался рекордно малого размера по всей стране — всего 139 тыс. избирателей, тогда как в Московском округе № 14 их насчитывалось 380 тыс. В результате избиратели округа № 14 представлены на съезде хуже избирателей округа № 4. Неясно, что помешало разделить Перовский район столицы на примерно равные округа; почему в одном из образованных на его территории округов (№ 4) всего 139 тыс. избирателей, а в другом (№ 19) — 222 тыс. Вариация размеров округов в Москве составляет 22 %. Это очень много, но соседство больших и малых округов здесь таково, что снизить вариацию в рамках районной сетки невозможно. Таким образом, Москва оказалась едва ли не лучшим образчиком нелепости сохранения районной сетки при нарезке избирательных округов. Между тем уже теперь в Эстонии имеется опыт деления территории на округа без учета внутренних административных границ.

Об активности населения на выборах красноречиво свидетельствует доля избирателей, принявших участие в голосовании, — показатель, почти предельное значение которого в течение долгих десятилетий рассматривалось идеологами административно-командной системы как отражение полноты ее контроля над созданием электората [1]. Лишь в пяти республиках доля голосовавших осталась традиционно высокой: в Азербайджане (98,5 %), Грузии и Киргизии (по 97 %), Туркмении (96,1 %), Узбекистане (95,8 %). Несколько ниже она в Таджикистане (93,9 %), Казахстане (93,7 %), на Украине (93,4 %), в Белоруссии (92,4 %) и Молдавии (90,5 %); существенно ниже в Эстонии (87,1 %), РСФСР (87,0 %), Латвии (86,9 %) и Литве (82,5 %) и чрезвычайно низка в Армении (71,9 %).

Степень соизвместности на выборах отражает среднее число кандидатов в одном избирательном округе региона и доля округов с одним-трем и более кандидатами. Выделяются регионы с высокой социально-политической активностью населения: Прибалтика, Северо-Запад, Урал, Западная Сибирь, Дальний Восток, а также столицы и их области: Московская, Ленинградская, Киевская, Алма-Атинская. Здесь почти не было округов с одним кандидатом. На выборах 26 марта рекордное

число кандидатов баллотировалось в Гагаринском округе Москвы — 12, на повторных выборах «прославился» один из ленинградских округов, где в бюллетенях значилось более 30 кандидатур. При столь большом числе кандидатов повторные выборы неизбежны. Зато в целых регионах, главным образом в Казахстане, средне-азиатских республиках, в Тувинской АССР, Брянской области не было ни одного округа, в котором выборы проводились бы на конкурентной основе. Вряд ли это объяснимо просто стечением обстоятельств.

Степень единодушия избирателей по регионам страны оценивается превышением доли голосов, полученных победителем, над порогом в 50 %, преодолеть который требовалось кандидату, чтобы быть избранным. Единодушие избирателей при голосовании позволяет судить об интенсивности предвыборной кампании. Выделяются регионы, где на один мандат было выдвинуто больше всего кандидатов и чаще проводилось повторное голосование: Северо-Запад, Дальний Восток, Восточная Сибирь и в несколько меньшей степени Западная Сибирь, Урал, Латвия, ряд областей Донецко-Приднепровского района. Напротив, в Центральной России, в Поволжье, Закавказье, в Средней Азии, во многих областях Украины избранные депутаты, как правило, намного превосходили своих соперников по доле полученных голосов.

Представляет интерес балльная оценка кандидатов по избирательным округам в зависимости от положения в структуре управления [2]. Балл колеблется от 1 до 6. Единица — рядовое положение, не связанное с какими-либо руководящими функциями (электросварщик, доярка, врач, научный сотрудник, писатель и т. п.); двойка — место в нижних звеньях управления (бригадир, главврач, начальник отдела, офицер и т. п.); тройка — ранг руководителей предприятия (директор, председатель колхоза и т. п.) и секретарей райкомов. Когда речь идет об особо крупных предприятиях союзного значения или горкомах партии столиц, ранг кандидата соответствует четырем, однако в основном четырьмя баллами оцениваются ключевые должности областного звена управления (секретарь обкома, председатель облисполкома, командующий военным округом), а также руководителей общественных организаций и «рядовых» министерств. К оценке любых этих должностей добавляется один балл, если кандидат был на день выборов членом или кандидатом в члены ЦК КПСС. Пять баллов — должность руководителей ключевых союзных министерств или отделов ЦК КПСС. Шесть баллов — положение членов или кандидатов в члены Политбюро ЦК КПСС. В среднем по стране балл победителя в 1,5 раза выше балла побежденного. Негативная реакция на высокий служебный статус активно проявилась в северных и восточных регионах страны (северные области европейской территории РСФСР, Урал, Сибирь, Дальний Восток). В корне иная картина в Казахстане и Средней Азии.

Углубленный анализ выборов должен помочь определить границы территориальных общностей, поскольку выборы — мощное средство проявления близости интересов людей, проживающих на определенном пространстве. Практическое значение такой работы заключается в том, чтобы установить соответствие реальных границ в обществе административным.

Список литературы

1. Колосов В. А. Политическая география: проблемы и методы. Л., 1988. С. 192.
2. Ricknell L. Politiska regioner studier i regioindelningsproblematik. Umea, 1976.

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ БЕРЕГОВЫМИ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

В ряде работ [1—4] нами были обоснованы принципиальные возможности использования математической теории оптимального управления, основы которой заложил Л. С. Понтрягин и его ученики [5], применительно к современным геоморфологическим процессам.

Эволюция геоморфологических систем при внешнем воздействии постоянной интенсивности и благодаря наличию отрицательных связей направлена в сторону достижения динамического равновесия. Для перевода в наикратчайшее время такой геосистемы из начального состояния в равновесное нами была предложена задача оптимального быстрогодействия.

Такая задача решается для линейных систем и для них справедлива теорема о существовании оптимальных управлений и принцип максимума [5], что является не только необходимым, но и достаточным условием оптимальности. Для нелинейных же систем при осуществлении синтеза оптимальных управлений на основе принципа максимума нет уверенности в том, что найденные траектории действительно оптимальны [6]. В этой работе В. Г. Болтянского рассмотрен класс нелинейных систем, для которых может быть построен синтез оптимальных управлений, и к которому нам удалось свести важную в практическом отношении задачу из области динамики береговых процессов.

В основу положено уравнение баланса материала в основании клифа [1, 7, 8, 9]

$$\frac{dW}{dt} = af(W)H - kW, \quad (1)$$

где W — объем обломочного материала на единицу длины пляжа, m^2 ; $f(W)$ — скорость отступления клифа как функция от W ; a — доля пляжеобразующего материала в породах, слагающих берег; H — высота клифа, m ; k — коэффициент истираемости; t — время.

Введем в (1) новую переменную $\bar{W} = W - W_{eq}$, где W_{eq} — объем материала, соответствующий состоянию равновесия для (1). Продифференцировав по t и введя управляющий параметр u , придем к нелинейной системе уравнений, входящей в класс упомянутых выше [6] нелинейных систем:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{d\bar{W}}{dt} &= v; \quad \frac{dv}{dt} = af^i(\bar{W} + W_{eq})vH - k\bar{W} + u \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где $f^i(\bar{W} + W_{eq}) = df(\bar{W} + W_{eq})/d(\bar{W} + W_{eq})$; $|u| \leq 1$.

В природе имеет место более общее ограничение $|u| \leq B > 1$, но оно легко приводится к данному выше.

Задача оптимального быстрогодействия состоит в переводе точки $(\bar{W}_0 = W_0 - W_{eq}, v_0)$ в начало координат $(0,0)$ фазовой плоскости $(\bar{W}, v)$ за наикратчайшее время. Показано, что система уравнений (2) удовлетворяет ряду условий при некоторых ограничениях на фазовую координату, когда синтез оптимальных уравнений является качественно таким же, как и для линейной системы (объекта) $d^2\bar{W}/dt^2 = u$, т. е. каждое оптимальное управление принимает только значения $u = \pm 1$ и имеет не более одного переключателя («неосциллирующие объекты» по В. Г. Болотнянскому). Синтез этих управлений строится на основе двух дифференциальных уравнений для фазовых переменных $(\bar{W}, v)$ при $u = 1$ и при $u = -1$, которые получаются из системы уравнений (2) после деления второго уравнения на первое.

В заключение отметим, что рассматриваемая задача оптимального

быстродействия эквивалентна задаче минимизации расстояния, на которое отступает клиф в результате абразии:

$$s(t_1) = \int_0^{t_1} \varphi(W) dt = \min, \quad s(0) = 0.$$

Это следует из того, что функция $s(t)$ является монотонно возрастающей от времени.

Список литературы

1. Trofimov A. M., Moskovkin V. M. // Z. Geomorphol. 1985. В. 29. № 3. Р. 257.
2. Trofimov A. M., Moskovkin V. M. // 24th JCG Main Session "Abstracts". 1980. V. 1. Р. 125.
3. Широков В. М., Московкин В. М. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 51.
4. Широков В. М., Трофимов А. М., Московкин В. М. // Там же. 1990. № 1. С. 44.
5. Понтрягин Л. С., Болтянский В. Г., Гампрелидзе П. В., Мищенко Е. Ф. Математическая теория оптимальных процессов. М., 1961.
6. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления. М., 1969.
7. Широков В. М., Московкин В. М., Трофимов А. М. // Тез. докл. Всесоюз. н-т. совещ. по динамике берегов водохранилищ, их охраны и рационального использования. Черкассы, 1979. Кн. 7. С. 94.
8. Есин Н. В. О роли обломочного материала в абразивном процессе // Океанология, 1980. Т. 20. № 1. С. 85.
9. Широков В. М., Московкин В. М. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1990. № 3. С. 46.

Наши юбиляры



ВАДИМ ВАСИЛЬЕВИЧ СВИРИДОВ



Исполнилось 60 лет со дня рождения директора НИИ физико-химических проблем Белорусского государственного университета им. В. И. Ленина, заведующего кафедрой неорганической химии, академика АН БССР, доктора химических наук, профессора Вадима Васильевича Свиридова.

В. В. Свиридов родился 9 апреля 1931 г. в д. Вязьня Минской области. С 1947 г., после поступления на химический факультет Белгосунiversитета им. В. И. Ленина, жизнь и научная деятельность В. В. Свиридова неразрывно связаны с университетом, в общепризнанных успехах которого есть немалая доля и его труда. Еще в студенческие годы В. В. Свиридов проявил незаурядный талант исследователя, ищущего нетрадиционные пути в решении заинтересовавших его проблем в области фотохимии и химии твердых веществ. Разработка этих проблем на стыке физики и химии позволила В. В. Свиридову создать новое научное направление, результаты ис-

следований которого находят в настоящее время широкое применение в различных отраслях народного хозяйства.

Профессором В. В. Свиридовым и его учениками установлены закономерности формирования и роста частиц твердой фазы металла при фотоллизе, радиоллизе и термоллизе солей металлов, а также закономерности фотохимических и радиационно-химических превращений, протекающих на поверхности твердых тел в водной среде; обнаружен эффект значительного повышения светочувствительности микрогетерогенных систем, содержащих два галогенида тяжелых металлов, и эффект фотоактивирования тонкопленочных систем галогенид тяжелого металла — малые частицы серебра и меди; исследованы закономерности химического осаждения ряда металлов из водных растворов, в том числе в виде тонких пленок; выявлены возможности регулирования эффективности фотоллиза пленочных полупроводниковых систем под влиянием внешней электрической поляризации. Существенный вклад внесен ученым в изучение препаративных возможностей использования совместно осажденных гидроксидов и смесей солей органических кислот для низкотемпературного получения сложных оксидов, в том числе в виде тонких пленок. Установлена возможность синтеза сложных фаз в волне горения, найдены условия реализации самораспространяющегося термического разложения твердых веществ, обнаружено ранее неизвестное явление жидкопламенного горения некоторых конденсированных систем.

Практическим итогом выполненных исследований явилось создание нескольких новых фотографических процессов (получение полихромных изображений на черно-белых галогенсеребряных солях, получение изображений с повышенной оптической плотностью из высокодисперсного серебра, фотографические процессы с физическим несеребряным проявлением), новых фототехнологий селективного осаждения металлических пленок без использования фотолитографии, ряда технологических процессов получения оксидных покрытий на алюминии и его сплавах, новых подходов к изготовлению миниатюрных термокаталитических и полупроводниковых сенсоров на основе пленочных структур, ряда композиционных материалов новой техники, негорючих полимерных материалов и др.

В. В. Свиридов — автор 3 монографий, более 370 научных статей, свыше 120 изобретений.

Преподавательскую работу со студентами, а также подготовку кадров высшей квалификации через аспирантуру Вадим Васильевич всегда считал важнейшей задачей ву-

зовского ученого и педагога. Последовательная и целеустремленная работа позволила В. В. Свиридову создать получившую известность не только в нашей стране, но и за ее пределами, весьма авторитетную школу в области фотохимии твердых веществ. Более 50 его учеников стали кандидатами наук, трое из них успешно защитили докторские диссертации.

В. В. Свиридов ведет большую научно-организационную работу. Он является председателем двух Советов по защите докторских диссертаций, членом Научного совета по проблеме «Фотографические процессы регистрации информации», членом Секции кинетики и механизма реакций в твердом теле Научного совета по кинетике и строению АН СССР, членом редакционных коллегий «Журнала научной и прикладной фотографии и кинематографии», журналов «Вестник БГУ им. В. И. Ленина», сер. 2 и «Вестн АН БССР», сер. хім. навук. Вадим Васильевич выполняет большую научно-методическую работу по совершенствованию учебного процесса в вузе и средней школе. Под его руководством подготовлено и издано четыре учебных пособия для студентов химического факультета.

Правительство республики высоко оценило деятельность профессора В. В. Свиридова, удостоив его в 1976 г. почетного звания «Заслуженный деятель науки БССР».

Разносторонность и глубина знаний, широкий круг научных интересов, большие организаторские способности, внимательное отношение к людям, умение работать в коллективе, решать сложные научные задачи создали В. В. Свиридову заслуженный авторитет и уважение.

Профессорско-преподавательский коллектив, студенты, сотрудники университета и НИИ физико-химических проблем сердечно поздравляют Вадима Васильевича с юбилеем и желают ему крепкого здоровья, счастья, новых творческих успехов во благо нашей Родины.

АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ ЛЕСНИКОВИЧ



Исполнилось 50 лет со дня рождения проректора по научной работе БГУ им. В. И. Ленина, доктора химических наук, профессора Анатолия Ивановича Лесникова.

А. И. Лесникович после окончания с отличием химического факультета Белгосуниверситета им. В. И. Ленина с 1966 г. работает ассистентом, старшим преподавателем, доцентом на кафедре неорганической химии; с 1978 г. — заведующий лабораторией высокотемпературных реакций НИИ физико-химических проблем, а с 1990 г. — проректор по научной работе БГУ им. В. И. Ленина и заведующий лабораторией на общественных началах.

Уже в студенческие годы А. И. Лесникович под руководством В. В. Свиридова занимался исследованиями в области регулирования скорости химических процессов. Его дипломная работа была посвящена каталитическому окислению сернистого ангидрида и выполнена в немецкой Академии наук под руководством известного химика Г. Ринекера и его ученика Ю. Шефе. Исследования по регулированию скорости химических процессов, проводившиеся на кафедре неорганической химии университета, в дальнейшем были развиты А. И. Лесниковичем в научное направление, относящееся к разработке и исследованию свойств компонентов конденсированных горючих систем для целенаправленного регулирования процесса горения.

А. И. Лесниковичем и его учениками были предложены методы решения обратной задачи неизотермической кинетики для простых и некоторых сложных реакций, обнаружен размерный эффект для регуляторов скорости горения смесевых твердых топлив и на его основе разработан универсальный подход к повышению эффективности таких регуляторов. Обнаружено явление жидкопламенного горения и самораспространяющегося высокотемпературного разложения, найдены новые подходы к снижению пожарной опасности материалов на основе полимеров. Результаты исследований нашли практическое применение: на Ангарском заводе химреактивов запускается цех по производству тетразолсодержащих полимеров; на Омском химическом заводе готовится к выпуску опытно-промышленная партия огнестойкого полистирола, содержащего антипирен, производство которого организовано на Силамйском сланцехимическом комбинате; выпущена опытная партия нового катализатора горения.

Под руководством профессора А. И. Лесниковича выполнены и защищены 10 кандидатских диссертаций. Он автор более 300 научных работ, 53-х авторских свидетельств на изобретения.

Много внимания А. И. Лесникович уделяет преподавательской работе, совершенствованию учебного процесса, подготовке научных кадров высшей квалификации. Он читает лекционные курсы по химии координационных соединений, кинетике гетерогенных реакций.

Научную и педагогическую работу А. И. Лесникович сочетает с научно-организационной и общественной деятельностью. Он является ответственным редактором журна-

ла «Вестник БГУ им. В. И. Ленина», сер. 2, заместителем председателя специализированного совета по защите докторских диссертаций, членом Секции химии и химической технологии Научного совета Минобразования БССР.

Многообразие научных интересов, глубина знаний, организаторские способности, отзывчивость и внимательное отношение к людям создали А. И. Лесниковичу заслуженный авторитет как в научном мире, так и среди коллег.

Профессорско-преподавательский коллектив, студенты, сотрудники Белгосунiversитета им. В. И. Ленина и НИИ физико-химических проблем, редколлегия журнала «Вестник БГУ им. В. И. Ленина» сердечно поздравляют Анатолия Ивановича с юбилеем и желают ему крепкого здоровья, счастья, новых творческих успехов.

ОЛЬГА ФИЛИППОВНА ЯКУШКО



Исполнилось 70 лет со дня рождения и 45 лет научной, педагогической и общественной деятельности одного из старейших работников Белгосунiversитета, доктора географических наук, профессора Ольги Филипповны Якушко.

О. Ф. Якушко родилась 18 марта 1921 г. в Минске. В 1938 г. поступила на географический факультет БГУ им. В. И. Ленина. В годы войны работала в Омске и Куйбышеве на предприятиях оборонной промышленности. После окончания Белгосунiversитета и аспирантуры Ольга Филипповна с 1948 г. непрерывно работает на географическом факультете. В 1949 г. она успешно защитила кандидатскую, а в 1970 г. — докторскую диссертацию.

С 1973 по 1984 гг. О. Ф. Якушко — заведующая кафедрой общего землеведения, в организации и становлении которой широко использовались ее приоритетные исследования озерных водоемов республики. В 1973 г.

при кафедре была открыта Отраслевая научно-исследовательская лаборатория озероведения — основная база научной и практической подготовки специалистов с университетским географическим образованием. Комплексное исследование озер Белоруссии, разработка их генетической классификации, изучение истории возникновения и эволюции, трансформации в процессе использования в народном хозяйстве, определение путей оптимизации и охраны озер — далеко не полный перечень научных задач, решаемых профессором О. Ф. Якушко и ее учениками, белорусской лимнологической школой. Под руководством Ольги Филипповны впервые в Белоруссии создан справочник по озерам республики, проведена паспортизация наиболее крупных водоемов.

О. Ф. Якушко — автор более 300 научных и научно-популярных работ, которые получили широкую известность в кругах лимнологов, географов, геоморфологов. Она неоднократно выступала с сообщениями, докладами и лекциями в Польше, Болгарии, Индии, Югославии. Являясь консультантом лаборатории озероведения Якутского университета, О. Ф. Якушко заложила основы для развития лимнологии в Якутии. Научные исследования ведутся в творческом содружестве с институтом географии и озероведения АН СССР, Институтом географии и геохимии АН БССР. Ольга Филипповна — член редколлегии журнала «Вестник БГУ им. В. И. Ленина», сер. 2. Ею подготовлено 11 кандидатов географических наук.

Много внимания О. Ф. Якушко уделяет учебно-методической работе, изданию учебников и популярных книг по географии. Широко известны написанные ею учебные пособия «География озер Белоруссии», «Белорусское Поозерье», «Общая геоморфология», книги «Край голубых озер», «Край озерный», «Календарь природы», справочник «Озера Белоруссии». В 1989 г. коллективной монографии «Ландшафты Белоруссии», в работе над которой О. Ф. Якушко принимала активное участие, была присуждена II премия Госкомитета по народному образованию СССР.

Профессор О. Ф. Якушко выполняет большую общественную и государственную работу: в течение ряда лет она избиралась депутатом городского и районного Советов народных депутатов.

За успехи в развитии науки и подготовке педагогических кадров О. Ф. Якушко дважды награждена Почетной Грамотой Верховного Совета БССР, знаком «За отличные успехи в работе высшего образования СССР». В 1980 г. ей присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки Белорусской ССР. О. Ф. Якушко — почетный член Географического общества СССР.

Редколлегия журнала, профессорско-преподавательский состав и студенты университета сердечно поздравляют Ольгу Филипповну со славным юбилеем, желают ей доброго здоровья, благополучия, дальнейшей плодотворной работы.

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

Акинций Е. А., Мечковский С. А. Распределение компонентов смесей солянокислота между нонитами и водно-органическими растворами	3
Свиридов В. В., Шевченко Г. П., Афанасьева З. М., Дьяб Н., Руткевич Д. Л. Восстановление ионов никеля в водном растворе комплексами Ti (III)	6
Нечепуренко Ю. В., Поликанов А. М., Рахманов А. К., Соколов В. Г. Особенности записи голограмм на пленках диоксида титана	8
Байков М. В., Мальченко С. Н., Богданов П. А. Формирование пленок феррита кобальта из водного коллоидного раствора	11
Корзун Г. М., Беленков В. В., Гурин В. С., Рахманов С. К. Влияние природы противоиона тиоцианат-аниона на эффективность процесса окислительно-восстановительного диспергирования серебра, формирующего фотографическое изображение	14
Жук П. П., Зинкевич М. В., Хартон В. В., Вечер А. А. Физико-химические свойства кобальтита лантана, легированного висмутом	18
Вязовкин С. В., Горячко В. И. Возможности программного обеспечения для кинетической обработки термоаналитических данных изоконверсионным методом	21
Гапоник П. Н., Ивашкевич О. А., Андреева Т. П., Ковалева Т. Б. Полимеризация винилтетразолов в водных растворах роданида натрия	24

БИОЛОГИЯ

Исмаил И., Гавриленко Н. В., Пикулев А. Т., Курченко В. П. Кинетика окисления бензидина и его производных с участием различных гемопротеидов	28
Шалатонин В. Т., Петрашевская Н. Н., Чернова Т. О. Влияние α -токоферола, рутина и кварцетина на развитие ранней дегенерации двигательных нервных волокон	31
Крючкова Н. М. Рост и развитие ветвистоусых раков на естественном планктоне озер разного типа	35
Медведь И. Н., Радюк И. А., Левин В. И., Медведева И. Н., Шиманская Т. В., Свиридовский А. И. Люминолзависимая хемилюминесценция облученных лимфоцитов периферической крови человека при адгезии на стекло и действии Конкана-валина А	39
Дзятковская Е. Н. Особенности организации фотосинтетических мембран растений ржи, зараженных стеблевой ржавчиной	42
Лемеза Н. А., Гирилович И. С. Влияние возбудителей ржавчины и мучнистой росы на пигментный состав хлоропластов растений ржи	45

ГЕОГРАФИЯ

Тихонов С. А., Мельников О. К. Изменение структурной неоднородности и минералогического состава песчаных почв при окультуривании	51
Романов В. П., Бойкова С. А. Лимнические факторы в определении потенциальной ихтиомассы и оптимальных уловов на озерах Белорусского Поозерья	55
Левченко В. Е., Макрицкий А. М. Условия и причины нарушения устойчивости берегов естественных озер, находящихся в подпоре	59
Мысливец И. А., Мелешко М. А., Лешкович Л. Е. Антропогенные изменения гидрохимического режима Браславских озер	63
Ляхов В. Е. Электрально-географический анализ выборов народных депутатов СССР 1989 г.	67
Широков В. М., Трофимов А. М., Московкин В. М. Оптимальное управление береговыми геоморфологическими системами	71

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

Вадим Васильевич Свиридов	73
Анатолий Иванович Лесникович	74
Ольга Филлиповна Якушко	75

УДК 541.183:543.544

Акпичиц Е. А., Мечковский С. А. Распределение компонентов смесей соль-кислота между нонитами и водно-органическими растворами // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

На примере галогенидов щелочно-земельных и ряда переходных металлов, соляной и серной кислот изучено взаимное влияние растворенных электролитов на их распределение между нонитами АВ-17×8 и КУ-2×8 и смесями вода-ацетон и вода-пропанол во всем диапазоне изменения состава бинарных растворителей. Коэффициенты распределения определены по наклонам начальных участков изотерм распределения. Значения коэффициентов распределения кислот изменяются в пределах 0,1n—100n, а для солей — в пределах 0,1—20. Показано, что в условиях дефицита молекул воды в бинарном растворителе кислоты оказывают сильное дестабилизирующее действие на ионы металлов. Оценена возможность разделения солей и кислот методом распределительной хроматографии на нонитах с применением градиентного или ступенчатого элюирования.

Библиогр. 3 назв., ил. 5.

УДК 621.793

Свиридов В. В., Шевченко Г. П., Афанасьева З. М., Дьяб Н., Руткевич Д. Л. Восстановление ионов никеля в водном растворе комплексами Ti (III) // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

Установлена возможность восстановления ионов Ni (II) в водном растворе комплексами Ti (III) в присутствии лигандов ацидного типа и изучено их влияние на скорость процесса. Осаждаемый никель представляет собой монодисперсные частицы сферической формы с размерами от 0,01 м до 0,6—0,7 м в зависимости от условий проведения реакции, агрегированные в длинные цепи. Показано, что процесс может протекать в автокаталитическом режиме.

Библиогр. 7 назв., табл. 1.

УДК 771.537:778.38

Нечепуренко Ю. В., Поликанин А. М., Рахманов А. К., Соколов В. Г. Особенности записи голограмм на пленках диоксида титана // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

Изучены особенности записи голограмм на пленочных TiO₂-слоях различных модификаций в интервале пространственных частот от 120 до 7500 мм⁻¹ и определена их частотно-дифракционная характеристика. Установлено, что зависимость дифракционной эффективности от экспозиции и времени физического проявления имеет экстремальный характер, проходя через максимум. Обнаружен эффект полного внутреннего отражения светового луча при вводе излучения лазера с помощью дифракционной решетки, сформированной на пленке TiO₂ на пространственной частоте ~3400 мм⁻¹.

Библиогр. 9 назв., ил. 3.

УДК 541.182:546.723-31'732:539.232

Байков М. В., Мальченко С. Н., Богданов П. А. Формирование пленок феррита кобальта из водного коллоидного раствора // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

Изучены процессы, протекающие при формировании тонких пленок феррита кобальта из коллоидного раствора, полученного пептизацией высокодисперсного феррита в водном растворе олеата аммония. Показано, что полив коллоидного раствора на подложки из стекла и кварца и последующий прогрев при температуре 450—500 °С приводят к полному удалению дисперсионной среды, стабилизатора и формированию сплошных поликристаллических пленок феррита кобальта толщиной 0,05—0,10 мкм.

Библиогр. 10 назв., ил. 2.

УДК 77.023.71:621.386.84:778.33

Корзун Г. М., Беленков В. В., Гурин В. С., Рахманов С. К. Влияние природы противоиона тиоцианат-аниона на эффективность процесса окислительно-восстановительного диспергирования серебра, формирующего фотографическое изображение // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

Изучено влияние природы катионов ряда щелочных металлов, входящих в состав тиоцианатных солей, на эффективность процесса окислительно-восстановительного диспергирования серебра, приводящего к усилению изображения на галогенсеребряных материалах. Показан рост эффективности процесса усиления в ряду LiSCN—NaSCN—KSCN.

Библиогр. 10 назв., ил. 1, табл. 2.

УДК 541.133:537.312.6

Жук П. П., Зинкевич М. В., Хартон В. В., Вечер А. А. Физико-химические свойства кобальтита лантана, легированного висмутом // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

Исследованы структура, электро- и теплофизические свойства твердых растворов $\text{La}_{1-x-y}\text{Sr}_x\text{Bi}_y\text{CoO}_3$ ($x = 0-0,5$; $y = 0-0,10$). Установлено образование структуры перовскита с ромбоэдрическим искажением. При $y = 0,10-0,15$ обнаружено наличие флюоритной фазы на основе $\delta\text{-Bi}_2\text{O}_3$. С увеличением содержания легирующей добавки висмута наблюдается уменьшение общей проводимости. Выявлено отсутствие влияния легирующей добавки висмута на КТР $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$.

Библиогр. 11 назв., ил. 2, табл. 1.

УДК 541.127

Вязовкин С. В., Горячко В. И. Возможности программного обеспечения для кинетической обработки термоаналитических данных изоконверсионным методом // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

Сопоставлены возможности созданного авторами программного обеспечения (ПО), основанного на изоконверсионном методе расчета аррениусовских параметров (АП), и ПО термоанализатора «Mettler TA 3000», использующего для расчета АП дискриминацию моделей порядка реакции. Расчеты по модельным ДСК-кривым для процесса, состоящего из двух параллельных реакций, показали, что ПО термоанализатора не дает достоверной информации о кинетике данного процесса. Предлагаемое ПО позволяет установить сложный характер процесса и его тип, оценить АП параллельных реакций и предсказать кинетику его протекания вне интервала экспериментальных температур.

Библиогр. 9 назв., ил. 3, табл. 1.

УДК 543.422.23:547.796.1

Гапоник П. Н., Ивашкевич О. А., Андреева Т. Н., Ковалева Т. Б. Полимеризация винилтетразолов в водных растворах роданида натрия // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

Исследована полимеризация 1-винилтетразола, 1-винил-5-метилтетразола и 2-метил-5-винилтетразола в водных растворах роданида натрия. Установлено, что использование таких водно-солевых растворов позволяет повысить скорость полимеризации и получить высокомолекулярные продукты по сравнению с процессом в органических растворителях. С помощью спектроскопии ЯМР ^1H и ^{13}C проведена оценка характера влияния водного раствора NaSCN на параметры процесса полимеризации.

Библиогр. 12 назв., табл. 2.

УДК 577.158.52

Исмахил И., Гавриленко Н. В., Пикулев А. Т., Курченко В. П. Кинетика окисления бензидина и его производных с участием различных гемопротеинов // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

При 30°C в цитратно-ацетатном буфере при pH 5,5 сняты кинетические параметры окисления бензидина, 3,3'-диметоксibenзидина, 3,3'-диметилбензидина и 3,3', 5,5'-тетраметилбензидина пероксидазой хрена, гемоглобином, каталазой, цитохромом P-450 LM_2 и микросомами печени в присутствии перекиси водорода. Обсужден механизм пероксидазного окисления гемопротеинами ряда производных в связи с количеством заместителей.

Библиогр. 12 назв., ил. 1, табл. 2.

УДК 577.164.32+612.822.56+616.833

Шалатонин В. Т., Петрашевская Н. Н., Чернова Т. О. Влияние α -токоферола, рутина и кверцетина на развитие ранней дегенерации двигательных нервных волокон // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

На экспериментальной модели дегенерации двигательных нервных волокон у белых крыс (24 и 48 ч) установлена α -токоферольная задержка развития ранних функциональных признаков дегенерации (снижения амплитуды М-ответов, замедления восстановления нервно-мышечного синапса, декрементной реакции на ритмическую стимуляцию). Флавоноиды рутин и кверцетин вместо ожидаемого ингибирования за счет их антиоксидантной активности вызвали ускорение дегенерационного процесса.

Библиогр. 18 назв., табл. 2.

УДК 577.472(28)

Крючкова Н. М. Рост и развитие ветвистоусых раков на естественном планктоне озер разного типа // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

Эксперименты по росту двух видов ветвистоусых раков, проведенные на планктоне мезотрофного озера в течение вегетационного сезона за ряд лет, показали, что величина продолжительности постэмбрионального развития является результатом совместного влияния температурных и трофических условий в водоеме.

Библиогр. 10 назв., табл. 2.

УДК 577.2:612.071.1

Медведь И. Н., Радюк И. А., Левин В. И., Медведева И. Н., Шиманская Т. В., Свирновский А. И. Люминолзависимая хемилюминесценция облученных лимфоцитов периферической крови человека при адгезии на стекло и действии Конканавалина А // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

Методом люминолзависимой хемилюминесценции изучено влияние облучения на способность лимфоцитов периферической крови человека генерировать активные формы кислорода при адгезии на стекло и действии биологически активных веществ. Облучение дозой 15 Гр увеличивает амплитуду хемилюминесцентного ответа клеток на введение в суспензию ионов кальция или Конканавалина А.

Библиогр. 12 назв., ил. 3.

УДК 581.2.07

Дзятковская Е. Н. Особенности организации фотосинтетических мембран растений ржи, зараженных стеблевой ржавчиной // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

Изучены особенности организации фотосинтетических мембран в растениях ржи различной устойчивости к стеблевой ржавчине в условиях патогенеза. Установлено, что под действием заболевания в первую очередь разрушается реакционный центр и олигомерный светособирающий комплекс фотосистемы II. У устойчивых к инфекции растений повышается доля реакционных центров, особенно фотосистемы II.

Библиогр. 3 назв., табл. 1.

УДК 581.174+632.4

Лемеза Н. А., Гирнлович И. С. Влияние возбудителей ржавчины и мучнистой росы на пигментный состав хлоропластов растений ржи / Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

Установлено, что скорость снижения содержания фотосинтезирующих пигментов в инфицированных листьях ржи зависит от степени их поражения, фазы развития растения и яркости листьев.

Возбудители мучнистой росы и ржавчины в начальный период развития заболевания вызывают малозаметное разрушение пигментов, а в случае 4-й степени поражения, которая совпадает со вступлением гриба в стадию теллоспороношения, содержание хлорофилла при поражении бурой ржавчиной составляет 56—64 %, мучнистой росой — 41—53 %, совместной инфекцией — 60—67 % от контроля.

Обсуждаются возможные механизмы влияния патогенов на структурно-функциональную организацию пигментов хлоропластов.

Библиогр. 7 назв., табл. 3.

УДК 631.434:631.445.24:631.442.1:631.472.1

Тихонов С. А., Мельников О. К. Изменение структурной неоднородности и минералогического состава песчаных почв при окультуривании // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

Приводятся данные изучения воднопептизируемого, водноагрегированного и прочносвязанного илов в дерново-подзолистых песчаных почвах разной степени окультуренности. Показана специфика минералогического состава каждой категории почвенного ила, значение органического вещества, полутораоксидов железа и алюминия и глинистых минералов в формировании микроструктуры почв. Выявлены основные изменения в минералогическом составе и структурной организации ила, обусловленные окультуриванием.

Библиогр. 10, ил. 1, табл. 2.

УДК 574.63:504.05(476)

Романов В. П., Бойкова С. А. Лимнические факторы в определении потенциальной ихтиомассы и оптимальных уловов на озерах Белорусского Поозерья // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

С применением морфоэдафического индекса (МЭИ) произведены расчеты потенциальной ихтиомассы для разнотипных озер Белорусского Поозерья. В результате антропогенного воздействия отмечается увеличение показателя МЭИ за счет повышения общей минерализации и, в частности, за счет увеличения содержания в воде хлоридов и сульфатов, что рассматривается как отрицательное явление для ихтиофауны. Рассчитаны значения оптимальных уловов, делаются выводы о значительных переделах на озерах. На примерах конкретных водоемов дается сравнение реальных и оптимальных уловов.

Библиогр. 5 назв., ил. 3, табл. 2.

УДК 551.435.36

Левкевич В. Е., Макрицкий А. М. Условия и причины нарушения устойчивости берегов естественных озер, находящихся в подпоре // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

Дается анализ факторов, приводящих к нарушению устойчивости береговых склонов водохранилищ, созданных на базе естественных озер. Приводится оценка значимости этих факторов в процессе берегоформирования. Дается критерий расчета переработки берегов методом натурного подобия.

Библиогр. 12 назв., ил. 1, табл. 3.

УДК 551.481.1(476)

Мысливец И. А., Мелешко М. А., Лешкович Л. Е. Антропогенные изменения гидрохимического режима Браславских озер // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

Рассмотрено изменение гидрохимического режима Браславских озер под влиянием антропогенных факторов на протяжении 20 лет. Установлено, что наиболее подвержены изменениям гидрохимические показатели в озерах мезотрофных с признаками олиготрофии, глубоких, эвтрофных неглубоких и мелководных, небольших по площади, слабопроточных.

Библиогр. 5 назв., табл. 1.

УДК 308

Ляхов В. Е. Электорально-географический анализ выборов народных депутатов СССР 1989 г. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

В политико-географическом аспекте исследованы итоги избирательной кампании и выборов народных депутатов СССР 1989 г. Рассмотрены общесоюзные проблемы проведения выборов и подведения их итогов. На фактическом материале показаны направления совершенствования избирательной системы.

Библиогр. 2 назв.

УДК 550.83/84

Широв В. М., Трофимов А. М., Московкин В. М. Оптимальное управление береговыми геоморфологическими системами // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1991. № 2.

В статье обосновывается применение теории оптимального управления для оценки функционирования береговых геоморфологических систем. Для управления ими предложена система управлений.

Библиогр. 9 назв.