

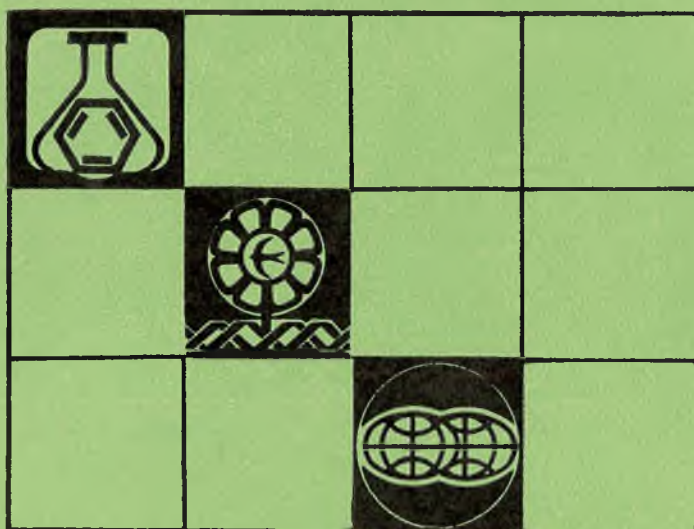
3

СЕРИЯ 2, 1987

ВЕСТНИК

Белорусского государственного
университета имени В.И. Ленина

Химия
Биология
География



СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

<i>Свиридов В. В.</i> Химия в Белорусском университете (Современное состояние исследований)	3
<i>Браницкий Г. А.</i> Пленочные структуры металл-оксид — реальные и модельные металлнанесенные катализаторы	8
<i>Вязовкин С. В., Лесников А. И.</i> Об использовании формального подхода в кинетике твердофазных процессов	16
<i>Красулин А. П., Козыро А. А.</i> Давление насыщенного пара 1, 1- и 1,3-диметилмочевины	20
<i>Борисенко Е. М., Ермоленко И. Н., Лазарева Т. Г.</i> Управление селективностью разделения неорганических катионов на целлюлозных носителях воздействием электрического поля	24
<i>Володкович Л. М., Вечер Р. А., Петров Г. С., Вечер А. А.</i> Электропроводность твердых тетрафтороборатов натрия и калия	27

БИОЛОГИЯ

<i>Пикулев А. Т., Кукулянская М. Ф., Хрипченко И. П., Бычкова М. А.</i> Некоторые показатели метаболизма крыс-опухоленосителей при гипергликемии	30
<i>Стефанович А. И.</i> Грибы семейства <i>Erysiphaceae</i> , поражающие лекарственные растения	33
<i>Митрахович П. А., Каратаев А. Ю., Вежновец Г. Г., Самойленко В. М.</i> Планктон и бентос оз. Лепельского	36
<i>Татаринев Б. А., Шабельская Э. Ф., Божко Л. Д., Жуковская Л. Н.</i> Влияние предпосевной обработки клубней озона на основные физиологические показатели и урожайность картофеля	41
<i>Ходоренко Л. А., Кахнович Л. В., Петренко А. В.</i> Морфоструктурные особенности хлоропластов растений ячменя различной продуктивности	46

ГЕОГРАФИЯ

<i>Широков В. М., Московкин В. М.</i> Численное моделирование процессов пляжеформирования и абразии берегов в условиях управления	51
<i>Потаева Г. Р.</i> Особенности рекреационно-географического положения городов БССР	55
<i>Витченко А. Н.</i> Агроэкологические ресурсы ландшафтов Белоруссии	59
<i>Журавская Н. И.</i> Зональная специализация сельского хозяйства Белоруссии	63
<i>Ничипорович Д. В., Лобач Т. Я.</i> Трансформация органического вещества и микроэлементов в осушенных торфяных почвах	68

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

<i>Лазарева А. М., Станкевич А. И.</i> Об оценке участия гетеролитических процессов при термоллизе диацилпероксидов по выделению углекислого газа	75
---	----

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

<u>Иван Григорьевич Тищенко</u>	77
---------------------------------	----

ОКТЯБРЬ

3

СЕРИЯ 2, 1987

ВЕСТНИК

Белорусского государственного
университета имени В.И. Ленина

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 1969 года
один раз в четыре месяца

Химия
Биология
География



МИНСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО
„УНИВЕРСИТЕТСКОЕ“
1987

Главный редактор В. Г. РУДЬ
Зам. главного редактора В. И. ЖАРИКОВ
Ответственный секретарь П. Н. БАРАНОВСКИЙ

Редакционная коллегия серии:

Ф. Н. КАПУЦКИЙ (ответственный редактор), Р. А. ЖМОЙ-
ДЯК, Н. И. ЖУРАВСКАЯ, В. Н. КИСЕЛЕВ, П. М. КИСЛУШ-
КО, Н. М. КРЮЧКОВА, И. К. ЛОПАТИН, Е. П. ПЕТРЯЕВ,
А. Т. ПИКУЛЕВ (зам. ответственного редактора), Ю. А. ПРО-
ЛЕСКОВСКИЙ, В. В. СВИРИДОВ, Г. Л. СТАРОБИНЕЦ,
В. Ф. ТИКАВЫЙ, И. Г. ТИЩЕНКО, Ю. К. ФОМИЧЕВ,
В. М. ШИРОКОВ (зам. ответственного редактора), А. С. ШУ-
КАНОВ, Т. Л. ЮРКШТОВИЧ (ответственный секретарь),
О. Ф. ЯКУШКО

ВЕСТНИК БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени В. И. ЛЕНИНА

Серия 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3

Редактор *И. П. Стрельченя*
Младший редактор *Г. М. Добыш*
Художественный редактор *С. В. Баленок*
Технический редактор и корректор *Г. И. Хмарун*

Сдано в набор 25.06.87. Подписано в печать 16.09.87. АТ 16750. Формат
70×108^{1/16}. Бумага тип. № 1. Высокая печать. Усл. печ. л. 7. Усл. кр.-
отт. 7,52. Уч.-изд. л. 7,5. Тираж 835 экз. Заказ 363. Цена 85 к.

Издательство «Университетское». 220048, Минск, проспект Машерова,
11. Адрес редакции: 220080, Минск, Университетский городок, ул. Бо-
бруйская, 7, тел. 20-65-42.

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

© Вестник БГУ имени В. И. Ленина, 1987.



УДК 54

В. В. СВИРИДОВ

ХИМИЯ В БЕЛОРУССКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ (Современное состояние исследований)

Итоги исследований в области химии в Белорусском государственном университете имени В. И. Ленина со времени организации первых химических кафедр (1921) до конца семидесятых годов рассмотрены в ряде публикаций [1—6]. В данной статье приведена краткая характеристика основных результатов исследований, выполненных в Научно-исследовательском институте физико-химических проблем при Белгосуниверситете имени В. И. Ленина и на химическом факультете за последнее десятилетие.

Институт и химический факультет представляют собой единое учебно-научное объединение, которое располагает значительным научным потенциалом. В настоящее время в институте — более 160 научных сотрудников, из них 78 кандидатов наук и 2 доктора (кроме того 7 докторов, сотрудников факультета, руководят научными исследованиями института). На химическом факультете работают около 120 преподавателей и научных сотрудников, из них 10 докторов и профессоров и 83 кандидата.

Основная часть научных исследований в институте и на факультете ведется по единой тематике. Разрабатываются фундаментальные проблемы, которые относятся к нескольким разделам химии, а на основе получаемых научных результатов решаются различные прикладные задачи, представляющие главным образом межотраслевой интерес. При этом делается упор на то, чтобы основная часть этих задач решалась совместно с отраслевыми институтами и заводами, так как только при хорошо налаженном взаимодействии вузовской науки с «потребителями» научных разработок, располагающими опытной базой, результаты исследований, имеющих практическую ценность, могут находить промышленную реализацию.

В исследованиях представлены физико-химия целлюлозных систем, фотохимия и химия фотографических процессов, радиационная химия, химия твердого тела, химическая термодинамика, химия экстракционных процессов, органическая химия.

Физико-химия целлюлозы и ее производных (научный руководитель профессор Ф. Н. Капуцкий). Исследования в области физико-химии целлюлозных систем привели к формированию большого и плодотворно развивающегося научного направления по осуществлению новых подходов к разработке химической модификации целлюлозы и созданию новых материалов на основе целлюлозы и ее производных.

Разработаны способы перевода целлюлозы и ее производных в раствор путем использования различных неводных растворителей с добавлением оксида N_2O_4 , в которых могут также растворяться реагенты, взаимодействующие с целлюлозой, и изучены механизмы растворения. Предложены новые способы получения производных целлюлозы в гомоген-

ных условиях, позволяющие избирательно замещать гидроксильные группы целлюлозы на нитратные, ацетатные, сульфатные и другие группы и синтезировать производные с равномерным распределением заместителей по макромолекулам, не образующиеся в гетерогенных условиях.

Установлено существование кристаллических комплексов целлюлозы с диоксидом азота, способных в зависимости от условий их разрушения давать целлюлозу с различной степенью структурной упорядоченности и соответственно различной реакционной способностью (в частности, в реакциях образования эфиров). Определены условия формирования аморфной структуры целлюлозы с высокоразвитой внутренней поверхностью и высокой реакционной способностью.

Найдены приемы получения из растворов целлюлозы гидратцеллюлозных и модифицированных синтетическими полимерами волокон и пленок, в том числе пленок со свойствами мембран. Предложен способ получения гидратцеллюлозных волокон и пленок из растворов целлюлозы в хлориде цинка.

Обоснованы принципы и созданы методики получения мембран для ультра- и микрофльтрации из растворов смесей целлюлозы и синтетических полимеров с регулируемыми радиусами пор, основанные на различии кинетики расслоения раствора на две фазы. Разработаны новые способы получения анизотропных мембран на основе промышленно выпускаемых текстильных тканей. Начата работа по внедрению мембранных процессов в различных отраслях промышленности республики.

Много внимания уделяется разработке принципов и приемов получения на основе окисленной целлюлозы и других ее производных, лекарственных препаратов пролонгированного действия, содержащих биологически активную форму в сорбированном состоянии, причем целлюлозный носитель этих форм способен через определенное время рассасываться в организме. В связи с решением этой задачи проведено исследование закономерностей сорбции целлюлозными материалами ряда соединений, выполняющих функции лекарственных форм. Созданы научные принципы выбора растворителя для проведения сорбции этих соединений.

Получено большое количество лекарственных препаратов в виде инъекционных растворов, марли, ткани, порошков, мазей, позволяющих существенно повысить эффективность лечения сердечно-сосудистых заболеваний, хронического никотинизма, гнойно-воспалительных процессов, ожогов, трофических язв. Получен ряд новых антиаритмических препаратов на основе производных целлюлозы, мальтозы, арабинозы, сахарозы, рамнозы. Лекарственные препараты успешно проходят испытания во многих клиниках.

Фотохимия и химия фотографических процессов (научные руководители член-корреспондент АН БССР В. В. Свиридов и доцент Г. А. Браницкий). Основная цель исследований в этой области заключается в выявлении закономерностей фотохимических процессов в микрогетерогенных и пленочных системах, в разработке подходов к созданию новых фотографических и фототехнологических процессов.

Изучены особенности фотоэлектрохимических процессов в пленочных полупроводниковых гетероструктурах и в системах полупроводник — малые частицы металла, а также закономерности спектральной сенсibilизации фотоэлектрохимических процессов адсорбированными красителями. Найдены принципы создания новых фотографических систем на основе разнообразных светочувствительных веществ (диоксид титана, иодид свинца, соединения висмута и др.) и композиций с использованием для фотографического проявления реакций химического осаждения меди и других металлов. Установлена возможность регулирования дисперсности серебра, формирующего изображения в галогеносеребряных фотослоях.

Важным итогом этих исследований явилась разработка способа получения изображений из благородных металлов на галогеносеребряных фотослоях с уменьшенным содержанием серебра (в 5—10 раз) и способа

усиления слабого серебряного изображения путем его диспергирования при окислительно-восстановительной обработке. Это позволяет уменьшить в несколько раз содержание серебра в промышленно выпускаемых фотоматериалах или в несколько раз сократить экспозиции при получении изображений на обычных фотослоях. Практическое значение имеет и новый фотографический процесс, позволяющий на фотослоях с уменьшенным содержанием серебра получать полихромные (многоцветные) изображения. Разработаны также технологические принципы получения фотослоев на основе тонких пленок диоксида титана, пригодных для изготовления прецизионных механически прочных фотошаблонов из никеля без использования операции фотолитографии.

Перечисленные способы получения фотографических изображений начинают находить практическое применение, а опытные партии фотослоев выпускаются на промышленном оборудовании.

Значительный интерес представляют и новые приемы получения металлических рисунков на полимерных подложках с использованием реакций химического осаждения и операции фотохимического активирования подложки.

Результаты рассмотренных исследований создают реальные предпосылки для сокращения расхода серебра при выпуске многих сортов фототехнических и рентгеновских пленок без ухудшения качества получаемого изображения, а в ряде случаев даже с улучшением его, в частности размерной стабильности элементов изображения.

Радиационная химия (научный руководитель профессор Е. П. Петряев). Изучены закономерности радиационно-химических процессов в системах, содержащих некоторые сложные спирты, аминокислоты, в том числе бифункциональные соединения, а также ряд нуклеотидов и полисахаридов. Показано, что основными процессами радиационно-химических превращений в водных растворах бифункциональных органических соединений являются монорадикальные реакции элиминирования молекулярного фрагмента, деструкции по углерод-углеродной связи, изомеризации, окисления и окислительной деструкции. Установлено существенное влияние ионов металлов на выход радиационно-химических превращений различных органических соединений. Проведен цикл исследований по математическому моделированию радиационно-химических процессов в жидкой фазе.

Изучены кинетические закономерности радиационно-химической деструкции целлюлозы и ее эфиров; выявлено, что при этом происходит существенное уменьшение степени их полимеризации. С учетом этих результатов проведено исследование радиационно-химического модифицирования кормов (солома, зерно и др.) и обнаружено, что действие малых доз излучения способствует снижению степени полимеризации целлюлозной составляющей и, следовательно, увеличению усвояемости кормов животными. Эффективность радиационной обработки кормов была неоднократно подтверждена результатами производственных испытаний при откорме больших партий скота и птицы.

Разработаны принципы и конкретные методики радиационно-химической очистки многих промышленных выбросов (очистка выбросных газов от SO_2 , радиационное обезвреживание активного ила очистных сооружений и осадков хозяйственно-бытовых стоков и др.).

Выполнены исследования, позволившие существенно улучшить свойства полиэтилена, модифицированного радиационно-химическим сшиванием, за счет введения в него (в том числе диффузионным методом) стабилизаторов, которые тормозят термоокислительную деструкцию, не влияя при этом на характер радиационно-химических процессов при облучении полиэтилена. Налажен выпуск опытных партий композиций на основе полиэтилена с улучшенными свойствами, используемых для изготовления термоусаживаемых изделий.

Химия твердого тела развивается в нескольких научных коллективах института и факультета под руководством профессоров А. А. Вечера,

В. Ф. Тикавого, доктора химических наук А. И. Лесниковича, члена-корреспондента АН БССР В. В. Свиридова, кандидатов химических наук И. Ф. Кононюка и В. А. Люцко.

Предложены простые и высокоэффективные способы изготовления термически расщепленного графита путем быстрого нагрева соединений включения, в том числе при горении пиротехнических составов. Найдены пути эффективного использования изделий из этого графита в машиностроительной промышленности.

Создан ряд новых термостойких фосфатных материалов, которые нашли применение для изготовления изделий, эксплуатирующихся в условиях воздействия высоких температур. Синтезированы фосфатные соединения, обладающие избирательными ионообменными свойствами и способностью эффективно сорбировать некоторые газы. Разработаны новые методики получения этих материалов с использованием расплавов солей и гидротермальных воздействий.

Проведены исследования свойств некоторых анионных твердых электролитов. Показана возможность использования легированного кислородом фторида кальция в кислородных датчиках. Предложены составы электродных материалов на основе оксида висмута, перспективных при изготовлении датчиков. Разработана конструкция датчика контроля полноты сгорания топлива в промышленных печах, пригодная для широкого практического использования. Выявлена и изучена протонная проводимость у некоторых кислых фосфатов металлов.

Исследованы закономерности структурных превращений ряда халькогенидов при высоких давлениях (1—5 ГПа). Разработаны физико-химические принципы создания точечных датчиков давления на основе селенидов и теллуридов элементов второй и четвертой группы с регулируемыми электробарическими характеристиками.

Исследованы закономерности взаимодействия различных газов с поверхностью монокристаллического кремния. Созданы детекторы газов, обладающие очень большой чувствительностью. Выявлены закономерности формирования дефектно-контрастного микрорельефа поверхности монокристаллов кремния при травлении. Предложены составы травителей для обнаружения микродефектов в бездислокационных кристаллах.

Разработаны способы электрохимического окрашивания анодных пленок оксида алюминия в различные цвета, которые внедрены на нескольких предприятиях различных отраслей промышленности.

Созданы физико-химические основы направленного регулирования в широких пределах электрических свойств полупроводниковых соединений и их твердых растворов на основе оксидов ряда переходных и редкоземельных металлов. Получены оксидные материалы с широким диапазоном электрических характеристик — от близких к металлам до диэлектриков.

Обоснованы принципы синтеза сложных оксидов различного состава в виде пленок и порошков путем низкотемпературного пиролиза смесей труднокристаллизующихся солей органических кислот. Предложен ряд методик получения с использованием солей легкоплавких кислот тонкопленочных структур оксид металла-благородный металл, пригодных для применения в качестве термokatалитических датчиков на горючие газы. Налажен выпуск опытных партий этих датчиков с большой чувствительностью и воспроизводимостью свойств. Показано, что такого рода пленочные структуры, осажденные на носители катализаторов, обеспечивают возможность создания более термостойких металл-нанесенных катализаторов по сравнению с получаемыми обычными способами. Некоторые пленочные катализаторы успешно прошли опытную проверку.

Предложен и развит метод изопараметрических соотношений, использованный, в частности, для определения инвариантных кинетических параметров, и показана его связь с общими приемами улучшения обусловленности обратной кинетической задачи. Это позволило разработать новую методологию решения обратной кинетической задачи для описания

твердофазных процессов по данным неизотермических опытов. Созданы программы расчета на ЭВМ инвариантных кинетических параметров.

Разработана методика изучения термического разложения конденсированных веществ в условиях высокоскоростного нагрева (со скоростью 10^4 — 10^5 град/с). Для этого, а также для исследования дисперсности твердых тел созданы автоматизированные системы, включающие мини-ЭВМ.

Показано, что существует целый класс процессов горения твердых веществ — самораспространяющееся высокотемпературное разложение, установлено, что оно характерно для пероксохромата калия и ряда высокоазотистых соединений. Это явление использовано в системах химического генерирования газов. Впервые обнаружен новый вид самоорганизации при такого рода горении смеси тетразола и тетразолята натрия — образование жидкого пламени и изучена его структура.

Метод изопараметрических соотношений распространен на процессы горения конденсированных систем, что дало возможность систематизировать многочисленные экспериментальные данные и проводить последующее вероятностное прогнозирование, а также частично формализовать задачи регулирования скорости горения конденсированных систем, наметить пути поиска регуляторов скорости горения. Синтезированы эффективные регуляторы скорости горения.

На основе термодинамических расчетов и экспериментальных исследований найдены составы для быстрого получения холодных газов в низкотемпературных генераторах сжатых газов, предназначенных для устройств автоматического управления с помощью пневматических систем.

Исследован механизм действия синергических смесей антипиренов, добавляемых к полиолефинам при пиролизе и горении, и предложен ряд добавок с более высокими огнегасящими характеристиками по сравнению с известными.

Химическая термодинамика. Под руководством профессора Г. Я. Кабо выполнены экспериментальные и теоретические исследования по установлению взаимосвязи между структурой и термодинамическими свойствами органических соединений. Предложены аддитивные методы прогноза термодинамических свойств органических соединений, а также методы расчета сложных химических равновесий в изотермических и адиабатических условиях, с помощью которых выполнен термодинамический анализ ряда промышленно важных технологических процессов. Развиваются методы эксергетического анализа химико-технологических процессов.

В отраслевой научно-исследовательской лаборатории термодинамики нефтехимических процессов изучаются термодинамические и термохимические свойства органических веществ C_1 — C_{20} и их смесей для обеспечения технических расчетов при проектировании безотходных технологий промышленности синтетического каучука.

Под руководством профессора А. А. Вечера разработаны методики определения энтальпий образования сплавов и смешения многокомпонентных систем на основе p -элементов методом количественного дифференциального термического анализа в интервале температур 300—1400 К.

Экстракционные процессы (научный руководитель член-корреспондент АН БССР Г. Л. Старобинец). Развита широкая термодинамическая методика к изучению экстракции органических веществ. Разработаны методы количественного описания экстракционных равновесий на основании современной теории гидрофобных и сольвофобных взаимодействий и принципа аддитивности свободных энергий экстракции. Предложены экстракционные системы на основе несмешивающихся органических растворителей, пригодных для разделения и очистки высших гидрофобных гомологов органических веществ (поверхностно-активные вещества, высшие спирты, амины, кислоты и др.). Созданы физико-химические принципы анионообменной экстракции ионов металлов.

Дано физико-химическое обоснование и предложены новые экстракционные методы выделения и очистки электродно-активных веществ и

пластификаторов. Получаемые по разработанному методу высокочистые четвертичные аммониевые основания используются в качестве электродно-активных веществ в серийно выпускаемых промышленностью ион-селективных электродах.

На основе созданных теоретических принципов описания экстракционных процессов обоснованы новые подходы к созданию жидкостных ион-селективных электродов, обладающих высокой чувствительностью и селективностью. Созданы ион-селективные электроды на многие ионы металлов, в частности золота, серебра, калия; электроды, пригодные для определения жесткости воды, гербицидов и других веществ.

Органическая химия. Под руководством члена-корреспондента АН БССР И. Г. Тищенко и профессора Л. С. Станишевского выполнен большой цикл исследований по синтетической органической химии, в частности по синтезу полифункциональных гетероциклических соединений. Создана стратегия синтеза ряда азот- и кислородсодержащих гетероциклических соединений, основанная на реакциях гетероциклизации субстратов, содержащих малый цикл и активную функцию. Исследована реакционная способность трехчленных циклов, изучены стереохимические и кинетические закономерности их образования и раскрытия. Разработаны препаративные методы синтеза новых классов функционально-замещенных эпосикетонов и показана перспективность использования этих соединений для получения производных 1,2- и 1,3-азолов, пиперидинов, фурана. Осуществлен синтез новых соединений, которые могут быть использованы в качестве лекарственных препаратов, красителей, фунгицидов. Получены промежуточные продукты для синтеза некоторых природных соединений: простагландинов, алкалоидов, феромонов.

Синтезированы комплексные алюминийорганические и алюминий-магнийорганические соединения — эффективные катализаторы процессов полимеризации олефинов, стирола и других мономеров. Разработаны технологические принципы получения с использованием синтезированных катализаторов олигомера пиперилена — эффективного заменителя растительных масел. Осваивается промышленный выпуск этого продукта.

Коллектив химического факультета и Института физико-химических проблем встречает 70-летие Великой Октябрьской социалистической революции в поисках путей дальнейшего повышения научного уровня и практической значимости исследований.

Список литературы

1. Ермоленко Н. Ф., Тищенко И. Г., Баркан А. С. // Уч. зап. БГУ имени В. И. Ленина. 1958. Вып. 42. С. 3.
2. Ермоленко Н. Ф. // Навука БССР за 50 год. Минск, 1968. С. 399.
3. Тищенко И. Г. // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геол. Геогр. 1971. № 3. С. 5.
4. Капуцкий Ф. Н. // Белорусский государственный университет. Минск, 1971. С. 100.
5. Тикавый В. Ф., Станишевский Л. С., Самохвал В. В. // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1981. № 3. С. 3.
6. Мицкевич Н. И., Плющевский Н. И. Там же. С. 13.

УДК 62.73-519.242

Г. А. БРАНИЦКИЙ

ПЛЕНОЧНЫЕ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛ-ОКСИД — РЕАЛЬНЫЕ И МОДЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛНАНЕСЕННЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ

Известно, что важные для практики свойства металланесенных катализаторов определяются совокупностью многих факторов: химическим составом, размером частиц металла, величиной поверхности,

природой и структурой носителя, характером взаимодействия металла с носителем, термической устойчивостью, механической прочностью и др. Это обстоятельство позволяет понять трудности разработки простых методов приготовления таких катализаторов с прогнозируемыми характеристиками.

В данной статье рассматриваются принципы нового подхода к получению катализаторов на носителях, развиваемого в работах автора и сотрудников [1—17], возможности этого подхода, оцененного экспериментально и основывающегося на общих соображениях, применительно к получению металлнанесенных катализаторов с лучшими, чем у существующих, свойствами в реальных каталитических процессах, а также удобных для экспериментального изучения разными методами моделей подобных катализаторов, и перспективы его дальнейшего развития.

Сущность этого подхода заключается в формировании на термостойких носителях активных в катализе пленочных структур металл-оксид с использованием методических приемов пленочной технологии, в определенной степени сходных с применяемыми при изготовлении активных и пассивных элементов устройств электронной техники. При этом, если в состав каталитически активных (КА) структур входят частицы благородных металлов, на них, как и на центрах проявления (ЦП) в фотослоях, описанных в [18—21], представляется возможным осадить дополнительно требуемое количество благородных или неблагородных металлов или сплавов из растворов физических проявителей (ФП). Иницируют протекание кинетически заторможенных реакций химического осаждения (РХО) металлов из растворов ФП частицы благородных металлов (иногда меди) с размерами, значительно меньшими одного нанометра [18]. Состав физических проявителей сходен с составом растворов для химической металлизации диэлектриков (серебрения, палладирования, меднения, никелирования, кобальтирования и др.). В качестве восстановителей могут быть использованы гипофосфит, борогидрид, гидразин, формальдегид, метол, аскорбиновая кислота и др.

Активные в катализе пленочные структуры металл-оксид можно себе представить как микрогетерогенные системы в виде изолированных или контактирующих друг с другом островков, т. е. в виде островковых или сплошных пленок, в состав которых входят компоненты обычного металлнанесенного катализатора, образующие одно целое. По существу это аналоги керметных пленок, в которых частицы проводящего ток материала отделены друг от друга диэлектриком [22].

Пленочная КА структура-носитель отличается от обычных металлнанесенных катализаторов по своей конструкции. В ней содержатся как бы два носителя с одинаковой или разной химической природой: один, на котором сформированы островки, другой входит в состав островков. Функцию носителя в составе островков могут выполнять различные оксиды (или смеси оксидов), а катализатора — частицы металла или сплава. В зависимости от условий получения КА структуры могут представлять собой смесь различных веществ либо химические соединения, либо содержать в себе и то, и другое.

В случае сплошных пленок области КА структур могут ограничиваться размерами микроблоков, из которых обычно состоят такие пленки, и они определяются условиями получения и последующей обработки пленок при нагревании.

Заметим, что особенностью пленочных структур металл-оксид, используемых в устройствах электронной техники, является наличие у них неаддитивных свойств, не сводимых к свойствам отдельных компонентов. В зависимости от «структурной организации» компонентов это могут быть резисторы, проводники, полупроводники, катушки индуктивности и другие элементы пленочных микросхем.

Известны различные методы регулирования функциональных свойств устройств электронной техники [22—29], анализ которых интересен

в связи с поиском путей управления свойствами металнанесенных катализаторов.

Принципы получения пленочных структур металл-оксид, перспективных в катализе. Практический интерес могут представить такие методы получения пленочных структур, которые основываются на использовании доступных исходных веществ и достаточно легко осуществимы. При этом важно, чтобы обеспечивалась возможность регулирования в широких пределах их химического состава, соотношения компонентов, достигалась необходимая прочность сцепления с носителем и чтобы эти структуры не разрушались в условиях каталитического процесса.

В совокупности эти требования трудновыполнимы при использовании методов, применяемых для изготовления устройств электронной техники и модифицирования твердой поверхности с целью придания ей определенных химических и физических свойств (оптических, электрических, магнитных), которые основаны на вакуумном, катодном, ионно-плазменном и электронно-лучевом осаждении веществ, а также на использовании транспортных реакций, реакций пиролиза летучих органических соединений металлов на нагретой подложке или молекулярного насаивания. Малая доступность, а иногда и токсичность исходных соединений являются серьезным препятствием для получения активных в катализе структур методами химического закрепления на носителях различных металлокомплексов: π -аллильных комплексов палладия, платины, никеля и др. [26].

Рассматриваемые в данной статье методы получения активных в катализе пленочных структур основаны на использовании реакций гидролитического или пиролитического разложения соединений металлов, которые предварительно осаждаются на носитель из раствора (пропитка, окунание, полив и т. д.) вместе с требуемым количеством соединений благородных металлов. В состав растворов могут вводиться также соединения неблагородных металлов, последующее разложение которых приводит к образованию нескольких оксидов, причем отдельные из них в дальнейшем способны восстанавливаться до металла.

В качестве исходных веществ, образующих прочно сцепленные с носителями оксиды, в том числе содержащие на поверхности и в объеме равномерно распределенные частицы благородных металлов, предлагается использовать органические соединения металлов, имеющие достаточно высокую растворимость в соответствующих растворителях и минимальную склонность к кристаллизации при испарении растворителя. Этому обычно удовлетворяют вещества, которые в растворе находятся в коллоидальном или полимеризованном состоянии или переходят в такие состояния в результате реакций с растворителями, и вещества, которые после испарения растворителя образуют на носителе некристаллическую массу. К ним, в частности, относятся содержащие металл кислые эфиры и алкоголяты, резинаты, нафтенаты, стеараты, абietаты и другие соли высших карбоновых кислот, для которых свойственно при осаждении на подложку и удалении растворителя превращаться в твердый однородный слой [1, 27, 28]. Растворители выбираются с учетом обеспечения хорошей смачиваемости носителя и неизменности характеристик растворов при хранении. Последнее особенно существенно при получении пленочных структур с воспроизводимыми характеристиками из легкогидролизующихся растворов алкоксидов, когда формирование структур протекает в результате химических реакций на поверхности носителя, а прогрев способствует удалению воды.

В случае мицеллярной структуры растворов исходные вещества и продукты их разложения могут быть сконцентрированы в поверхностном слое носителей (если размеры мицелл больше размеров пор). Равномерности распределения активных компонентов по поверхности гранул в случае солей высших карбоновых кислот способствует плавление, обычно предшествующее или сопутствующее их разложению [2], которое

обычно проводится на воздухе в условиях, способствующих полному выгоранию органической составляющей.

Сцеплению пленок с подложками на стадии их формирования из растворов способствует образование прочных химических связей в результате реакций взаимодействия исходного вещества с группами ОН или водой на поверхности подложек [26]. Прочность сцепления КА структур с носителями можно регулировать так же, как в случае оптически прозрачных окисных слоев на стекле [26, 27]: изменением условий прогрева или созданием подслоя из SiO_2 . По данным [28], пленки некоторых оксидов, нерастворимых в кислотах и щелочах, после прогрева при 250°C удается удалить со стекла только полировкой. В некоторых случаях (TiO_2 , SnO_2) стойкость к истиранию у оксидных пленок, полученных осаждением из органических растворов, даже выше, чем у чистого стекла, что позволяет применять их для повышения износостойкости стеклянных сосудов [29, 30].

Получение КА структур с использованием не склонных к кристаллизации веществ, по существу, основывается на своеобразном сочетании нескольких традиционных методов приготовления катализаторов. По принципу осаждения активного компонента — это метод нанесения, так как носитель обрабатывается в растворе соли или смеси солей. Поскольку катализатор (частицы металла или сплава) и оксидная пленка, выполняющая функцию своеобразной матрицы, формируются на носителе из смеси солей — это метод соосаждения. Так как в качестве исходных соединений используются труднокристаллизующиеся на воздухе вещества, его можно рассматривать как аналог сорбционного метода получения активных компонентов через органические комплексы, содержащие металл. Все это позволяет ожидать проявления КА структурами комплекса полезных свойств, присущих катализаторам, приготовляемым разными методами. Поскольку пленочная структура формируется из разных веществ как единая система (соосаждением), вероятно, частицы катализатора будут равномерно распределяться на поверхности и в глубине пленки, а также химически связываться с компонентами пленочной структуры; это должно способствовать предотвращению или существенному замедлению протекания процессов агрегации частиц металлов (т. е. их спекания) при воздействии высоких температур. Поскольку в состав исходного раствора могут быть включены соединения различных элементов, в том числе в сочетании с соединениями различных благородных металлов, можно предполагать, что химическое взаимодействие между компонентами пленочной структуры будет облегчено на стадии ее приготовления и благодаря этому могут быть получены при необходимости различные промежуточные соединения, твердые растворы, сплавы и т. д. Наконец, поскольку КА структуры формируются в тонком поверхностном слое гранул носителя, к ним должен быть облегчен доступ молекул реагентов. Из этого следует, что целесообразная область использования подобных систем в качестве катализаторов — это химические реакции, протекающие в диффузионной области.

С учетом рассмотренных особенностей получения КА структур предлагаемыми методами и данных литературы, относящихся к пленочной микроэлектронике, логично предположить, что активные в катализе структуры могут быть сформированы на носителях не только в виде однослойных, но и многослойных пленок, в том числе легированных разными примесями. Это может облегчить получение информации о связи между конструктивными особенностями пленочных структур и их каталитическими свойствами в различных процессах, протекающих на их поверхности.

В тех случаях, когда скорость диффузии одного оксида в другой при температурах опыта незначительна, границы между слоями многослойной пленки могут оставаться достаточно резкими. Для подобных пленок в оптике это подтверждено экспериментально [27, 28]. В приготовлении пленочных катализаторов, как и при получении многослойных оптических

покрытий, можно предотвратить попадание из носителя в каталитически активный поверхностный слой примесей, отрицательно влияющих на его свойства. В [28] для предотвращения диффузии в пленки TiO_2 ионов щелочных металлов из стекла, способных изменить их оптические свойства, использован диффузионный барьер из подслоя SiO_2 толщиной около 20 нм.

Установленное в [1—4, 17] свойство мелкодисперсных частиц благородных металлов в составе пленочных структур Pd-TiO_2 , Pd-ZnO , $\text{Pd-Al}_2\text{O}_3$, Pd-SnO_2 , $\text{Pt-Al}_2\text{O}_3$, Pt-TiO_2 , Ag-TiO_2 , а также Pd-ZrO_2 и других инициировать, подобно ЦП в фотослоях на основе несеребряных и малосеребряных носителей светочувствительности, протекание с их участием реакций химического осаждения металлов или сплавов в растворах ФП и растворах химической металлизации примечательно по ряду причин. В данном случае открывается путь к получению из низкопроцентных пленочных катализаторов высокопроцентных катализаторов различного регулируемого состава: концентрация зародышевых частиц благородных металлов в пленочной структуре определяет концентрацию осаждающихся на них частиц металла из раствора ФП, а время контакта с раствором — их размеры и количество осаждаемого металла.

Осаждение на носителях пленок из оксидов с использованием реакций гидролитического или пиролитического разложения веществ можно рассматривать не только как метод получения металлносенных катализаторов, но также как метод модифицирования носителей с целью придания их поверхности определенных свойств. В частности, нами установлено, что некоторые оксиды (TiO_2 , ZnO , ZrO_2 , SnO_2 , MoO_3 , WO_3 и др.) могут подвергаться фотохимическому активированию или активированию при воздействии на них водорода. Активирование выражается в приобретении оксидами свойства восстанавливать ионы благородных металлов из их растворов с образованием мелкодисперсных частиц, которые, как и в только что рассмотренном случае, могут подобно ЦП в фотослоях инициировать протекание РХО в растворах ФП. Таким образом, сочетание процессов активирования оксидов в пленочных структурах и РХО на них металлов из растворов ФП открывает еще один интересный путь получения, изучения и регулирования химического состава КА структур. При этом не исключается возможность последующих химических видоизменений состава пленочных структур за счет осуществления реакций в газовой (окислительной, восстановительной, инертной) или жидкой среде, приводящих к образованию соответственно низших или высших оксидов, сульфидов и других основных или промежуточных соединений.

Пленочные структуры металл-оксид — реальные катализаторы. К настоящему времени изучены каталитические свойства структур металл-оксид на традиционных носителях в реакциях изомеризации бутена-1 в бутены-2, окисления метанола в формальдегид [8], окисления углеводородсодержащих газов [12] и окиси углерода [16], дегидрирования циклогексана [1]. В опытах по изомеризации бутена, проводившихся с участием Д. И. Клевчени и Н. М. Борисовой, изучены свойства палладиевых катализаторов на карборунде. Установлено, что в случае катализаторов, полученных пропиткой носителя в растворе PdCl_2 с последующим разложением этого вещества на воздухе, степень превращения бутена-1 $\rightleftharpoons$ бутен-2 (*цис*+*транс*-формы) составляет более 70 % при содержании палладия 0,1 %. Равновесная степень превращения бутена-1 в *цис*-бутен-2, соответствующая термодинамическим характеристикам этих соединений при температуре 110 °С, как в наших опытах, составляет ~ 71 %. Для более стабильного *транс*-изомера эта величина близка к 90 %. Снижение содержания Pd в катализаторах до 0,01 % приводит к уменьшению степени конверсии почти вдвое (в условиях проводившихся опытов). На катализаторах, представляющих собой пленочные структуры Pd-TiO_2 - или $\text{Pd-Al}_2\text{O}_3$ -носитель, в которых содержание Pd уменьшено до 0,005—0,01 %, степень превращения бутена-1 сохраняется

выше 70 %. В данном случае понижение степени конверсии наблюдается лишь для катализаторов, содержащих Pd в количестве 0,001 %.

Важно отметить, что применение катализаторов на основе пленочных структур позволяет вести процесс изомеризации достаточно селективно. Наиболее приемлемой с этой точки зрения является система Pd-Al₂O₃-носитель: селективность составляет 99,5 %, степень конверсии 72,9 % (при содержании Pd примерно в 10 раз меньшем количестве, чем в обычном пропиточном катализаторе).

При изучении влияния состава и условий получения пленочных структур, содержащих одновременно платину, палладий и оксид алюминия, формируемых при пиролизе осажденной на носитель (Al₂O₃) пленки резината алюминия с соединениями Pd и Pt, на стабильность работы и выходной сигнал термokatалитических преобразователей (ТП), используемых в приборах для обнаружения метана, установлено [12], что рабочие характеристики ТП зависят от количества активных компонентов (Pd, Pt), их соотношения, условий формирования и времени работы. Введение в пропиточный раствор резината алюминия позволило получить Pd-Pt-Al₂O₃-катализаторы, которые характеризуются высокой активностью в реакции глубокого окисления метана и не изменяющейся при длительном режиме работы ТП.

Пленочные структуры Ag-TiO₂- и Ag-Al₂O₃, сформированные на радиотехнической керамике из резинатов, как показано в [8], эффективно окисляют метанол до формальдегида при содержании серебра на уровне 1—4 %. В этих опытах выход формальдегида на катализаторе с Ag 1 % составил 75,1 % при селективности 89,6 %. В идентичных условиях на промышленном катализаторе, содержащем 36 % серебра, эти показатели равны 73,1 и 89,5 % соответственно.

Активные в катализе структуры металл-оксид — модели металлнанесенных катализаторов. Сложность явления катализа делает чрезвычайно затруднительным создание такой модели активной поверхности, которая в максимальной мере отражала бы свойства реальных катализаторов, была удобной для экспериментального изучения разными методами, способствовала бы развитию теории катализа и усовершенствованию традиционных методов приготовления катализаторов.

В свое время С. З. Рогинским [31] были сформулированы требования к модели активной в катализе поверхности:

- 1) в основу модели необходимо положить структуры, существование которых реально доказано или, по крайней мере, весьма правдоподобно;
- 2) появление этих структур в условиях образования катализатора должно быть, по меньшей мере, вероятным;
- 3) структуры должны проявлять особые свойства, характеризующие активные контакты, а также быть устойчивыми в условиях работы катализатора.

Всем этим требованиям удовлетворяют пленочные структуры металл-оксид на гладких подложках: стекле, кварце, слюде, монокристаллах поваренной соли и др. При этом облегчается задача изучения разными методами свойств пленочных структур, моделирующих реальную поверхность металлнанесенного катализатора, процессов, протекающих в них при нагревании и воздействии реакционных сред, зависимости свойств от химического состава компонентов, их соотношения и т. д.

Высокая чувствительность РХО к присутствию небольших по размерам частицам металла-катализатора в КА структурах позволяет использовать эти реакции в сочетании с электронно-микроскопической методикой для изучения мест локализации таких частиц на поверхности носителя (если они вначале не видны в электронном микроскопе, то их «визуализируют» путем осаждения небольших количеств серебра), их поверхностной концентрации (ПК) и зависимости свойств частиц от условий получения и воздействия различных сред. Установлено, что инициировать РХО металлов из растворов ФП могут также частицы благородных металлов в составе обычных металлнанесенных катализа-

торов. Таким образом, все сказанное относительно возможностей осаждения регулируемых количеств металлов и использования ФП в качестве своеобразного метода исследования относится также к металланесенным катализаторам, получаемым традиционными методами.

Экспериментальные результаты, полученные в [1—17] с использованием электронно-микроскопических, электронографических, спектрофотометрических и других методов, подтверждают, что КА структуры металл-оксид на гладких подложках действительно являются удобными для исследования моделями активной поверхности металланесенных катализаторов разного состава. В этих работах сопоставлено поведение при нагревании в окислительной и восстановительной атмосфере частиц благородных металлов в пленочных структурах Pd-TiO_2 , Pt-TiO_2 , $\text{Pd-Al}_2\text{O}_3$, Pd-ZnO , Ag-TiO_2 и других, полученных тремя методами: 1) пиролизом резинатов в сочетании с соединениями благородных металлов; 2) методами, моделирующими пропитку носителей в растворах солей; 3) вакуумным осаждением металлов на оксидные пленки из резинатов. Выбор резинатов в качестве исходных соединений обусловлен простотой их синтеза и комплексом полезных свойств, присущих труднокристаллизующимся на воздухе веществам [1, 3]. В наших исследованиях общая толщина пленок составляла не более 100 нм. Основные результаты проведенной работы состоят в следующем.

Оптимальные условия для получения устойчивых при нагревании монодисперсных частиц металлов с малыми размерами обеспечиваются в том случае, когда такие частицы формируются вместе с термостойким оксидом, что позволяет предотвратить процесс агрегирования при прогреве независимо от химической природы оксида (метод 1). Эти условия менее благоприятны, когда частицы металла осаждаются на оксид с использованием традиционного метода пропитки или вакуумного осаждения (методы 2, 3). Этот результат имеет принципиальное значение, так как открывает реальный путь к получению катализаторов с улучшенными по сравнению с существующими эксплуатационными характеристиками за счет концентрирования частиц катализатора в тонком поверхностном слое носителя и, таким образом, более эффективного их использования в каталитическом процессе при сохранении за счет структурной неоднородности системы ее высокой термической устойчивости. Существенно, что подобные системы характеризуются также высокой прочностью сцепления с подложкой.

При прогреве на воздухе и в водороде до 500 °С частицы металлов в пленочных структурах, приготовленных по методу 1, увеличиваются весьма несущественно. Поверхностная концентрация частиц уменьшается незначительно. В двух других случаях увеличение размеров частиц и уменьшение их поверхностной концентрации выражено в большей степени. Отмеченное различие становится еще более заметным с повышением температуры до 800 °С.

Высокая термическая устойчивость структур металл-оксид, сформированных одновременно, может быть следствием особенностей их «конструкции» и более глубокого взаимодействия между компонентами (металлов и оксидов) на стадии приготовления.

Прогрев КА структур на основе резинатов на воздухе и в водороде практически не приводит к капсулированию частиц входящими в их состав оксидами, и они способны инициировать протекание РХО серебра или меди из растворов ФП. Использование ФП позволяет получить данные о некоторых свойствах частиц, первоначально невидимых в электронном микроскопе: установить места их локализации, поверхностную концентрацию и особенности превращения из неактивного в активное по отношению к осаждаемому на них серебру из растворов ФП состояние в результате различных воздействий на КА структуры (прогрев на воздухе или в водороде, обработка растворами восстановителей, в частности NaBH_4 и др.).

Таким образом, рассмотренные в работе данные указывают на прин-

ципиальную возможность существенного упрощения традиционных методов приготовления металлнанесенных катализаторов, поскольку активные в катализе структуры, включающие частицы металлов или сплавов и компоненты обычных носителей, могут быть сформированы на твердой поверхности как единая система, подобно тому как это достигается при изготовлении некоторых устройств электронной техники. Открывается также возможность ограничения круга носителей для КА структур металл-оксид. Частицы катализатора в данном случае оказываются изолированными от носителя пленочным оксидом, характер взаимодействия с которым определяет каталитические свойства системы. Функция носителей для КА структур, по существу, может быть сведена к тому, чтобы обеспечивалась необходимая поверхность катализатора, требуемая пористость и прочное сцепление с ними пленочных структур.

Следует отметить, что появляется принципиальная возможность управления свойствами КА структур: активностью, селективностью и термической стабильностью за счет их «конструирования» подобно устройствам электронной техники путем соответствующего выбора исходных соединений, соотношения компонентов и условий формирования на носителях, обеспечивающих получение частиц катализаторов заданного размера и с требуемой поверхностной концентрацией. Для получения КА структур представляется перспективным сочетание методов пленочной технологии и методов дополнительного регулирования их состава с использованием реакций химического осаждения металлов из растворов физических проявителей или растворов химической металлизации диэлектриков.

Пленочные структуры металл-оксид можно рассматривать как правдоподобную модель активной поверхности металлнанесенных катализаторов. Эта модель удобна для исследования и согласуется с общепринятыми представлениями о том, что активность катализаторов в реальных каталитических процессах определяется разными факторами — их химическим составом и физическим состоянием.

По существу неограниченные возможности предложенных методов формирования КА структур регулируемого химического состава на твердой поверхности позволяют надеяться на получение в будущем новых полезных результатов, проливающих свет на взаимосвязь их химических и «конструкционных» особенностей с каталитическими свойствами. Это должно способствовать развитию теории катализа и разработке новых перспективных методов приготовления катализаторов с прогнозируемыми эксплуатационными характеристиками.

Автор пользуется случаем, чтобы выразить глубокую благодарность члену-корреспонденту АН БССР Вадиму Васильевичу Свиридову за обсуждение рассмотренных в статье результатов исследований.

Список литературы

1. Браницкий Г. А. // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1982. № 3. С. 20.
2. Браницкий Г. А. Вопросы кинетики и катализа. Закономерности формирования гетерогенных катализаторов: Межвуз. сб. науч. тр. Иванова, 1983. С. 20.
3. Браницкий Г. А., Мальченко С. Н., Мычко Д. И., Рахманов С. К. Каталитические свойства частиц палладия, распределенных в пленках диоксида титана, в реакциях химического осаждения металлов из растворов / Редкол. ж. «Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр.» Минск, 1983. 28 с. Деп. в ВИНТИ 27.01.83. № 502-83.
4. Браницкий Г. А., Мальченко С. Н., Воробьева Т. Н., Борисова Н. М., Мычко Д. И. Каталитические свойства частиц серебра, распределенных в пленках диоксида титана, в реакциях химического осаждения серебра из водных растворов / Редкол. ж. «Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр.» Минск, 1983. 25 с. Деп. в БелНИИТИ 05.08.83. № 762. Б-д-83-26.
5. Браницкий Г. А. // Тез. докл. IV Всесоюз. совещ. по применению МОС для получения неорганич. покрытий и материалов. Горький, 1983. С. 105.
6. Мычко Д. И., Мальченко С. Н., Браницкий Г. А. Там же. С. 107.

7. Браницкий Г. А. // Тез. науч. конференц. проф.-препод. состава, посвященной 60-летию БГУ имени В. И. Ленина. Минск, 1982. С. 129.
8. Борисова Н. М., Браницкий Г. А., Макарун В. Н., Матвейчук С. В., Потапович А. К. Там же. С. 124.
9. Браницкий Г. А., Мычко Д. И., Мальченко С. Н. // Докл. АН БССР. 1984. Т. 28, № 10. С. 914.
10. Браницкий Г. А., Свиридов В. В., Мальченко С. Н. // Тез. докл. I Всесоюз. совещ. по проблемам дезактивации катализаторов. Уфа, 1985.
11. Браницкий Г. А., Мальченко С. Н., Мычко Д. И. // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1985. № 1. С. 13.
12. Мальченко С. Н., Баран С. В., Браницкий Г. А., Мычко Д. И., Ачасова Т. А. Там же. 1986. № 1. С. 3.
13. Мычко Д. И., Мальченко С. Н., Стрельцов Е. А., Браницкий Г. А., Кулак А. И., Свиридов В. В. // Весці АН БССР. Сер. хім. навук. 1986. № 4. С. 42.
14. Браницкий Г. А., Мальченко С. Н., Мычко Д. И. Там же. № 2. С. 50.
15. Свиридов В. В., Мальченко С. Н., Браницкий Г. А., Ермоленко В. И., Лычковский Ю. Н. Там же. № 6. С. 23.
16. Иванькович Е. Ф., Буганова Л. Ф., Полякова В. П., Мычко Д. И., Петкевич Т. С., Мицкевич Н. И. Там же. № 3. С. 36.
17. Ермоленко В. И., Мальченко С. Н., Браницкий Г. А., Полягошко Т. Ю. // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 2. С. 9.
18. Свиридов В. В. // Несеребряные фотографические процессы. Л., 1984. С. 242.
19. Свиридов В. В., Соколов В. Г., Браницкий Г. А. // J. Signalauiz. Mater. 1984. V. 12. № 4. P. 211.
20. Свиридов В. В., Браницкий Г. А., Рахманов С. К., Хвалюк В. Н. Там же. 1985. Т. 13. № 1. С. 11.
21. Браницкий Г. А., Свиридов В. В., Рогач Л. П. // Ж. науч. и приклад. fotogr. и кинематогр. 1986. № 1. С. 43.
22. Бочкарев Б. А., Бочкарева В. А. Керметные пленки. Л., 1975.
23. Технология тонких пленок: Справочник / Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнта. М., 1977. Т. 1.
24. Там же. Т. 2.
25. Берри Р., Холл П., Гаррис М. Тонкопленочная технология. М., 1972.
26. Ермаков Ю. И., Захаров В. А., Кузнецов Б. И. Закрепленные комплексы на окисных носителях в катализе. Новосибирск, 1980.
27. Суйковская Н. В. Химические методы получения тонких прозрачных пленок. Л., 1971.
28. Шрёдер Х. Физика тонких пленок. М., 1972. Т. 5. С. 84.
29. Пат. США 3004863, 1960.
30. Пат. США 3387994, 1965.
31. Рогинский С. З. Гетерогенный катализ. М., 1979.

УДК 541.127

С. В. ВЯЗОВКИН, А. И. ЛЕСНИКОВИЧ

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФОРМАЛЬНОГО ПОДХОДА В КИНЕТИКЕ ТВЕРДОФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ

Применение аппарата формальной кинетики для установления механизма твердофазных процессов неоднократно и заслуженно критиковалось [1—3]. Данная работа не имеет своей целью ни дальнейшего развития критики, ни, тем более, ее опровержения. Основная задача статьи состоит в том, чтобы с учетом имеющихся критических замечаний выработать конструктивную позицию, которая позволила бы очертить область корректного применения формального подхода при изучении твердофазных процессов. В свете поставленной задачи представляется необходимым ответить на три вопроса: во-первых, почему формальный подход не позволяет установить истинного механизма процесса; во-вторых, какую информацию в принципе может дать формальный подход; в-третьих, как лучше получить эту информацию.

Первый вопрос необходимо рассматривать в единстве трех аспектов: формального, экспериментального и приборного.

В формальном аспекте для установления механизма процесса необходимо однозначно определить кинетическое уравнение, в соответствии с которым происходит реальный процесс. Основным препятствием в данном случае является неоднозначность решения обратной кинетической задачи, состоящая в том, что реальная кинетическая кривая одинаково хорошо описывается целым набором уравнений, призванных отражать

совершенно различные особенности топохимических реакций. Среди причин неоднозначности, скрывающихся в формальном описании, наиболее часто отмечаются следующие [2—4]: функциональные зависимости, выражающие определенные кинетические законы, неразличимы в пределах экспериментальных ошибок; формальные модели процессов плохо описывают начальные и конечные участки кинетических кривых, так как им соответствуют различные по механизму процессы; модели не учитывают процессов саморазогрева (самоохлаждения) вещества в ходе реакции, а также не отражают и специфической реакционной способности конкретного образца исследуемого вещества (количество дефектов, их распределение и т. д.).

Очевидно, что все эти причины неоднозначности являются результатом несовершенства (неполноты) формальных моделей по отношению к реальному процессу. Данная неполнота в конечном счете и порождает неоднозначность на уровне формального описания процесса. При этом следует иметь в виду, что если и удастся описать кинетику твердофазного процесса однозначно, т. е. единственным уравнением, то интерпретация результатов и в этом случае будет неоднозначна [4]. Это является следствием того, что одно и то же кинетическое уравнение может быть получено из разных предположений о механизме, положенном в основу его вывода. Например, в [5] из трех различных предположений выведено уравнение сжимающейся сферы.

В экспериментальном аспекте для установления механизма реального процесса необходимо, чтобы процесс был простым, т. е. состоял из одной или нескольких последовательных стадий. Однако прямые методы исследования механизма твердофазных процессов указывают на их сложный характер. Так, например, для процесса дегидратации щавелевой кислоты было найдено [6], что его кинетика определяется одновременным протеканием реакции на границе раздела фаз и ядрообразованием в объеме кристалла.

* Попытки выделить простой процесс в чистом виде за счет подбора экспериментальных условий имеют существенные ограничения, накладываемые практическими требованиями на условия протекания процесса. С другой стороны, даже очень тонкие исследования дегидратации монокристаллов в вакууме доказывают, что твердофазный процесс является макрокинетическим на микроуровне [7].

Таким образом, можно утверждать, что формальный подход не раскрывает процесса не только из-за неполноты формальных моделей, но и потому, что в подавляющем большинстве случаев твердофазные реакции представляют собой сложную совокупность процессов, каждый из которых дает значимый вклад в скорость реакции.

Приборный аспект вопроса состоит в том, что наиболее распространенные приборы, используемые для изучения кинетики твердофазных процессов, дериватографы, калориметры, газовые волюмометры и т. д. измеряют изменение физических величин, которое не связано с отдельными простыми процессами, а является результатом совокупности одновременно протекающих процессов. Следовательно, традиционно используемая техника исследования твердофазной кинетики представляет данные, имеющие валовую природу и поэтому не отражающие непосредственно механизма.

Поскольку формально-кинетический подход не раскрывает механизма твердофазного процесса, становится уместным вопрос о принципиальных возможностях этого подхода. Кроме механизма процесса, значительную практическую ценность имеет знание параметров температурной зависимости скорости процесса, которая традиционно представляется уравнением Аррениуса. Однако для расчета аррениусовых кинетических параметров необходимо задаться конкретным видом формальной модели процесса, выбор которой, как было отмечено выше, неоднозначен, поэтому в [8] отмечается, что основная проблема в решении обратной кинетической задачи состоит в том, что не существует метода автоматиче-

ского синтеза моделей процесса, соответствующих конкретной кинетической кривой. Здесь уместно сделать одно уточнение — не существует метода автоматического синтеза моделей в явном виде. Это значит, что при наличии некоторого обобщенного описания, способного в неявном виде представить любой процесс (т. е. формально описать соответствующую ему кинетическую кривую), можно получить кинетические параметры, не задаваясь явным видом модели.

Использование обобщенного описания позволяет уйти от неоднозначности обратной кинетической задачи, что выражается в однозначном определении кинетических параметров. Относительно природы последних следует отметить, что они в результате указанных экспериментальных причин, а также в силу обобщенного характера формального описания, будут валовыми (эффективными).

Таким образом, формальный подход к исследованию твердофазных процессов позволяет получить эффективные значения кинетических параметров, знание которых необходимо для решения различного рода инженерных задач. В качестве примера можно привести задачу расчета скоростей горения при условии, что они лимитируются реакцией в твердой фазе. Причем именно в этом случае крайне важны надежные значения кинетических параметров, так как даже малые ошибки в их определении при температуре разложения оборачиваются очень большими ошибками в оценке скорости процесса при температуре горения.

Для ответа на вопрос о том, как получить надежные значения эффективных кинетических параметров, следует подробнее остановиться на методологических аспектах формального описания процессов.

Сложившаяся методология решения обратной кинетической задачи основывается на принципе однозначного описания, который выражается в необходимости выбора единственной «лучшей» формальной модели процесса для расчета кинетических параметров. Однако, как показано выше, такой выбор всегда неоднозначен, что, в частности, привело к выдвинутому в [9] предложению об отказе от выбора единственной модели. По существу этот отказ эквивалентен отказу от принципа однозначного описания, составляющего основу общепринятой методологии решения обратной кинетической задачи. В результате возникает новая проблема, сформулированная в [10] следующим образом: «...научиться осмысливать явления мира, если каждое из них будет даваться не одной лучшей моделью, а веером моделей». Выдвинутая в [10] концепция «веера моделей» явилась отправной точкой поиска альтернативы для методологии однозначного описания.

Основу альтернативной методологии составляет хорошо известный принцип дополнительности, на необходимость применения которого в случае неоднозначных описаний указывается, например, в [11]. Этот принцип позволяет рассматривать конкурирующие в рамках методологии однозначного описания формальные модели как взаимодополняющие друг друга, а также строить синтетические или обобщенные описания процесса.

Следует отметить, что отрицание способности формального подхода раскрыть механизм реального процесса с помощью отдельных элементарных моделей не ведет к отрицанию его способности давать определенную информацию о процессе вообще. Откуда, в частности, вытекает, что информативность синтетического или обобщенного формального описания будет выше по сравнению с описанием отдельными формальными моделями. Этот факт может быть строго доказан на основе методов теории информации.

Большая информативность методологии, основанной на принципе дополнительности, по сравнению с таковой, основанной на принципе однозначного описания, приводит к более определенному описанию процесса. Последнее обстоятельство выражается в возможности более точного определения эффективных значений кинетических параметров твердофазного процесса. При этом увеличение точности является естественным

следствием обратно пропорциональной зависимости между ошибкой в определении параметра и количеством информации, затраченной на его определение [12].

Приведем несколько примеров использования обобщенных описаний процесса для получения эффективных значений кинетических параметров. Так, например, в качестве обобщенного описания может использоваться хорошо известное кинетическое уравнение Аврами — Ерофеева [1]. Его отличительной чертой является способность описывать, кроме образования и роста зародышей, процессы самой различной природы [1]. По этой причине данное уравнение может заменять при формально-кинетическом анализе практически любую из формальных моделей, что, в частности, убедительно продемонстрировано в [13]. Кроме того, обобщенное описание твердофазного процесса предложено в [14], где формальная модель представляется в виде $f(\alpha) = \alpha^m (1 - \alpha)^n [-\ln(1 - \alpha)]^p$. Очевидно, что в зависимости от значений m , n и p $f(\alpha)$ может принимать вид практически любой формальной модели процесса.

Относительно этих методов следует отметить, что они занимают как бы промежуточное положение между методологией однозначного описания и методологией дополнительности, так как в них для описания процесса используется одно уравнение, которое, однако, обладает широкой описательной способностью, т. е. чертами обобщенного описания. В полной мере принцип дополнительности используется в тех случаях, когда описание процесса строится с помощью совокупности кинетических уравнений. Конкретными примерами являются разработанные авторами [15, 16] методы, суть которых кратко представлена ниже.

Метод инвариантных кинетических параметров [15] использует при обобщенном описании процесса кажущиеся компенсационные зависимости. Инвариантные кинетические параметры находятся как точка пересечения соответствующих этим зависимостям прямых, число которых равно числу скоростей нагрева при неизотермическом режиме исследования. Метод, предложенный в [16], для обобщенного описания твердофазных процессов использует понятие класса формальных моделей. Формальные модели из одного класса характеризуются близостью математических свойств, при этом каждый из классов соответствует определенному типу твердофазного процесса (диффузия, зародышеобразование, развитие поверхности раздела). После анализа реального процесса на соответствие определенному классу могут быть найдены эффективные значения кинетических параметров. Подробному изложению двух последних методов с примерами практических расчетов эффективных значений кинетических параметров посвящены работы [15—19].

Суммируя изложенное, отметим, что суть конструктивной позиции по отношению к применению формального подхода для исследования твердофазных процессов может быть сформулирована следующим образом: формальный подход не может раскрыть механизма твердофазного процесса, однако позволяет рассчитать эффективные значения кинетических параметров, которые могут использоваться в практических расчетах. Для надежного нахождения таких значений авторы предлагают использовать обобщенные описания, основанные на принципе дополнительности.

Список литературы

1. Продан Е. А. Неорганическая топочимия. Минск, 1986.
2. Розовский А. Я. Кинетика топочимических реакций. М., 1974.
3. Дельмон Б. Кинетика гетерогенных реакций. М., 1972.
4. Продан Е. А., Павлюченко М. М. Гетерогенные химические реакции. Минск, 1965. С. 20.
5. Пысяк Я. Гетерогенные химические реакции. Минск, 1970. С. 71.
6. Тапака Н. // J. Thermal Anal. 1984. V. 29, N 5. P. 1115.
7. Ляхов Н. З. // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. науки. 1985. Вып. 2. №5. С. 3.
8. Димитров В. И. Простая кинетика. Новосибирск, 1982. С. 232.
9. Налимов В. В., Голикова Т. И. Логические основания планирования эксперимента. М., 1981.

10. Налимов В. В. // Ж. Всесоюз. хим. об-ва. 1980. Т. 25. № 1. С. 3.
11. Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. М., 1966. С. 92.
12. Бард И. Нелинейное оценивание параметров. М., 1979.
13. Blumenthal G. // Z. Chem. 1982. В. 22. N 2. S. 49.
14. Sestak J., Berggren G. // Thermochim. Acta. 1971. V. 3. N 1. P. 1.
15. Lesnikovich A. I., Levchik S. V. // J. Thermal Anal. 1983. V. 27. N 1. P. 87.
16. Vyazovkin S. V., Lesnikovich A. I. // J. Thermal Anal. 1987. V. 32. N 1. P. 209.
17. Lesnikovich A. I., Levchik S. V., Guslev V. G. // Thermochim. Acta. 1984. V. 77. N 2. P. 357.
18. Levchik S. V., Levchik G. F., Lesnikovich A. I. // Proc. ICTA 85. Bratislava. Thermochim. Acta., 1985. V. 92. P. 157.
19. Lesnikovich A. I., Levchik A. I. // J. Propul. Power. 1985. V. 1. N 4. P. 311.

УДК 541.013+536.64

А. П. КРАСУЛИН, А. А. ҚОЗЫРО

ДАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННОГО ПАРА 1,1- и 1,3-ДИМЕТИЛМОЧЕВИНЫ

1, 1-Диалкилмочевина применяются в качестве антиокислительных присадок к топливам и маслам, а 1, 3-диалкилмочевина используются при синтезе подслащивающих агентов и как заменители сахара [1]. Термодинамические свойства этих соединений практически не изучены. Исключение составляют лишь работы [2], где определена энтальпия плавления четырех метилпроизводных мочевины, и [3], в которой рассчитана энтальпия образования 1, 1-диметилмочевины на основании результатов по энтальпии сгорания.

Нами предпринято систематическое исследование давления насыщенного пара алкил- и арилпроизводных мочевины с целью получения системы данных для расчета энтальпии и энтропии парообразования по аддитивным схемам.

В настоящей работе измерено давление насыщенного пара над твердой 1, 1-диметилмочевинной в интервале температур 323—372 К, над твердой и жидкой 1, 3-диметилмочевинной (317—409 К), а также измерена теплосмекость кристаллической 1, 1-диметилмочевины при температурах 140—390 К.

Синтез 1, 1-диметилмочевины проводили взаимодействием нитро мочевины с диметиламином по методике [4]. Полученный образец 1, 1-диметилмочевины и коммерческий препарат 1, 3-диметилмочевины многократно перекристаллизовывали из хлороформа и подвергали двухкратной сублимации в вакууме при температуре 370 К (1, 1-диметилмочевина) и 355 К (1, 3-диметилмочевина).

Содержание углерода в 1, 1- и 1, 3-диметилмочевине, по данным гравиметрического анализа, 99,99 и 99,94 % от теоретического соответственно.

Идентификация образцов подтверждена ЯМР-спектрами (спектрометр TESLA BS467A).

Измерения давления пара проводили интегральным эффузионным методом Кнудсена с применением камеры из нержавеющей стали диаметром 10, высотой 10 и толщиной стенки 1 мм. В качестве диафрагмы использовали никелевую фольгу толщиной 0,05 мм с эффузионным отверстием диаметром 0,258 мм. Ранее нами установлено [5], что при такой геометрии эффузионной камеры отличие измеряемого кнудсеновского давления пара P_K от равновесного не превышает 1 %. Методика измерений аналогична [5]. Особенностью является лишь использование масляного термостата при температурах выше 370 К, а также применение образцового платинового термометра сопротивления ПТС для термометрических измерений. Кроме того, поправку на убыль массы в нестационарном режиме испарения Δm определяли по следующей схеме:

$$\Delta m = \Delta m_1 + \Delta m_2, \quad (1)$$

Таблица 1

Экспериментальные значения кнудсеновского давления пара P_K
над кристаллической 1, 1-диметилмочевиной

T, K	$P_K, \text{Па}$	$m \cdot 10^4, \text{кг}$	$\tau, \text{с}$
323,18	0,287	6,12	216767
328,17	0,506	5,72	115770
333,47	0,882	6,31	73800
338,06	1,43	5,96	43200
343,14	2,55	7,13	29290
348,21	4,01	6,85	18000
353,12	6,67	6,78	10800
359,83	12,04	8,09	7200
363,39	16,86	8,45	5400
368,17	25,54	11,07	4700
372,32	37,96	12,57	3610

где Δm_1 — убыль массы в процессе нагревания образца от комнатной температуры до температуры опыта T и последующего термостатирования при температуре T примерно 10—15 мин в атмосфере гелия; Δm_2 — убыль массы при температуре T в период от начала вакуумирования до достижения предельного вакуума ($7 \cdot 10^{-3}$ Па) в измерительной установке.

В результате предварительных опытов с бензойной кислотой и мочевиной при температурах 350—370 К найдено, что поправка Δm_1 пренебрежимо мала и не превышает 0,1 % от общей убыли массы в процессе опыта.

Продолжительность нестационарного периода, за который происходит убыль массы Δm_2 , можно заменить некоторым эффективным временем τ_x , в течение которого при стационарном режиме испарения убыль массы была бы аналогичной. На основании многочисленных опытов с бензойной кислотой установлено, что величина τ_x практически не зависит от температуры и для нашей установки составляет 54 ± 2 с, поэтому в дальнейшем к основному времени каждого опыта прибавлялось эффективное время τ_x , равное 54 с.

Масс-спектрометрический анализ паров исследованных веществ (масс-спектрометр МАТ-311 фирмы Varian) показал отсутствие ассоциатов в парах, поэтому при расчетах кнудсеновского давления пара P_K принимали, что пар имеет мономолекулярный состав.

Экспериментальные значения кнудсеновского давления пара P_K над твердой 1, 1-диметилмочевиной, твердой и жидкой 1, 3-диметилмочевиной приведены в табл. 1—3. Здесь же указаны убыль массы m и продолжительность τ для каждого опыта.

Результаты измерений P_K , обработанные методом наименьших квадратов, могут быть представлены в виде следующих уравнений.

Твердая 1,1-диметилмочевина (323—372 К):

$$\ln(P_K/\text{Па}) = (35,617 \pm 0,133) - (11914 \pm 46) T^{-1}; \quad (2)$$

твердая 1, 3-диметилмочевина (317—381 К):

$$\ln(P_K/\text{Па}) = (33,628 \pm 0,163) - (11073 \pm 57) T^{-1}; \quad (3)$$

жидкая 1, 3-диметилмочевина (381—409 К):

$$\ln(P_K/\text{Па}) = (28,569 \pm 0,287) - (9144 \pm 114) T^{-1}. \quad (4)$$

Таблица 2

Экспериментальные значения кнудсеновского давления пара P_K
над кристаллической 1, 3-диметилмочевиной

T, K	$P_K, \text{Па}$	$m \cdot 10^6, \text{кг}$	$\tau, \text{с}$
317,14	0,284	7,27	257664
321,16	0,435	7,42	172854
325,22	0,653	6,92	108054
329,31	1,01	8,28	83924
332,97	1,43	7,74	55933
336,41	2,00	9,42	48768
340,05	2,80	8,72	32470
343,12	3,75	9,54	26657
346,35	5,59	10,43	19634
349,95	7,15	9,34	13810
353,24	9,86	13,09	14099
356,27	11,79	12,06	10912
360,91	18,27	12,08	7099
364,80	28,00	11,81	4552
364,83	28,36	11,97	4555
366,08	29,75	15,05	5470
369,05	39,09	13,16	3654
372,66	49,97	16,74	3654
377,61	73,09	25,21	3787
380,72	91,18	31,12	3763

Таблица 3

Экспериментальные значения кнудсеновского давления пара P_K
над жидкой 1, 3-диметилмочевиной

T, K	$P_K, \text{Па}$	$m \cdot 10^6, \text{кг}$	$\tau, \text{с}$
382,87	106,7	35,27	3655
384,55	121,0	39,98	3660
385,63	133,7	33,19	2754
388,03	147,3	40,66	3072
391,33	184,9	41,22	2492
394,62	223,4	37,66	1893
396,84	253,5	41,75	1854
399,38	298,9	41,33	1562
402,61	347,4	47,71	1557
402,76	349,3	44,17	1434
402,77	345,9	51,71	1696
404,50	381,9	52,59	1565
405,90	415,0	53,15	1458
407,69	489,0	66,61	1554
409,22	484,3	58,21	1374

Погрешность коэффициентов в уравнениях (2) — (4) оценивалась величиной доверительного интервала с уровнем значимости 0,05.

Измерения теплоемкости C_p 1, 1-диметилмочевины с погрешностью, не превышающей 2 %, проводили методом тройного теплового моста [6]. Для исследований использовался образец в виде таблетки диаметром 10,8 мм и массой 1,1881 г. Нагревание образца осуществлялось в атмосфере аргона при давлении 40—50 гПа со скоростью 2 град/мин. Экспериментальные значения C_p (Дж·моль⁻¹·К⁻¹), полученные в двух сериях измерений в области температур 170—370 К, усреднялись и были аппроксимированы уравнением

$$C_p = 55,98 + 25,67 \cdot 10^{-2} \cdot T. \quad (5)$$

Монотонная зависимость $C_p = f(T)$ указывает на отсутствие фазовых превращений в кристаллической 1, 1-диметилмочевине в интервале температур 140—390 К.

Из уравнений (3) и (4) следует, что энтальпия сублимации и энтальпия испарения при температурах 350 К и 395 К равны $92,1 \pm 0,5$ и $76,0 \pm 1,0$ кДж моль⁻¹ соответственно. Отсюда, согласно закону Гесса, находим энтальпию плавления 1, 3-диметилмочевины в тройной точке: $\Delta_{пл}H = 16,0 \pm 1,5$ кДж·моль⁻¹. Решая систему уравнений (3) и (4), определяем координаты тройной точки 1, 3-диметилмочевины: $T_{тр.} = 381,23$ К; $P_{тр.} = 97,75$ Па.

Энтальпия сублимации 1, 1-диметилмочевины при $T = 350$ К, найденная из уравнения (2), равна $99,1 \pm 0,4$ кДж·моль⁻¹.

Значение энтальпии плавления 1, 3-диметилмочевины, полученное из наших эффузионных измерений, находится в разумном соответствии с результатом калориметрических и криоскопических измерений [2]: $\Delta_{пл}H = 13,0 \pm 0,1$ кДж·моль⁻¹. Такое соответствие дополнительно подтверждает предположение о мономолекулярном составе пара над 1, 3-диметилмочевинной.

Следует отметить, что энтальпия сублимации несимметричной диметилмочевины близка к соответствующей величине для мочевины $\Delta_{субл}H = 97,6 \pm 1,0$ кДж·моль⁻¹, хотя равновесное давление пара над мочевиной при одинаковых температурах в 15 раз ниже.

Несколько меньшее значение энтальпии сублимации симметричной диметилмочевины и более высокое давление равновесного пара над ней по сравнению с 1, 1-диметилмочевинной, на наш взгляд, обусловлено ослаблением межмолекулярного взаимодействия за счет меньшей полярности группы $-\text{N} \begin{smallmatrix} \nearrow \text{CH}_3 \\ \searrow \text{H} \end{smallmatrix}$ по сравнению с полярностью аминогруппы.

Список литературы

1. Вишнякова Т. П., Голубева И. А., Глебова Е. В. // Успехи химии. 1985. Т. 54. № 3. С. 429.
2. Zordan T. A., Hurkot D. G., Peterson M., Hepler L. G. // Thermochim. Acta. 1972. V. 5. P. 21.
3. Смирский В. В., Кабо Г. Я. // IV Всесоюз. конференц. по термодинамике органических соединений: Тез. докл. 5—7 июня 1985 г. Куйбышев, 1985. С. 56.
4. Препаративная органическая химия. // Пер. с польск.; Под ред. Н. С. Вульфсона. М., 1959. С. 807.
5. Красулин А. П., Козыро А. А., Далидович С. В. // ЖФХ. 1986. Т. 60. № 10. С. 2580.
6. Вечер А. А., Гусаков А. Г., Козыро А. А. // Термодинамические свойства твердых металлических сплавов: Материалы 3-го Всесоюз. науч.-техн. совещ. по термодинамике металл. сплавов. Минск, 1976. С. 57.

УПРАВЛЕНИЕ СЕЛЕКТИВНОСТЬЮ РАЗДЕЛЕНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ КАТИОНОВ НА ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ НОСИТЕЛЯХ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Одним из эффективных методов анализа растворов электролитов является метод зонного электрофореза. В последнее время значительно увеличилось качество применяемых в нем носителей — целлюлозных материалов в виде бумаги и мембраны [1, 2]. Как известно, использование модифицированных целлюлозных материалов, в частности монокарбоксилцеллюлозы (МКЦ), карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), содержащих ионогенные группы, позволяет значительно повысить селективность разделения ионов [2, 3]. Процесс существенно зависит от концентрации введенных ионогенных групп, количество которых варьируется условиями синтеза производного целлюлозы. Однако лишь выбором химической структуры и текстуры носителя не удастся осуществить плавного изменения величины подвижности, необходимого для выбора оптимальных режимов разделения.

В этом отношении перспективной, на наш взгляд, кажется возможность управления селективностью разделения не только путем подбора оптимального носителя, но и с помощью физических факторов, в частности УФ излучения. Показано [4, 5], что предварительное кратковременное активирование целлюлозных носителей УФ излучением позволяет повысить селективность разделения. В данной работе нами исследовано влияние режимов воздействия постоянного электрического поля на процесс разделения неорганических катионов на целлюлозном носителе в форме гидратцеллюлозы (ГЦ-мембрана), МКЦ, КМЦ, что, по нашему мнению, является наиболее легко осуществимым и доступным способом управления селективностью разделения.

Экспериментальная часть

В качестве целлюлозных носителей использовали ГЦ-мембрану (целлофан), КМЦ-бумагу, МКЦ-бумагу, МКЦ-мембрану на основе целлофана. МКЦ получали по известной методике путем окисления целлюлозы парами тетраоксида азота в среде инертного газа [6].

Применяли прибор для горизонтального электрофореза Лабор ОЕ-201 (Венгрия). Носители в форме мембраны выдерживали в течение суток, а носитель в форме бумаги — 5—10 мин в растворе ацетатного буферного электролита, затем отжимали между листами фильтровальной бумаги, помещали в камеру прибора и наносили на них 2—4 мкл раствора индивидуальных ацетатных солей, содержащих характерные трудноразделимые катионы Cu^{2+} , Ni^{2+} и Co^{2+} .

Период миграции составлял 2 ч в интервале напряженности электрического поля $4 \cdot 10^2$ — $15 \cdot 10^2$ В/м (длина мембраны и мостиков составляла 40 см) и температуре 20 °С. Постоянство температуры обеспечивалось путем пропускания воды из термостата через встроенную в прибор холодильную камеру. Для исключения взаимодействия разделяемых ионов с продуктами электродных реакций использовалась содержащая раствор электролита ячейка, в которой полимер-носитель отделялся от платиновых электродов мембраной.

Кроме того, электромиграционный перенос осуществляли и по другой методике — методом электрофореза в пачке слоев носителя [7], когда стопку из нескольких слоев ионообменника помещали между плоскими термостатируемыми полыми электродами. На один из слоев ионообменника наносили раствор, содержащий те же катионы металлов, что и в опытах, описанных выше. Период миграции составлял 5 мин в интервале

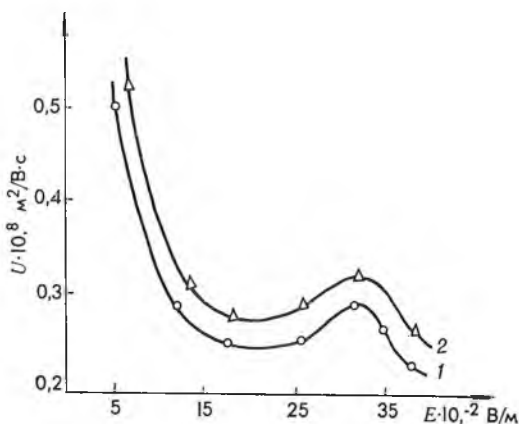
напряженности электрического поля $14 \cdot 10^2$ — $143 \cdot 10^2$ В/м и температуре 20°C .

По окончании эксперимента носители высушивали. Перенесенные ионы проявляли 1 %-ным спиртовым раствором рубеоноводородной кислоты и определяли длину пути их миграции, величину подвижности (U), а также величину относительной подвижности ($D_B^A = U_A/U_B$), где U_A и U_B — подвижности ионов A и B соответственно.

Результаты и их обсуждение

Экспериментальные результаты свидетельствуют о значительной зависимости подвижности неорганических катионов на целлюлозных носителях в форме ГЦ-мембраны, МКЦ, КМЦ от режимов воздействия электрического поля, его напряженности. Подобные закономерности проявляются при измерениях как методом горизонтального зонного электрофореза, так и методом электрофореза в пачке слоев носителя (см. табл. 1 и 2, рисунок). Методика измерения подвижности методом электрофореза в пачке слоев носителя позволяет исследовать более широкий интервал напряженности электрического поля. Как следует из табл. 1, влияние напряженности электрического поля на величину подвижности наблюдается при измерениях на немодифицированной целлюлозе, а также на ее ионообменных производных и выражается в уменьшении величины подвижности с увеличением напряженности постоянного электрического поля.

Особенностью электромиграционного переноса неорганических катионов на исследованных ионообменных целлюлозных носителях является увеличение селективности разделения катионов в области определенных значений напряженности поля. О селективности разделения судили по



Влияние напряженности электрического поля на величину подвижности катионов Ni^{2+} (1) и CO^{2+} (2), измеренную методом горизонтального зонного электрофореза на образцах КМЦ (1,3 %) в виде бумаги

Таблица 1

Влияние напряженности электрического поля на относительную подвижность ($D_{\text{Cu}}^{\text{Co}}$) ионов кобальта и меди *

Образец	рН	$E \cdot 10^{-2}$, В/м			
		14,5	43,0	72,5	143,0
Целлофан	4,3	1,2	1,2	1,2	1,2
МКЦ	1,2	1,0	1,7	1,0	1,0
МКЦ (1,2 % COOH -групп)	3,0	1,3	1,7	1,3	1,3
МКЦ (1,2 % SSOON -групп)	4,3	2,0	1,6	1,5	1,5
МКЦ (2,2 % COOH -групп)	4,3	1,4	1,6	1,3	1,0

* Разделение методом электрофореза в пачке слоев носителя.

Таблица 2

Влияние напряженности электрического поля
на относительную подвижность (D_{Cu}^{Co})
ионов кобальта и меди (рН 4,7) *

Образец	$E \cdot 10^{-2}$, В/м		
	4,0	7,5	12,0
МКЦ (1,8 % СООН-групп)	1,6	1,7	3,2
МКЦ (4,0 % СООН-групп)	1,6	1,9	2,1

* Разделение методом горизонтального зонного электрофореза.

Таблица 3

Влияние предварительного активирования
образцов МКЦ (2,9% СООН-групп) на подвижность
неорганических катионов ($U \cdot 10^{10}$, м²/В·с)*

Катионы	$E \cdot 10^{-2}$		
	2,5	17,5	22,5
Cu^{2+}	27,8	25,0	25,0
Ni^{+2}	38,9	33,3	—
Co^{+2}	55,5	30,6	25,0

* Активирование вели электрическим полем напряженностью $2,5 \cdot 10^2$ — $22,5 \cdot 10^2$ В/м (время активирования 1 ч). Подвижность измеряли при напряжении в камере 100 В и периоде миграции 2 ч (рН 4,7).

величине относительной подвижности. Для образцов МКЦ-мембрана при разделении методом электрофореза в пачке слоев носителя ионов Cu^{2+} и Co^{2+} оптимальные результаты наблюдаются в интервале напряженности поля $14 \cdot 10^2$ — $43 \cdot 10^2$ В/м, для других производных целлюлозы эти области несколько иные. Повышение относительной подвижности ионов в области определенных напряженностей поля удается зафиксировать лишь на модифицированных введением кислотных групп целлюлозных материалах, а именно они представляют практический интерес как целлюлозные катиониты.

Надо отметить, что предварительная, перед разделением, обработка набухших в электролите полимеров-носителей электрическим полем достаточной напряженности также приводит к изменению измеряемой на них величины подвижности (табл. 3).

Экспериментальные результаты свидетельствуют о возможности повышения величины относительной подвижности примерно в два раза при оптимальных режимах электрофореза. Так, например, величина D_{Cu}^{Co} при разделении методом горизонтального зонного электрофореза на МКЦ (1,8 % СООН-групп)-мембрана при градиенте потенциала $4 \cdot 10^2$ В/м составляет 1,6, а при градиенте потенциала $12 \cdot 10^2$ В/м — 3,2. Проведение процесса разделения при определенных напряженностях электрического поля, так же как и предварительная, перед разделением, обработка носителя электрическим полем, позволяет плавно регулировать величину относительной подвижности, что не достигается только выбором химической природы или текстуры носителя.

Электрофизический режим электромиграционного разделения выбирают иногда таким, чтобы им регулировать, в частности, рН раствора электролита, обеспечивающую максимальную селективность разделения

[7]. В нашем случае подобный процесс существенно уменьшался за счет использования буферных электролитов, кроме того, конструкция камеры позволяла исключить взаимодействие переносимых ионов с продуктами электролиза. Полученные в работе экспериментальные результаты позволяют рекомендовать осуществление тщательного выбора режимов разделения по напряженности поля также и в условиях, существенно уменьшающих окислительно-восстановительные превращения, причем для каждого полимера-носителя имеется оптимальный режим осуществления процесса.

Таким образом, показано существенное влияние режимов воздействия электрического поля на электромиграционное разделение ионов Cu^{2+} , Ni^{2+} и Co^{2+} на целлюлозных носителях в форме: ГЦ-мембрана, МКЦ, КМЦ-мембрана и МКЦ, КМЦ на основе бумаги. Показано влияние на процесс разделения предварительной обработки исследуемых полимеров-носителей электрическим полем определенной напряженности.

Список литературы

1. Ермоленко И. Н., Капуцкий Ф. Н., Лазарева Т. Г. и др. / А. с. 1116375 СССР // БИ. 1984. № 36.
2. Ермоленко И. Н., Капуцкий Ф. Н., Лазарева Т. Г. и др. / А. с. 1154616 СССР / БИ. 1985. № 17.
3. Ермоленко И. Н., Лонгин М. Л. // Ж. аналит. хим. 1964. Т. 19. Вып. 4. С. 225.
4. Ермоленко И. Н., Лазарева Т. Г. // Весті АН БССР. Сер. хім. навук. 1983. № 6. С. 30.
5. Ермоленко И. Н., Лазарева Т. Г. // Науч. конференц. по аналит. хим. Прибалт. республик, БССР и Калининградской области: Тез. докл. Таллин, 1982. С. 80.
6. Ермоленко И. Н. Спектроскопия в химии окисленных целлюлоз. Минск, 1959. С. 71.
7. Ермоленко И. Н., Лонгин М. Л., Соколова В. И. // Ж. аналит. химии. 1969. Т. 24. Вып. 4. С. 517.

УДК 541.133

Л. М. ВОЛОДКОВИЧ, Р. А. ВЕЧЕР,
Г. С. ПЕТРОВ, А. А. ВЕЧЕР

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ТВЕРДЫХ ТЕТРАФТОРОБОРАТОВ НАТРИЯ И КАЛИЯ

Тетрафторобораты щелочных металлов обладают в твердом состоянии полиморфными фазовыми превращениями, сопровождающимися значительными тепловыми эффектами и приводящими к появлению более симметричных структур [1, 2]. При изучении соединения NaBF_4 методом ДСК в режимах нагрева и охлаждения авторы [3] обнаружили явно выраженный гистерезис температуры и энтальпии фазового превращения орторомбическая модификация $\rightleftharpoons$ ромбоэдрическая модификация. Для других тетрафтороборатов щелочных металлов подобные исследования не проводились. С этой точки зрения весьма полезную информацию об особенностях термического поведения тетрафтороборатов может дать измерение их электропроводности. Ранее измерения электропроводности твердых тетрафтороборатов щелочных металлов не проводились.

Образцы для исследований готовили следующим образом: KBF_4 марки ч.д.а. был переплавлен в графитовом тигле в атмосфере осушенного аргона при температуре 823 К; NaBF_4 получен перекристаллизацией реактива марки ч. д. а. из подкисленного плавиковой кислотой водного раствора. Рентгенограммы препаратов показали хорошее согласование с литературными данными.

Измерение электропроводности проводили на поликристаллических образцах, спрессованных в таблетки диаметром 8 и толщиной 2—3 мм, плотностью 90—95 % от рентгенографической с помощью моста переменного тока Е8-2 при частоте 1000 Гц. Измерения проводили в атмосфе-

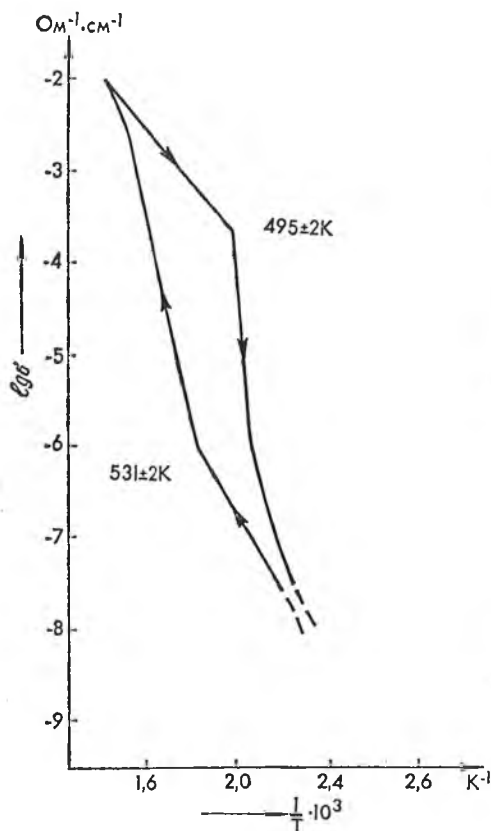


Рис. 1. Зависимость удельной электропроводности от температуры для соединения NaBF_4

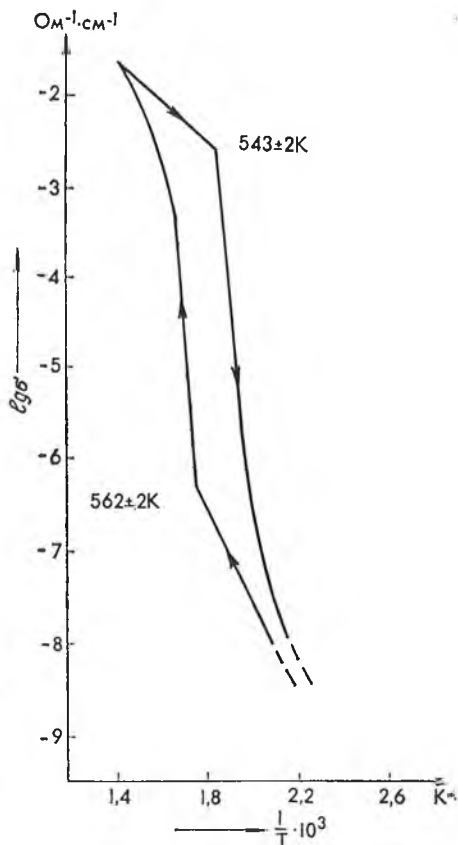


Рис. 2. Зависимость удельной электропроводности от температуры для соединения KBF_4

ре осушенного аргона. Скорость нагрева образцов изменяли от 1 до 2,5 град./мин.

Типичная зависимость логарифма удельной электропроводности от обратной температуры для ячеек $\text{Ag,C}|\text{NaBF}_4|\text{C,Ag}$ и $\text{Ag,C}|\text{KBF}_4|\text{C,Ag}$ показана на рис. 1 и 2 соответственно.

Из рис. 1 видно, что при нагревании NaBF_4 происходит резкое увеличение электропроводности при температуре 531 ± 2 К, что связано с полиморфным фазовым превращением соединения. Температура фазового превращения из данных электропроводности удовлетворительно согласуется с рядом известных значений (сводка известных литературных данных приведена в работе [1]). При дальнейшем повышении температуры вплоть до температур, близких к температуре плавления (641 К [4]), никаких других особых точек на зависимости $\lg \sigma - 1/T$ не наблюдается, что служит подтверждением ранее высказанного мнения [5] об отсутствии у NaBF_4 второго полиморфного превращения в кубическую фазу, существование которой характерно для тетрафтороборатов других щелочных металлов. При охлаждении образца высокие значения электропроводности сохраняются до температуры 495 ± 2 К, после чего электропроводность резко падает. На основании экспериментальных данных нами рассчитаны значения энергии активации проводимости для низко- и высокотемпературных фаз NaBF_4 , которые составили 0,9 и 0,7 эВ соответственно.

Аналогичное поведение обнаружено нами у тетрафторобората калия (см. рис. 2). Температура фазового превращения этого соединения из орторомбической фазы в кубическую составляет, по нашим данным,

562 ± 2 К при нагреве образца и 543 ± 2 К при его охлаждении. Энергия активации проводимости составляет 0,9 эВ для высокотемпературной и 1,2 эВ для низкотемпературной фазы.

Таким образом, проведенное в настоящей работе измерение электропроводности твердых тетрафтороборатов натрия и калия позволило подтвердить наличие обнаруженного ранее [3] гистерезиса температуры фазового превращения NaBF_4 и указало на существование аналогичного гистерезиса для KBF_4 . Этот факт позволяет во многом объяснить существующее в литературе заметное расхождение данных различных авторов по величинам энтальпии и температуры фазовых превращений тетрафтороборатов натрия и калия. Отметим также, что гистерезис температуры полиморфного фазового превращения обнаруживается и у структурных тетрафтороборатам перхлоратов щелочных металлов [6, 7].

Сравнение наших данных по электропроводности с результатами измерения электропроводности твердых перхлоратов щелочных металлов [8] показывает, что электропроводность высокотемпературных форм тетрафтороборатов заметно превышает соответствующие характеристики для перхлоратов. Величины энергии активации проводимости соответствующих фаз сравнимы с энергиями активации перхлоратов, однако уменьшение энергии активации проводимости для высокотемпературных фаз по сравнению с низкотемпературными, характерное для тетрафтороборатов натрия и калия, более соответствует процессам разупорядочения их структуры, приводящим к высоким значениям электропроводности.

Список литературы

1. Stromme K. O. // Acta Chem. Scand. 1974. V. A28. P. 546.
2. Cantor S., McDermott P., Gilpatrick L. D. // J. Chem. Phys. 1970. V. 52. P. 4600.
3. Amirthalingam V., Karkhanavala M. D., Rao U. R. K. // Z. Kristallogr. 1980. B. 152. S. 57.
4. Бухалова Г. А., Волкова В. К. // Физ.-хим. исслед. некоторых солевых и оксидных систем / Ростовский инж.-строит. ин-т. Черкассы, 1979. 5 с. Деп. в ОНИИТЭ-ХИМ 07.05.79. (97—101). № 2687/79.
5. Dworkin A. S., Bredig M. A. // J. Chem. Eng. Data. 1970. V 15. P. 505.
6. Pai Verneker V. R., Rajeshwar K. // Thermoch. Acta. 1975. V. 13. P. 301.
7. Rajeshwar K., Pai Verneker V. R., Du Bow J. // Combust. and Flame. 1980. V. 37. P. 251.
8. Rajeshwar K., Nottenburg R., Pai Verneker V., Du Bow J. // J. Chem. Phys. 1980. V. 72. P. 6678.



УДК 591.48-616.7

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

НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕТАБОЛИЗМА КРЫС-ОПУХОЛЕНОСИТЕЛЕЙ ПРИ ГИПЕРГЛИКЕМИИ

Гипергликемия используется как усиливающее противоопухолевое действие ионизирующего излучения и химиотерапевтических средств; при этом наблюдаются морфологические изменения в опухоли и некоторые особенности метаболизма в условиях искусственной гипергликемии [1—4]. Наши исследования направлены на выявление особенностей метаболизма не только в опухоли, но и в головном мозгу крыс-опухоленосителей саркомы М-1 при однократной искусственной гипергликемии. Изучались такие показатели, как содержание глюкозы в крови и опухоли, активность гексокиназы (2.7.1.1 КФ, ГК) и ацетилхолинэстеразы (3.1.1.7 КФ, АХЭ), уровень пиридоксальных коферментов — пиридоксальфосфат и пиридоксамин-фосфат (ПАЛФ и ПАМФ).

Материал и методика

Опыты проведены на белых беспородных крысах массой 120—160 г разведения вивария «Планерское». Группу экспериментальных животных составили крысы-опухоленосители, которым в паховую область имплантировали взвесь опухолевых клеток саркомы М-1 по методике [5]. Через 12 сут. (на высоте развития опухоли) животных наркотизировали смесью пропедил — фентанин (1 : 2) в дозе 0,3 мл/100 г массы внутримышечно и на этом фоне вводили глюкозу внутривенно в дозе 6 г/кг в течение 30 мин однократно. Животных в опыт брали через 1, 2, 4, 6, 24, 48 ч после введения. Контролем служили наркотизированные животные. В выделенных из мозга и опухоли субклеточных фракциях [6] — надосадочной жидкости (гиалоплазма и микросомы) и митохондриях — определяли активность ГК по [7] (мМ мг/мин); активность АХЭ по [8] (мг АХ, разрушенного за 30 мин при 37 °С на 100 мг ткани); содержание ПАЛФ и ПАМФ по [9] (мкг/г ткани); глюкозу определяли по [10].

Данные обработаны методом вариационной статистики по [11] и представлены на рис. 1—2 (% к контролю, принятому за 100).

Результаты и их обсуждение

Уровень глюкозы в крови крыс-опухоленосителей саркомы М-1 на фоне гипергликемии повышается и сохраняется в течение 6 ч (см. рис. 1). Через двое суток отмечается вторичный пик — возрастание содержания глюкозы в 2,5 раза.

В опухоли в этих условиях наблюдаются фазные изменения содержания глюкозы, но с иной временной зависимостью, чем в крови. В первые 2 ч (через 1—2 ч) после введения глюкозы в опухоли отмечено снижение ее уровня в надосадочной жидкости и митохондриях, однако к 4-му ч после введения в надосадочной фракции опухоли происходит

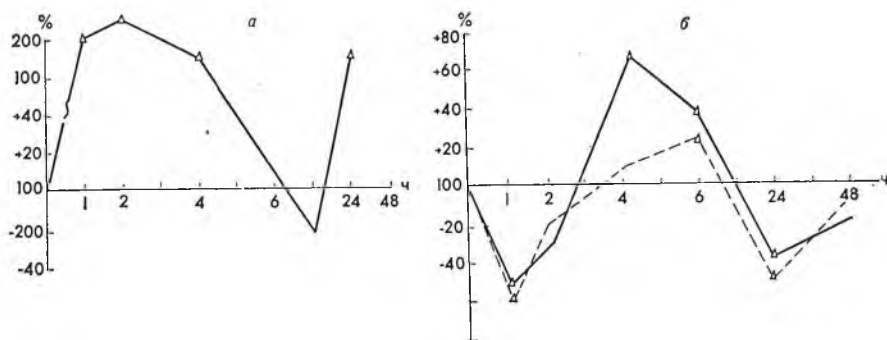


Рис. 1. Содержание глюкозы в крови (а) и опухоли саркомы М-1 (б) крыс-опухоленосителей на фоне гипергликемии

повышение уровня глюкозы на 64, а в митохондриях — до 10 % и таким высоким он остается до 6-го ч после введения глюкозы.

К исходу первых суток наступает следующий период снижения содержания глюкозы в обеих субклеточных фракциях с возвращением к исходному уровню через двое суток (см. рис. 1).

На этом фоне происходит волнообразное изменение активности ГК в опухоли саркомы М-1, однако таковые имеют противоположную направленность (рис. 2, I): в субклеточных фракциях спустя 1—2 ч резко (в 6—10 раз) активизируется ГК, и вторичный пик активности наблюдается в период нового снижения содержания глюкозы, т. е. через 24 ч.

В субклеточных фракциях мозга крыс-опухоленосителей саркомы М-1 в условиях искусственной гипергликемии развивается иная картина: гексокиназная активность значительно снижена в обеих фракциях в первые часы (1—2 ч) на 56—60 % соответственно, а к 4-му ч после введения глюкозы отмечается резкое (в 3 раза) возрастание ее в митохондриях и лишь на 34 % в надснадочной жидкости. К концу 24 ч происходит нормализация активности ГК (рис. 2, I) мозга.

Таким образом, поглощение глюкозы опухолью (саркома М-1) наиболее интенсивно происходит через 4 ч на фоне гипергликемии. При этом низкий уровень глюкозы в опухоли сочетается с высокой активностью фермента. И наоборот, при насыщении опухоли глюкозой (через 4 ч) резко тормозится активность ГК (рис. 2, I). В мозгу отмечено торможение активности ГК в первые часы на фоне гипергликемии по мере спада уровня глюкозы в крови; ферментативная активность возрастает и постепенно возвращается к исходному уровню. В то же время в этих условиях эксперимента на всех сроках исследований выявлено угнетение функциональной активности мозга, о чем свидетельствуют изменения активности АХЭ (рис. 2, III).

Уровень пиридоксальных коферментов как в головном мозгу, так и в саркоме М-1 изменяется однотипно. За периодом резкого подъема содержания ПАЛФ и ПАМФ через 2 ч после введения глюкозы следует постепенное снижение, которое более выражено в опухоли. В мозгу содержание ПАЛФ и ПАМФ возвращается к исходному уровню через сутки после введения глюкозы, тогда как в саркоме М-1 к этому сроку исследования содержание пиридоксальных коферментов снижено в митохондриях на 50 % (рис. 2, II).

Функциональная активность клеток нервной системы, по-видимому, на первых этапах гипергликемической нагрузки поддерживается за счет включения пиридоксальных ферментов, о чем свидетельствует высокий уровень ПАЛФ и ПАМФ (рис. 2, II). Сдвиги в данных тестах в нервной системе противоположны таковым в саркоме М-1. Это, надо полагать, связано с тем, что опухоль, являясь «ловушкой» для глюкозы, максимально захватывает субстрат из крови, что ставит все обменные процессы в организме и отдельных органах и тканях в зависимость от концентрации глюкозы в крови.

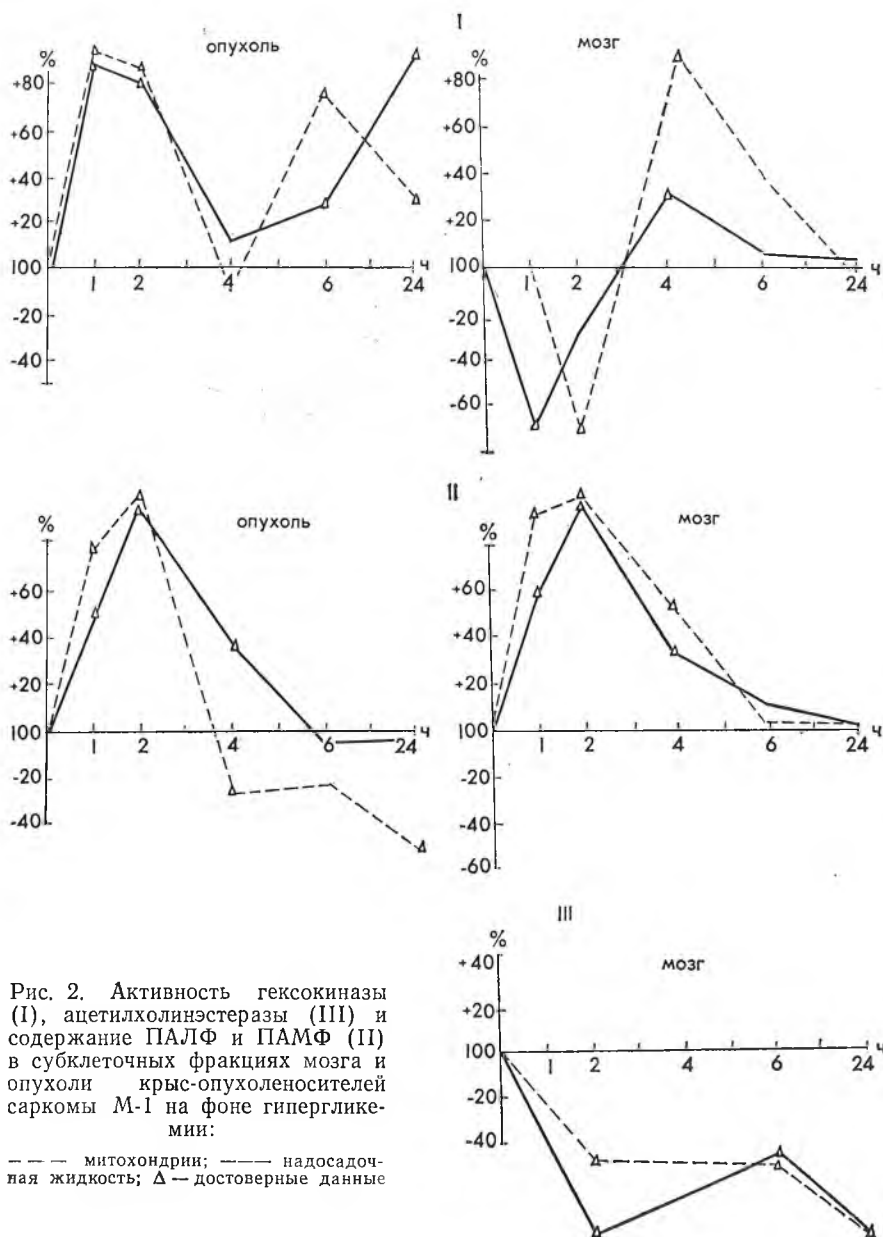


Рис. 2. Активность гексокиназы (I), ацетилхолинэстеразы (III) и содержание ПАЛФ и ПАМФ (II) в субклеточных фракциях мозга и опухоли крыс-опухоленосителей саркомы М-1 на фоне гипергликемии:
 --- митохондрии; — надсосудочная жидкость; Δ — достоверные данные

Таким образом, резкие, зависящие от уровня глюкозы колебания гексокиназной активности позволяют считать эти условия состоянием повышенной чувствительности, и воздействие в этом случае, например, рентгеновскими лучами может быть более эффективным с точки зрения разрушения опухоли.

Список литературы

1. Мещерикова В. В., Волошина Е. И. // Мед. радиология. 1983. Т. 28. № 7. С. 13.
2. Рудерман А. И. // Вопр. онкологии. 1982. Т. 28. № 5. С. 45.
3. Таги-Заде С. В. // Там же. 1971. Т. 17. № 11. С. 75.
4. Шапот В. С. Биохимические аспекты опухолевого роста. М., 1975. С. 9.
5. Погосянец Е. Е. // Вопр. онкологии. 1976. Т. 22. № 8. С. 75.
6. Samogui J., Fonzo L., Vincze J. // Acta physiol. 1962. V. 21. P. 295.
7. Long O. H., Rosbrough N. et all. // J. Biol. Chem. 1951. V. 193. P. 265.
8. Hestrin S. // J. Biol. Chem. 1949. V. 180. № 1. P. 249.
9. Горяченкова Е. В. и др. // Биохимия. 1983. Т. 28. № 3. С. 565.
10. Райнис А. Б., Устинова А. О. // Лабораторное дело. 1965. № 1. С. 17.
11. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск, 1973. С. 170.

ГРИБЫ СЕМЕЙСТВА ERYSIIPHACEAE, ПОРАЖАЮЩИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

В Белоруссии произрастает более 130 видов лекарственных растений; из них более 70 идет на промышленную заготовку [1], многие широко применяются в народной медицине [2—5].

Как показали наши наблюдения, на лекарственных растениях нередко паразитируют грибы из семейства Erysiphaceae. Эти облигатные паразиты ослабляют рост и развитие растений, приводят к преждевременному отмиранию листьев, побегов, а иногда и всего растения [6—12]. Однако специальные исследования, посвященные изучению мучнисторосяных грибов на лекарственных растениях в БССР, ранее не проводились.

Целью нашей работы явилось определение видового состава грибов семейства Erysiphaceae на лекарственных растениях, установление закономерностей распределения этих патогенов по растительным сообществам, обнаружение наиболее вредоносных и распространенных видов.

Начиная с 1965 г. нами осуществлены маршрутные обследования различных типов леса, пойменных и суходольных лугов, залежей, культур-фитocenозов (поля, огороды, сады, декоративные насаждения) и других растительных группировок некоторых районов, преимущественно Минской области. Собранный гербарный материал обработан в лаборатории кафедры ботаники БГУ имени В. И. Ленина.

В лесных ценозах мучнисторосяные грибы зарегистрированы на деревьях, кустарниках и растениях живого напочвенного покрова. Наиболее интенсивное развитие паразитных микромицетов отмечено на лекарственных растениях, образующих подлесок. Белый налет мицелия и конидиального спороношения гриба *Microsphaera alptoides* Griff. et Maubl. обильно покрывал листья и молодые побеги *Quercus robur* L., произрастающего в подлеске как хвойных, так и лиственных лесов. *Betula pendula* Roth. и *B. pubescens* Ehrh. в виде поросли, подлеска нередко и обильно повреждались грибом *Microsphaera betulae* Magnus. На *B. pubescens*, произрастающей в заболоченном сосняке в окрестностях хутора Альбушь Столбцовского района, выявлен другой вид — *Phyllactinia guttata* (Wallr.) Lev. — для республики, вероятно, редкий. М. В. Горленко (1983) не указывает его для Московской области.

В подлеске различных типов леса, в зарослях кустарников, на сырых местах, по берегам рек на *Frangula alnus* Mill. очень часто и обильно развивалась *Microsphaera divaricata* (Wallr. ex Lk) Lev., однако *M. friesii* Lev. на *Rhamnus cathartica* L. отмечалась гораздо реже. *M. euonymi* (D. C.) Sacc. появлялась сравнительно часто на *Euonymus europaea* L., но только в конидиальной стадии.

В смешанных и широколиственных лесах *Uncinula fraxini* Miyabe. выявлена в конидиальной стадии на *Fraxinus excelsior* L. Однако, по нашим наблюдениям, широкого распространения она не получила.

В подлеске елово-сосновых лесов, примыкающих к поймам, на листьях *Sorbus aucuparia* L., расположенных у самой поверхности почвы, обнаружен слабо развитый налет гриба *Podosphaera aucuparia* Erikss. Во влажных лесах и среди кустарников, по берегам водоемов мучнистой росой (*Podosphaera tridactyla* (Wallr.) D. B.) нередко, но относительно слабо повреждается *Padus racemosa* Lam.

В подлеске различных типов леса, в кустарниках часто, иногда обильно распространена на видах *Salix* (особенно на *S. carpea* L.) *Uncinula adunca* Lev.

В смешанных лесах на *Malus silvestris* L. изредка паразитирует *Podosphaera leucotricha* (Ell. et Ev.) Salm.

По закустаренным склонам террас, рядом с поймами в сырых ольшаниках и в других местах довольно часто, но не всегда обильно на *Humulus lupulus* L. поселяется *Sphaerotheca humuli* D. C.; М. В. Горленко (1983) считает его одним из опаснейших паразитов хмеля.

Из дикорастущих ягодников, имеющих лекарственное значение, мучнистой росой поражаются *Ribes nigrum* L., *Rubus caesius* L., *R. idaeus* L., *R. nessesensis* W. Hall., *Vaccinium myrtillus* L. Гриб *Podosphaera myrtillina* Kunze. на чернике в хвойных и смешанных лесах отмечался довольно часто, однако налет мицелия развивался слабо. На *Vaccinium uliginosum* L. мучнистая роса в конидиальной стадии была зарегистрирована только единственный раз в мишистом заболоченном сосновом лесу в районе турбазы «Озеро Белое» Брестской области.

На лекарственных травянистых растениях грибы семейства *Erysiphaceae* обнаруживались в различных типах леса. В сухих сосняках обильный налет *Erysiphe polygoni* (D. C.) St. Am. покрывал *Rumex acetosella* L. В лесах, среди кустарников интенсивное развитие мучнистой росы наблюдали повсеместно на *Astragalus glycyphyllos* L., *Orobus vernus* L. Изредка в сосняках, на опушках, на лесных лугах мучнистая роса покрывала листья и стебли *Arnica montana* L. Сравнительно слабо, однако довольно часто *E. hyperici* Blumer. паразитировал на *Hypericum perforatum* L.

В зарослях кустарников, в заболоченных лесах *E. valerianae* (Jacz.) Blumer отмечалась на *Valeriana officinalis* L. По топким тенистым местам, вдоль лесных ручьев часто наблюдалось массовое развитие *Sphaerotheca balsaminae* (Wallr.) Sand. на *Impatiens noli-tangere* L.

Среди кустарников и в других местах произрастания гриб *E. galeopsidis* (D. C.) Merat. повсеместно и довольно сильно поражал *Glechoma hederaceae* L.; *Sphaerotheca alchemillae* (Grev.) L. Junell.— представителей рода *Alchemilla*, *Potentilla anserina* L., *P. erecta* L.; *S. fugax* Penz. ex Sacc.— виды рода *Geranium*. *E. biocellata* Ehrenberg на *Prunella vulgaris* L. развивался часто, однако степень развития гриба была невысокой.

По кустарникам, лесным лугам конидиальная стадия обильно покрывала *Orygantum vulgare* L. и *Polemonium coeruleum* L. На втором растении отмечалась реже. Изредка и в слабой степени мучнистая роса развивалась на *Melampyrum nemorosum* L. и *Fragaria vesca* L.

Из лекарственных растений, произрастающих в луговых сообществах, мучнисторосяные грибы поражали больше видов семейства *Asteraceae*. На суходольных лугах, среди кустарников гриб *Erysiphe cichoracearum* (D. C.) Merat. часто и обильно паразитировал на *Centaurea jacea* L., *Cichorium inthybus* L., *Solidago virga-aurea* L., *Ptarmica cartilaginea* Ldb. Повсеместно отмечено сильное поражение грибом *Sphaerotheca erigerontis-canadensis* (Lev.) L. Junell. листьев *Taraxacum officinale* Web. На заливных лугах мучнистая роса в конидиальной стадии развивалась на *Inula britannica* L.

На суходольных лугах, пустырях, по окраинам полей *Erysiphe artemisia* (Wallr.) Grev. повсеместно отмечалась на видах *Artemisia*. Наиболее сильное поражение отмечено на *A. vulgaris* L. Гриб *E. trifolii* Grev. обильно развивался на *Trifolium pratense* L., других видах клевера, а также на *Lotus corniculatus* L. и *Melilotus albus* Desr. Другой вид донника — *M. officinales* Desr. повреждался значительно слабее. Сравнительно слабое развитие гриба *E. pisi* (D. C.) Saint-Amans отмечалось на *Medicago falcata* L., *M. lupulina* L.

Вдоль дорог, на травянистых склонах гриб *E. verbasci* (Jacz.) Blumer обильно паразитировал на *Verbascum nigrum* L. Другой вид — *V. thapsus* L. оказался более устойчивым и поражался гораздо слабее. Весьма восприимчивым к мучнистой росе (*E. sordida* L. Junell.) оказался *Plantago major* L.; *P. media* L., *P. lanceolata* L. поражались реже и не так интенсивно. На закустаренных лугах, причем повсеместно, на *Chaerophyllum aromaticum* L. чрезвычайно обильно развивался гриб *E. heraclei*

(D. C.) Saint-Amans. Такое же сильное развитие гриба *E. asperioliorum* Grev. отмечено по насыпям дорог (окрестности г. п. Березино) на *Synoglossum officinale* L. Мучнистая роса в конидиальной стадии в конце лета и осенью в виде обильного белого налета покрывала листья и стебли *Tanacetum vulgare* L.

На пойменных и низинных влажных лугах, в ольшаниках на *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. отмечено сильное развитие *Sphaerotheca alchemilla* (Grev.) L. Junell, на *Symphytum officinale* L.— *S. melampyri* L. Junell. Умеренное поражение *Ranunculus acer* L. и *R. repens* L. вызывалось грибом *E. ranunculi* Grev. Подобная картина наблюдалась при поражении листьев *Urtica dioica* L. грибом *E. urtica* (Wallr.) Blumer. На влажных лугах, среди кустарников белый мучнистый налет обильно развивался на *Succisa pratensis* Moench.

Мучнисторосяные грибы появляются и на лекарственных растениях, относящихся к сеgetальным сорнякам. Гриб *Erysiphe graminis* (D. C.) Merat. часто и чрезвычайно интенсивно поражает *Agropyron repens* (L.) P. B. Слабее и реже развиваются *E. cichoracearum* (D. C.) Merat. на видах *Cirsium* и *Centaurea cyanus* L., *E. polyphaga* Hammarlund на *Viola tricolor* L., *E. ranunculi* Grev. на *Echium vulgare* L., *E. cruciferarum* Opatz. на *Capsella bursa-pastoris* L.

Мучнисторосяные грибы неоднократно отмечались нами на лекарственных растениях, произрастающих на пустырях, мусорных свалках, близ заборов и строений. Гриб *E. depressa* (Wallr.) Schlecht. часто и нередко обильно покрывал листья *Arctium lappa* L. и *A. tomentosum* Mill., а *E. cruciferarum* Opatz. интенсивно развивался на *Berteroa incana* (L.) D. C. и *Sisymbrium officinale* (L.) Scop. Повсеместно с высокой степенью развития нами отмечен гриб *E. galeopsidis* (D. C.) Merat. на губоцветных: *Lamium album* L., *Leonurus quinquelobatus* Gilib., *Galeopsis speciosa* Mill., *Salvia verticillata* L.; другой гриб — *E. cichoracearum* (D. C.) Merat.— на *Xanthium spinosum* L. По сухим склонам, вдоль дорог, на песчаной почве на *Oenothera biennis* L. неоднократно паразитировал *E. communis* (Wallr.) L. Во дворах, особенно под кронами деревьев, у стен зданий, на грунтовых дорогах, тропках на *Polygonum aviculare* L. развивался *E. polygoni* (D. C.) St. Am. Из рода *Sphaerotheca* на лекарственных растениях, произрастающих на сорных местах, пустошах, у жилья, обращали на себя внимание два вида грибов: *Sphaerotheca macularis* (Wallr.) Fr. Lind. и *S. alchemilla* (Grev.) L. Junell. Первый поражал *Melandrium album* (Mill.) Garcke, второй — *Geum urbanum* L. Степень поражения этих растений была относительно невысокой. Слабое развитие мучнистой росы отмечено на *Chelidonium majus* L.

Мучнисторосяные грибы поражали также лекарственные растения-интродуценты. На видах *Populus*, преимущественно поросли, отмечена *Uncinula adunca* Lev., на *Robinia pseudoacacia* L.— *Erysiphe martii* Lev. В сравнении с древесными породами кустарники-интродуценты оказались более восприимчивыми к мучнистой росе. Широкое распространение получили *Sphaerotheca pannosa* (Wallr.) Lev. на видах рода *Rosa*, *Microsphaera palczewskii* Jacz.— на *Caragana arborescens* Lam., *M. berberidis* (D. C.) Lev.— на *Berberis vulgaris* L., конидиальная стадия — на видах рода *Crataegus*. В отдельные годы белый мучнистый налет без плодовых тел гриба обильно покрывал листья *Syringa vulgaris* L. В оранжереях ЦБС АН БССР мучнистая роса отмечена С. В. Горленко на видах *Eucalyptus* [9]. Из травянистых цветочно-декоративных растений, имеющих применение в медицине, мучнисторосяными грибами повсеместно поражались *Calendula officinalis* L. и *Delphinium elatum* L. На первом обильно развивалась *Sphaerotheca xantii* L. Junell, на втором отмечена только конидиальная стадия гриба.

Из лекарственных растений, относящихся к плодовым, мучнисторосяные грибы развивались преимущественно на сеянцах, причем в конидиальной стадии. Слабое поражение отмечено на *Malus domestica* Borkh. и *Pyrus communis* L. Несколько сильнее поражалась *Prunus domestica* L.

Мучнистая роса в конидиальной стадии повсеместно и обильно паразитировала на листьях *Cucurbita pepo* L., реже и слабее на *Brassica oleacea* L., *Beta vulgaris* L. Слабое развитие мучнистой росы в конидиальной стадии отмечено нами на *Linum usitatissimum* L.

Как показали наши наблюдения, ряд ценных видов лекарственных растений невосприимчив к мучнисторосяным грибам. К ним относятся: *Helichrysum arenarium* (L.) Moench., *Vaccinium vitis-idaea* L., *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng., *Menyanthes trifoliata* L., *Ledum palustre* L., *Convallaria majalis* L., *Acorum calamus* L., *Tilia cordata* Mill., виды *Alnus*, *Pinus silvestris* L., *Juniperus communis* L., а также споровые растения.

Таким образом, нами установлено 54 вида мучнисторосяных грибов, паразитирующих на 128 видах лекарственных растений. Из всех отмеченных видов грибов около половины (25 видов) составляют представители рода *Erysiphe*. Значительно беднее представлены виды рода *Sphaerotheca* (11 видов) и *Microsphaera* (8 видов). Из рода *Podosphaera* зарегистрировано 5 видов; из рода *Uncinula* — 3, из рода *Phyllactinia* — 2 вида. Отдельные виды грибов настолько широко и обильно распространены на лекарственных растениях, что образуют со второй половины лета в лесах (например, *Microsphaera alphitoides* на *Quercus robur*) и на открытых местах (например, *Erysiphe graminis* на *Agropyrum repens*) своеобразный белый аспект. Наибольшего распространения и развития на лекарственных растениях мучнисторосяные грибы достигают во влажных лиственных и смешанных лесах, кустарниках, застарелых лугах, декоративных насаждениях. В сухих сосновых лесах, в ельниках, на открытых местах с избыточным увлажнением, в посевах и посадках сельскохозяйственных культур мучнисторосяные грибы представлены гораздо беднее.

Список литературы

1. Сенчило В. М. Энциклопедия природы Белоруссии. М., 1984. Т. 3. С. 148.
2. Гаммерман А. Ф., Шупинская М. Д., Яценко-Хмельевский А. А. Растения — целители. М., 1963.
3. Лекарственные растения. Дикорастущие / Под ред. А. Ф. Гаммерман и И. Д. Юркевича. Минск, 1967. Изд. 3-е.
4. Стекольников Л. И., Мурох В. И. Целебные кладовые природы. Минск, 1979.
5. Попов В. И., Шапиро Д. К., Данусевич И. К. Лекарственные растения. Минск, 1984.
6. Васягина М. П., Кузнецова М. Н., Писарева Н. Ф., Шварцман С. Р. Флора споровых растений Казахстана. Алма-Ата, 1961. Т. 3.
7. Головин П. М. Мучнисторосяные грибы, паразитирующие на культурных и полезных диких растениях. М.; Л., 1960.
8. Горленко М. В. Мучнисторосяные грибы Московской области. М., 1983.
9. Горленко С. В., Панько Н. А. Вредители и болезни интродуцированных растений. Минск, 1967.
10. Ячевский А. А. Мучнисторосяные грибы. Л., 1927.
11. Blumer S. Echte Mehltaupilze (Erysiphaceae). Jena, 1967.
12. Junell L. // Erysiphaceae of Sweden. Symb. bot. Uppsala, 1967. V. 19. № 1.

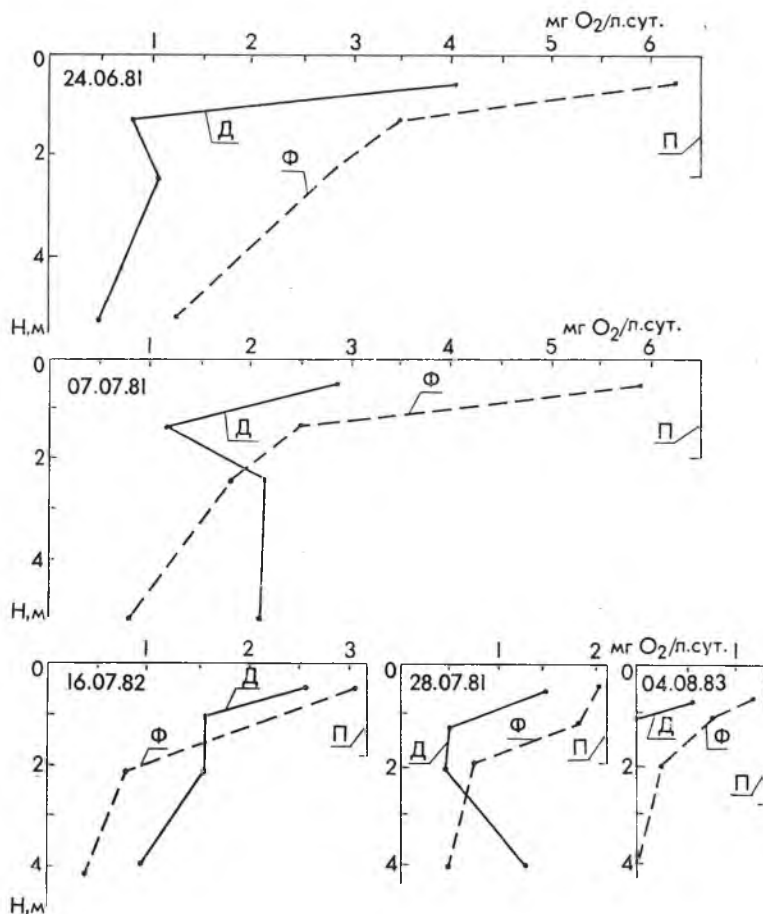
УДК 577.472(476)

П. А. МИТРАХОВИЧ, А. Ю. КАТАЕВ,
Г. Г. ВЕЖНОВЕЦ, В. М. САМОИЛЕНКО

ПЛАНКТОН И БЕНТОС оз. ЛЕПЕЛЬСКОГО

Оз. Лепельское (Витебская обл., площадь 10,2 км², объем 74,67 млн м³, средняя глубина 7,3 м) интенсивно используется в рыбохозяйственных и рекреационных целях.

Задача исследований — оценка современного состояния гидробиологических параметров экосистемы оз. Лепельского и степени изменения их в условиях значительного подъема уровня воды.



Первичная продукция (Ф), деструкция (Д) и прозрачность (П) воды
в оз. Лепельском

Материал и методика

Пробы, послужившие материалом для работы, собраны в июне — сентябре 1971 г., 1981—1984 гг. не регулярно на двух профундально-пелагических станциях (глубина 8 м) через 2 м от поверхности до дна и 3—4 литоральных станциях наблюдения (глубина 0,8—1,5 м). Пробы зоопланктона отбирали 10-литровым планктоочерпалом системы Вовка и цеппелиновой сетью, фитопланктона — батометром системы Рутнера, зообентоса — дночерпателем системы Боруцкого с площадью захвата $1/40 \text{ м}^2$. Первичную продукцию измеряли скляночным методом в кислородном варианте. Учет численности и биомассы гидробионтов выполнен общепринятыми методами.

Результаты и их обсуждение

Определение количественного развития фитопланктона и интенсивности фотосинтеза для оз. Лепельского выполнены впервые. Максимум фотосинтеза в пелагиали озера отмечен в конце июня — начале июля, минимум — в начале августа, аналогично изменяется и деструкция органического вещества (см. рисунок). В 1981 г. за июль величина первичной продукции снизилась в поверхностном слое в 3,2, а деструкции — в 2,8 раза при незначительном снижении прозрачности. С увеличением глубины от поверхности до 2 м величина первичной продукции резко падает, на глубине 4 м фотосинтез минимальный. В конце июня

Таблица 1

Численность (N , млн кл/л) и биомасса (B , г/м³) фитопланктона оз. Лепельского (1971, 1981—1984)

Отделы водорослей		1971	1981				1982	1983	1984
		19 июля	24 июня	7 июля	28 июля		16 июля	4 августа	5 сентября
Синезеленые	N	3,84	3,63	3,74	2,64		1,07	3,07	0,81
	B	0,58	0,55	0,56	0,40		0,16	0,46	0,12
Зеленые	N	0,41	0,18	0,29	0,22		0,98	1,11	1,94
	B	0,09	0,04	0,07	0,05		0,23	0,26	0,45
Диатомовые	N	1,69	1,34	1,52	0,75		0,45	2,84	0,39
	B	1,69	1,34	1,52	0,75		0,45	2,84	0,39
Пирофитовые	N	0,03	0,04	0,01	0,07		0,05	0,13	0,04
	B	0,08	0,04	0,03	0,19		0,14	0,35	0,11
Эвгленовые	N	0,01	0,01	0,01	0,01		0,01	0,03	—
	B	0,04	0,04	0,04	0,04		0,04	0,11	—
Золотистые	N	0,02	—	—	0,01		0,01	—	—
	B	0,01	—	—	0,01		0,01	—	—
Всего	N	6,00	5,20	5,57	3,70		2,57	7,18	3,18
	B	2,49	2,01	2,22	1,44		1,03	4,02	1,07

1981 г. и в начале августа 1983 г. на всех горизонтах продукция фитопланктона преобладала над деструкцией органического вещества. В июле 1981 г. на глубине около 2 м отмечена компенсационная точка. Отношение валовой первичной продукции (ΣA) к общей деструкции (ΣR) в июле 1981 г. составило 1,66.

Сведения о фитопланктоне оз. Лепельского до поднятия уровня, к сожалению, ограничиваются лишь замечанием о преобладании в его составе диатомовых водорослей, преимущественно *Asterionella formosa* Nass. [1].

За исследуемый период нами определено 86 видов и разновидностей планктонных водорослей: синезеленые 11, зеленые 37, диатомовые 27, пирофитовые 6, эвгленовые 3, золотистые 2 вида.

Ведущая роль в образовании численности водорослей оз. Лепельского принадлежит синезеленым (табл. 1), составляющим 25—71 % общей численности, по биомассе доминировали диатомовые (36—76 % общей биомассы фитопланктона). Среди синезеленых водорослей по численности преобладали *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Elenk., *M. pulvrea* (Wood.) Elenk., *Aphanothece clathrata* W. et. G. S. West.; среди диатомовых — *A. formosa*, *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz., *Amphora ovalis* var. *pediculus* Kütz., *Cyclotella operculata* (Ag.) Kütz. В отделе зеленых водорослей выделялись протококковые (32 вида). Пирофитовые водоросли представлены видами рода *Cryptomonas*, *Rhodomonas pusilla* (Bachm.) Jav. и *Ceratium hirundinella* (O. F. M.) Bergh. Биомасса пирофитовых при малой численности в отдельные периоды исследования достигала 13 % общей биомассы фитопланктона. Роль других отделов водорослей в количественном развитии планктона незначительна.

Зоопланктон оз. Лепельского, по нашим данным, представлен 18 видами ветвистоусых рачков, 6 — веслоногих рачков и 15 — коловраток. Различия видового состава зоопланктона оз. Лепельского (до и после поднятия уровня) выражаются в исчезновении ранее обитавшей в планктоне *Filinia longiseta* (Ehrenb.) и появлении *Brachionus angularis* Gosse, *B. diversicornis* Daday. Появление брахионусов указывает на начало процесса эвтрофирования озера [2]. Не исключено влияние фильтративной деятельности популяции дрейссены на структуру доминирующего комплекса зоопланктонных фильтраторов, отмеченное в оз. Лу-

Таблица 2

Средняя численность (тыс. экз./м³) доминирующих видовых популяций планктонных ракообразных и коловраток в пелагиали оз. Лепельского

Виды	02.08.51.	24.06.81.	07.07.81.	28.07.81.	16.07.82.	04.08.83.	05.09.84.
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	10,00	0,42	4,61	2,83	0,25	12,20	4,24
<i>Daphnia cucullata</i>	0,59	0,41	1,71	1,56	0,70	8,00	7,37
<i>D. cristata</i>	2,14	0,52	0,14	0,10	0,73	3,20	1,00
<i>Bosmina crassicornis</i>	0,37	—	—	0,03	1,43	0,24	2,25
Прочие Cladocera	3,90	0,25	0,16	0,28	0,09	0,16	0,24
<i>Eudiaptomus graciloides</i>	21,14	23,46	45,60	30,16	17,14	20,00	15,33
<i>Mesocyclops leuckarti</i> + <i>M. oithonoides</i>	не учитывали отдельно	2,60	0,36	7,00	4,00	25,00	7,74
Прочие Copepoda	10,86	—	—	—	—	—	—
Всего Rotatoria	8,00	4,60	0,20	2,20	5,20	4,30	3,10

Таблица 3

Среднелетние (с 20 июня по 15 августа) показатели численности (N , тыс. экз./м³), биомассы (B , мг/м³) и доли диаптомусов (%) от общей численности и биомассы зоопланктона в оз. Лепельском (1981—1984) и других разнотипных озерах БССР (1974—1979)

Озера	Cladocera	Copepoda	Rotatoria	Общие	Популяция <i>E. graciloides</i>	Доля <i>E. graciloides</i> , %	Количество озер
	$\frac{N}{B}$	$\frac{N}{B}$	$\frac{N}{B}$	$\frac{N}{B}$	$\frac{N}{B}$		
Оз. Лепельское, в среднем за весь период исследований	$\frac{9,5}{430}$	$\frac{33,1}{885}$	$\frac{3,2}{2}$	$\frac{45,8}{1317}$	$\frac{25,3}{785}$	$\frac{55}{60}$	семь обследованных
Олиготрофные (с признаками мезотрофии)	$\frac{7,4 \pm 0,4}{290 \pm 40}$	$\frac{19,5 \pm 3,5}{360 \pm 50}$	$\frac{24,0 \pm 7,1}{10 \pm 0,01}$	$\frac{51,0 \pm 9,8}{660 \pm 80}$	$\frac{4,2 \pm 1,0}{160 \pm 30}$	$\frac{8}{24}$	7
Мезотрофные	$\frac{12,2 \pm 1,1}{440 \pm 40}$	$\frac{40,7 \pm 3,8}{590 \pm 40}$	$\frac{106,8 \pm 18,3}{60 \pm 0,01}$	$\frac{159,7 \pm 21,0}{1090 \pm 70}$	$\frac{10,4 \pm 1,7}{310 \pm 10}$	$\frac{6}{28}$	55
Эвтрофные	$\frac{57,0 \pm 6,3}{1500 \pm 130}$	$\frac{116,7 \pm 6,8}{2480 \pm 360}$	$\frac{337,5 \pm 42,4}{220 \pm 20}$	$\frac{511,7 \pm 40,4}{4200 \pm 170}$	$\frac{15,5 \pm 1,7}{390 \pm 40}$	$\frac{3}{9}$	114
Дистрофные	$\frac{8,6 \pm 1,81}{520 \pm 140}$	$\frac{37,1 \pm 7,1}{290 \pm 50}$	$\frac{96,4 \pm 28,4}{80 \pm 20}$	$\frac{142,1 \pm 31,7}{890 \pm 240}$	$\frac{1,1 \pm 0,3}{30 \pm 10}$	$\frac{1}{3}$	28

Примечание. Величины биомассы рассчитаны по стандартным весам; после знаков «плюс» и «минус» — ошибка средней арифметической.

комском [3, 4]. Впервые этот моллюск обнаружен в озере в 1920 г. [5]. Массовое развитие дрейссены препятствует чрезмерной эвтрофикации водоема [4], это подтверждается отсутствием в настоящее время в оз. Лепельском коловратки рода *Filinia* — типичного обитателя эвтрофных вод.

Суммарная численность веслоногих рачков в летние месяцы 1981—1984 гг. в 7—10 раз превышала численность ветвистоусых (табл. 2).

Численность (N , экз./м²) и биомасса (B , г/м²)
донных животных в оз. Лепельском (1981—1984)

Таксоны	1981 июнь $\frac{N}{B}$	1981 июль $\frac{N}{B}$	1982 март $\frac{N}{B}$	1982 июль $\frac{N}{B}$	1983 февраль $\frac{N}{B}$	1983 август $\frac{N}{B}$	1984 сентябрь $\frac{N}{B}$
Олигохеты	$\frac{468}{0,73}$	$\frac{624}{1,40}$	$\frac{290}{0,31}$	$\frac{420}{2,07}$	$\frac{67}{0,11}$	$\frac{1443}{16,92}$	$\frac{240}{0,30}$
Моллюски	$\frac{340}{7,42}$	$\frac{300}{4,64}$	$\frac{160}{8,81}$	$\frac{166}{3,09}$	$\frac{246}{10,07}$	$\frac{696}{10,12}$	$\frac{610}{10,56}$
Ракообразные	$\frac{688}{1,38}$	—	—	—	$\frac{7}{0,03}$	—	—
Пиявки	$\frac{88}{0,17}$	—	$\frac{20}{0,40}$	$\frac{6}{0,03}$	—	$\frac{76}{0,22}$	—
Поденки	$\frac{24}{0,04}$	$\frac{12}{0,01}$	—	$\frac{12}{0,01}$	$\frac{220}{2,23}$	$\frac{16}{1,38}$	$\frac{10}{0,01}$
Мокрецы	$\frac{36}{0,01}$	—	$\frac{30}{0,03}$	$\frac{11}{0,03}$	$\frac{233}{0,09}$	$\frac{400}{0,04}$	$\frac{90}{0,06}$
Ручейники	$\frac{20}{1,40}$	$\frac{4}{0,01}$	—	$\frac{4}{0,05}$	—	$\frac{32}{0,10}$	$\frac{30}{0,05}$
Хаоборины	$\frac{4}{0,02}$	$\frac{4}{0,02}$	—	$\frac{4}{0,02}$	—	—	$\frac{10}{0,02}$
Хирономиды	$\frac{2264}{1,15}$	$\frac{1256}{0,90}$	$\frac{610}{10,97}$	$\frac{63}{2,07}$	$\frac{1980}{1,02}$	$\frac{3664}{2,15}$	$\frac{1410}{0,98}$
Жуки	—	—	—	—	—	$\frac{13}{0,05}$	—
Бабочки	—	—	—	—	—	$\frac{4}{0,01}$	—
Всего	$\frac{3932}{12,32}$	$\frac{2200}{6,98}$	$\frac{1110}{20,52}$	$\frac{686}{7,37}$	$\frac{2653}{13,55}$	$\frac{6348}{30,99}$	$\frac{2400}{11,98}$

Примечание. Величины численности и биомассы моллюсков приведены без учета представителей родов *Unio*, *Anodonta* и *D. polymorpha*.

Доля ветвистоусых рачков в общей численности зоопланктона колебалась от 5 до 40 %, биомассы — от 11 до 57 %. На долю веслоногих рачков приходилось 48—87 % общей численности и 42—83 % общей биомассы зоопланктона в озере. Роль коловраток более заметна в 1971 г. (45 % общей численности), в остальные годы их численность не превышала 1—18 %, биомасса — около 2 % общей биомассы зоопланктона. Обнаружена положительная корреляция между численностью ветвистоусых рачков и зеленым водорослей в озере за весь период исследований. В целом для зоопланктона оз. Лепельского характерно постоянное доминирование популяции *Eudiaptomus graciloides* Lill., на долю которой приходилось 40—85 % общей численности и 30—80 % общей биомассы зоопланктона (табл. 2, 3). Численность и биомасса этой популяции по результатам исследований положительно коррелировали в оз. Лепельском с численностью и биомассой синезеленых водорослей ($r = 0,75$ и $0,71$ соответственно). Численность популяции диаптомусов до и после поднятия уровня воды в озере была сходной (50 % общей численности зоопланктона без науплиусов) [1].

Летом 1951 г. видовой состав, численность и биомасса зоопланктона оз. Лепельского соответствовали озерам мезотрофного типа [6, 7].

В отличие от оз. Лепельского данные по разнотипным озерам Белоруссии показывают, что в разных по трофности группах доля популяции диаптомусов не превышала 11 % общей численности и 28 % общей

биомассы летнего зоопланктона с более высокими показателями в мезотрофных и олиготрофных с чертами мезотрофии озерах (см. табл. 3).

Комплекс доминирующих видов планктонных ракообразных сохранился, как и в 1951 г., что свидетельствует об устойчивом трофическом статусе озера в 80-е годы (см. табл. 2).

Зообентос оз. Лепельского представлен личинками хирономид — 27 форм, моллюсками — 12 видов, ручейниками — 6 видов и другими группами, включающими 13 видов. Характерной чертой видового состава зообентоса является наличие ледникового реликта *Pallasea quadrispinosa* Sars. и вселенца из Понто-Каспийского бассейна моллюска *Dreissena polymorpha* Pallas.

Широкое распространение моллюсков *Theodoxus fluviatilis* и *Lithoglyphus* sp. в литорали озера свидетельствует о влиянии речной фауны на зообентос водоема [8].

В 1951 г. биомасса зообентоса составила 4,2 г/м² [1]. К настоящему времени величина этого показателя возросла (табл. 4). Отсутствие подобных данных до поднятия уровня не позволяет более точно судить о характере изменений в сообществе зообентоса озера после поднятия уровня воды.

По биомассе в зообентосе оз. Лепельского преобладали моллюски (до 60 % биомассы кормового бентоса). Широко распространены также хирономиды и олигохеты (см. табл. 4). На долю личинок хирономид в разное время (за исключением мая 1982 г.) приходилось от 55 до 75 % общей численности зообентоса.

Результаты наших исследований позволяют считать, что трофический статус озера по сравнению с 1951 г. существенно не изменился и соответствует мезотрофному типу с чертами слабой эвтрофикации. Поднятие уровня воды в оз. Лепельском не вызвало резких изменений видового состава и показателей количественного развития исследованных сообществ.

Список литературы

1. Рыбохозяйственная характеристика промысловых озер Витебской области: Сводный отчет / БелНИИРХ. Инв. № 51. Минск, 1952. С. 54.
2. Андронникова И. Н. Эвтрофирование мезотрофного озера. Л., 1980. С. 78.
3. Митрахович П. А., Ляхнович В. П., Бойкова С. А. // Гидробиол. ж. 1983. № 4. С. 60.
4. Ляхнович В. П., Каратаев А. Ю., Митрахович П. А. Биология внутренних вод: Информ. бюл. 1983. № 60. С. 25.
5. Овчинников И. Ф. // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1933. Т. 1. Вып. 3/4. С. 365.
6. Черемисова К. А. // Тр. БелНИИРХ. 1969. Т. 6. С. 159.
7. Черемисова К. А. // Вопр. рыбн. х-ва Белоруссии. М., 1964. Т. 5. С. 83.
8. Старобогатов Я. И. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Л., 1977. С. 152.

УДК 635.21:581.502.07

Б. А. ТАТАРИНОВ, Э. Ф. ШАБЕЛЬСКАЯ,
Л. Д. БОЖКО, Л. Н. ЖУКОВСКАЯ

ВЛИЯНИЕ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ ОЗОНОМ НА ОСНОВНЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Озон, обладающий выраженной биологической активностью, способен при непосредственном воздействии на растения в стадии вегетации вызывать торможение их развития [1], снижать интенсивность фотосинтеза [2], способствовать нарушению метаболических процессов и структуры тканей растений. Обработка клубней картофеля озоном в период хранения позволяет подавить развитие патогенной микрофлоры [3], что особенно важно при обеспечении сохранности семенного картофеля. Однако эффекты последствия озонной обработки посевного материала в последующем развитии растений остаются невыясненными.

Таблица 1

Влияние режимов обработки клубней картофеля на урожайность растений

Серия опытов	Режим обработки клубней озоном				Урожайность, ц/га	Содержа- ние крах- мала, %	Структура урожая, %		
	Оз., мг/м³	Время об- работки, мин	Число обра- боток	Доза об- работки, г·ч/м³			клубни		
							круп- ные	сред- ние	мелкие
1981									
Контроль	0	0	0	0	210±30		15	60	25
a1	500	20	1	10	222±29		18	53	29
a2	900	20	1	10	166±26		16	54	30
a3	1700	20	1	34	133±15		15	48	37
б1	5	60	10	3	177±22		16	58	26
б2	10	60	10	6	186±26		29	54	17
б3	20	60	10	12	91±17		18	54	28
б4	40	60	10	24	98±13		14	48	38
б5	5	120	10	6	121±18		20	58	32
б6	10	120	10	12	165±22		21	46	33
б7	20	120	10	24	165±23		19	50	32
б8	40	120	10	48	133±19		12	48	40
1982									
Контроль	0	0	0	0	172±22	16,2	8	54	38
в1	35	30	2	2,1	190±26	20,5	27	47	25
в2	35	60	2	4,2	202±35	18,3	28	44	28
в3	104	30	2	6,2	170±20	17,2	26	52	21
в4	104	60	2	12,5	156±28	17,2	28	54	18
1983									
Контроль	0	0	0	0	250±37	17,4	24	54	22
г1	30	30	2	1,8	255±55	18,6	32	41	27
г2	53	30	2	3,2	285±41	17,5	15	62	23
г3	90	30	2	5,4	250±30	17,9	20	44	36
г4	150	30	2	9,0	255±39	17,1	23	62	15
г5	250	30	2	15,0	200±29	17,3	18	44	38
г6	385	30	2	23,0	205±34	17,1	12	64	24

Целью настоящей работы явилось изучение влияния предпосевной обработки клубней озоном на рост, развитие, физиологические процессы и урожайность растений.

Материал и методика

Эксперименты проведены на картофеле сорта Белорусский разваристый в течение 1981—1983 гг. Озон получали за счет коронного разряда в потоке воздуха. Концентрацию измеряли озонометром АН 1003 фирмы «Dusibi» (США). Обработку клубней в озоновоздушной смеси проводили ежедневно за 5 дней до начала яровизации по режимам, указанным в табл. 1. Длительность яровизации 12—14 суток.

Посадку растений, агротехнические приемы, анализ проводили одновременно для опытных и контрольных партий. Интенсивность фотосинтеза определяли методом половинок по приросту органического веществ

ва, интенсивность дыхания — модифицированным методом Бойсен — Йенсена, засухоустойчивость — по методу Ф. Ф. Мацкова, водоудерживающую способность листьев — по методу подвядания [4]. Повторность определения для всех показателей трехкратная для каждой из трех делянок, на которых были высажены клубни, обработанные озоном в одном режиме. Статистическую обработку результатов, а также математическое планирование эксперимента проводили по методам, изложенным в [5].

Результаты и их обсуждение

Обработка клубней озоном в концентрации от 30 до 1700 мг/м³ в соответствии с режимами, указанными в табл. 1, приводит к задержке появления всходов на 3—20 дней по сравнению с контролем. Время задержки увеличивается с возрастанием дозы обработки озоном. Следовательно, ростовые процессы в клубнях не восстанавливаются до исходного уровня за время предпосадочной яровизации. Кроме того, многократная обработка клубней озоном ведет к уменьшению количества побегов на кусте, т. е. к полному подавлению развития отдельных участков меристематической ткани.

Отмеченное замедление развития растений в ранних фазах сменяется ускоренным ростом стебля, в результате длина стебля опытных растений достигает и даже превышает длину стебля контрольных растений. Общая площадь листьев выросших опытных растений также больше площади листьев в контроле (рис. 1).

Предпосадочная обработка клубней озоном, стимулирующая усиленный рост стеблей, приводит к сокращению межфазного периода от появления всходов до бутонизации, а также вызывает увеличение интенсивности и длительности цветения растений по сравнению с контрольными. Однако поскольку продолжительность межфазных периодов в значительной мере определяется метеорологическими условиями [6], различными в разные годы эксперимента, установить их количественную зависимость от режимов обработки не удалось. Различия в сроках клубнеобразования и отмирания ботвы были статистически незначимы. Таким образом, влияние обработки клубней озоном на появление всходов и темпы развития растений картофеля проявляется только в начальный период вегетации.

Озонная обработка клубней приводит также к изменению физиологического состояния растений. Интенсивность фотосинтеза в листьях растений, выросших из клубней, обработанных малыми дозами, выше, чем в контроле. Однако дальнейшее увеличение дозы обработки приводит к его снижению. Наряду с интенсивностью фотосинтеза меняется интенсивность дыхания листьев (табл. 2). Следовательно, эффекты последствий озонной обработки клубней затрагивают основные энергетические процессы в развивающемся растении.

Соотношение величин интенсивностей фотосинтеза и дыхания в листьях отражает активность процессов запасаания органического вещества в растениях. Представленная на рис. 1 зависимость этого соотношения от дозы обработки клубней свидетельствует о том, что отдельные режимы

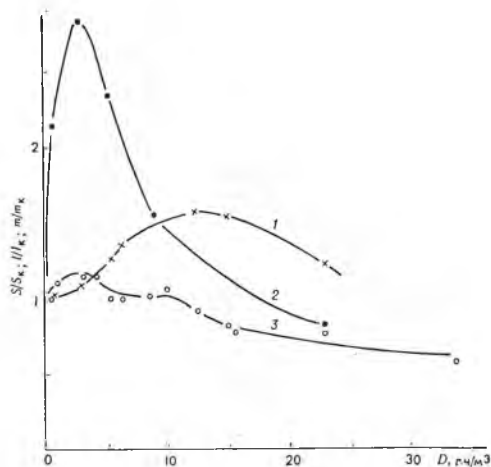


Рис. 1. Влияние дозы обработки клубней на изменения площади листьев растений через 45 сут после посадки (1); отношение интенсивностей фотосинтеза и дыхания через 45 сут после посадки (2); урожайность картофеля (3)

Таблица 2

Влияние режима обработки клубней картофеля озоном на физиологические показатели листьев растений

Режим обработки	Физиологические показатели листьев растений		
	интенсивность фотосинтеза, г/ч·д ² м	интенсивность дыхания, мг СО ₂ /ч	влагоудерживающая способность, %
1982			
Контроль	11,3±0,2	1,05±0,20	88,9±5,1
в1	19,9±6,2	0,71±0,16	76,6±9,4
в2	47,9±14,7	0,70±0,9	81,5±2,8
в3	16,6±5,8	1,19±0,15	85,5±2,1
в4	33,8±11,2	1,19±0,23	91,6±6,6
1983			
Контроль	28±15	1,52±0,29	73,2±4,7
г1	58±13	1,47±0,25	74,4±4,8
г2	78±34	1,50±0,22	71,5±7,2
г3	24±6	0,60±0,19	76,9±3,6
г4	33±22	1,37±0,50	74,0±7,5
г5	26±22	1,49±0,49	82,1±4,3
г6	23±16	1,42±0,45	78,6±3,6

обработки клубней озоном стимулируют запасающую активность растений.

Последствие озонной обработки клубней проявляется не только в перестройке физиологических процессов растения, но и в изменении физико-химических свойств его тканей. Об этом свидетельствует повышение водоудерживающей способности листьев растений при использовании высоких доз озона (см. табл. 2). Можно предположить, что воздействие озона как химически активного фактора вызывает такую перестройку в регуляторной системе развивающегося растения, которая обеспечила бы формирование в поверхностных тканях эффективной защиты от последующих аналогичных воздействий, возможно, за счет изменения устьичного аппарата или дополнительного накопления гидрофильных веществ (полисахаридов, органических кислот и т. п.). Подтверждением тому могут служить известные данные о том, что озон оказывает существенное влияние как на обменные процессы в клубнях [7], так и на фитогормональную систему [8].

Следует отметить, что засухоустойчивость и жаростойкость листьев не изменялись под влиянием озонной обработки посевного материала и, следовательно, обработка клубней озоном затрагивает лишь отдельные процессы в развивающемся растении.

Несмотря на то, что урожайность картофеля зависела от метеорологических условий в разные годы, можно выделить общие закономерности проявления последствий обработки посадочного материала озоном. Результаты, представленные в табл. 1, показывают, что и повышение дозы, и увеличение кратности обработок ведет к значительному снижению урожайности картофеля. В общем урожае увеличивается доля мелких клубней. Однако при малых дозах обработки отмечается повышение урожайности картофеля, сопровождаемое возрастанием содержания крахмала.

Урожайность находится в прямой зависимости от величины соотношения фотосинтеза и дыхания листьев (рис. 2), в то время как зависимость между урожайностью и показателями вегетативного развития растений (длина стеблей, площадь листьев) отсутствует. По-видимому, основную роль в повышении урожайности картофеля в условиях экспе-

римента играет стимуляция процессов запасаания питательных веществ, а не развитие надземной части растений.

Обработка результатов измерений интенсивности фотосинтеза и соотношения фотосинтеза и дыхания в листьях, а также урожайности картофеля по методу математического планирования эксперимента показала, что максимальное стимулирующее влияние озона на эти физиологические показатели проявляется при обработке клубней картофеля озоном в дозе 3—5 г·ч/м³ в течение 40 мин.

Анализ полученных результатов позволяет выделить связь между наблюдаемыми эффектами и сделать предположение о регуляции озоном некоторых процессов в растениях картофеля. В первую очередь следует отметить, что непосредственному действию озона подвергается лишь тонкий слой поверхностных тканей клубней [9]. Однако образующиеся продукты химического взаимодействия озона с биосубстратами тканей могут обладать высокой биологической активностью и способны оказывать дифференцированное (в зависимости от дозы обработки) влияние на обменные процессы в клубнях [7].

Действительно, как показано на рис. 1, зависимости прироста вегетативной части растений и интенсивности запасющих процессов имеют максимумы при различных дозах обработки посевного материала.

Учитывая, что именно сдвиги в метаболизме обуславливают прохождение отдельных этапов онтогенеза, а изменения в метаболизме в значительной степени находятся под контролем фитогормонов, которые в зависимости от внешних условий регулируют также и ход реализации наследственной программы [10], можно предположить, что обработка озона в низких дозах ведет к изменениям процессов синтеза и распада фитогормонов. Высокие дозы и длительная многократная обработка клубней озоном приводят к эффекту необратимого подавления процессов жизнедеятельности в клетках меристематических тканей, что в конечном счете вызывает снижение как скорости роста, так и интенсивности запасющих процессов в растениях.

Таким образом, предпосадочная обработка клубней картофеля озоном вызывает изменение их метаболизма, что, в свою очередь, влияет на развитие растений, их физиологические характеристики и урожайность. При дозах обработки порядка 3—5 г·ч/м³ стимулируются процессы запасаания питательных веществ и увеличивается урожайность картофеля.

Многократная обработка клубней в процессе хранения или их обработка большими дозами озона приводит к задержке развития растений, а также к резкому снижению их урожайности.

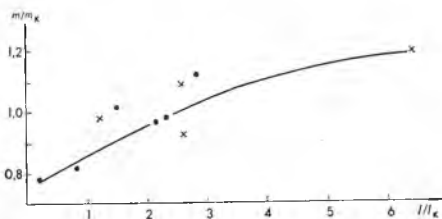


Рис. 2. Зависимость урожайности картофеля от изменений величины отношения интенсивностей фотосинтеза и дыхания листьев растений (I/I_k), выращенных из обработанных озона клубней:
x — 1982, ● — 1983 г.

Список литературы

1. Ormord D. P., Adedipe N. O., Hofera G. // Plant. and Soil. 1973. V. 39. N. 2. P. 437.
2. Furukawa A., Kabota M. // Environ. contr. Biol. 1975. V. 13. N 1. P. 1.
3. Конев С. В., Матус В. К. // Весці АН БССР. Сер. біял. навук. 1982. С. 76.
4. Сказкин Ф. Д. и др. Летние практические занятия по физиологии растений. М., 1973.
5. Иванова В. М., Калинина В. Н., Нешумова Л. А. Математическая статистика. М., 1981.
6. Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений. М., 1975.
7. Сикорская С. В., Игнатенко А. В., Храповицкий В. П. // Исследования по усовершенствованию технологий и технических средств для послеуборочной обработки и хранения картофеля. Каунас, 1983. С. 64.

8. Игнатенко А. В., Сикорская С. В., Черенкевич С. Н. // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1985. № 1. С. 42.
9. Татаринцов Б. А., Щербань А. И. // Докл. АН БССР. 1984. Т. 28. № 2. С. 183.
10. Иванова И. А. // Гормональная регуляция онтогенеза растений. М., 1984. С. 127.

УДК 581.174

Л. А. ХОДОРЕНКО, Л. В. КАХНОВИЧ, А. В. ПЕТРЕНКО

МОРФОСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХЛОРОПЛАСТОВ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ РАЗЛИЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Одним из путей увеличения урожая зерновых культур является создание высокопродуктивных сортов. Для ускорения их селекции большая роль принадлежит физиологическим методам отбора и оценки исходного материала. В последнее время в литературе появились сообщения [1—4], в которых указывается на существование корреляции между отдельными физиолого-биохимическими, морфо-анатомическими признаками и урожаем растений. Обнаружена корреляция между показателями обновления хлорофилла и урожаем зерна ячменя [1], в отдельных случаях удалось установить прямую зависимость между скоростью нециклического электронного транспорта в хлоропластах кукурузы и ее продуктивностью [2]. Имеется небольшое количество работ, где рассматривается возможность использования параметров мезоструктурной организации фотосинтетического аппарата в качестве теста при отборе продуктивных форм [3, 4]. Установлено, что особенности структуры и функциональной активности фотосинтетического аппарата на разных биологических уровнях его организации, начиная с мембран хлоропластов и кончая агрофитоценозом, могут быть лимитирующими факторами эффективности использования фотосинтетически активной радиации [4—6]. Вследствие этого одним из важных резервов повышения продуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур является создание сортов нового типа, обладающих улучшенными фотосинтетическими характеристиками, с высокой способностью фотосинтетического аппарата эффективно использовать световую энергию.

Методы ранней диагностики потенциальной продуктивности исходных форм особенно ценны, так как это поможет решить задачу интенсификации процесса селекции высокопродуктивных сортов. В связи с этим проведено сравнительное изучение основных характеристик фотосинтетического аппарата на уровне хлоропласта различающихся по продуктивности сортов ячменя на ранних этапах онтогенеза.

Материал и методика

В качестве объекта исследования взяты растения различных по продуктивности сортов ярового ячменя (более продуктивные сорта Трумф, Надя, Мами и менее продуктивные Эльгина и Альза). С целью определения стабильности сортовых различий в структурной организации фотосинтетического аппарата и времени четкого проявления их уже на ранних этапах онтогенеза исследования проводились на 4-й, 8-й, 12-й дни вегетации. Структурную организацию фотосинтетического аппарата изучали по следующим характеристикам: параметры хлоропластов, их объем и поверхность, количество в клетке и в единице площади листа, фотоактивная поверхность единицы площади листа. Использовали методику, описанную ранее [5]. В связи с тем, что хлоропласты в клетке могут располагаться в различных плоскостях, вычисляли площадь проекции хлоропластов вдоль длинной ($S_{\max}$) и вдоль короткой оси ($S_{\min}$), а также площадь их полной поверхности $S_{\text{полн.}}$. Материал обработан статистически [7], подчеркиваемые различия достоверны.

Результаты и их обсуждение

Исследуемые сорта ячменя имели различную степень развития фотосинтетического аппарата на уровне хлоропласта. Об этом свидетельствуют данные по объему и поверхности хлоропластов: у сорта с низкой зерновой продуктивностью (Альза) размеры хлоропласта на 19—40 % меньше, чем у более продуктивных сортов. Значительные различия (10—55%) получены по общей поверхности хлоропластов в клетке и в единице площади листа (в 1,5—3 раза) (табл. 1—3). Последнее обстоятельство является существенным для поглощения и реализации светового потока. Данный показатель может иметь решающее значение для интенсивности фотосинтеза, коррелирующего с формированием урожая растений.

Для характеристики оптических свойств листьев и диффузии CO_2 в мезофилле важное значение имеет площадь проекции (сечения) хлоропластов, а также площадь полной поверхности хлоропластов. Данные показатели существенны в характеристике фотосинтетического аппарата, так как площадь проекции хлоропластов коррелирует с интенсивностью фотосинтеза [8]. Как показали результаты проведенного исследования (см. табл. 1—3), максимальная поверхность проекции хлоропластов неодинакова у исследуемых сортов, что обуславливает различные возможности фотосинтетического аппарата уже на ранних этапах роста и развития растений (4—12-дневные растения). Более продуктивные сорта отличались большими значениями проекции хлоропластов, различия составляли по отношению к сорту Альза 24—50 %, что характеризует фотосинтетический аппарат этих сортов как более оптимальный. Это подтверждают и данные по площади полной поверхности хлоропластов в клетке и в единице площади ассимиляционных тканей (см. табл. 1—3). Площадь полной поверхности хлоропластов в клетке у сорта Альза в 1,3—1,7 раза меньше таковой более продуктивных сортов.

Существенно изменяется в зависимости от сортовых особенностей площадь полной поверхности хлоропластов в единице площади листа. Сорта более урожайные характеризуются на ранних этапах роста хорошо развитой фотоактивной поверхностью. Сорт Альза, как менее урожайный, имеет в 1,7—3,4 раза меньшую фотоактивную поверхность хлоропластов, что может привести к снижению фотосинтетической функции данного сорта и в конечном счете к уменьшению продуктивности растений.

Степень развития фотоактивной поверхности хлоропластов определяется не только размерами хлоропластов, но и их количеством и расположением в клетке. Как показывают данные (см. табл. 1—3), число хлоропластов в расчете на клетку различается у сортов в меньшей степени (8—10 %), чем их размеры. Однако по числу хлоропластов в единице площади листа сорта имеют существенные различия (в 1,3—2,2 раза), что связано также с изменением числа клеток в ассимиляционных тканях.

Сортовые особенности по вариабельности числа и размеров хлоропластов сохраняются на 4-й—12-й день роста растений. Изменения данных параметров в онтогенезе листа аналогичны у всех сортов: к 12-му дню вегетации показатели степени развития хлоропластов снижались, что может быть связано со старением листа. В связи с этим анатомо-физиологические признаки стареющих листьев нецелесообразно использовать в качестве критерия для оценки потенциальной продуктивности сорта.

Таким образом, структурно-функциональная характеристика фотосинтетического аппарата на уровне хлоропласта у сортов ячменя, различающихся по продуктивности, свидетельствует об их неодинаковых функциональных возможностях, определяющих фотосинтетическую активность. Уже на ранних этапах формирования листа выявлены осо-

Размеры и количество хлоропластов в листьях растений ячменя (4-дневные растения)

Сорт	Объем хлоропласта, мкм^3	Поверхность хлоропластов			$S_{\text{полн.}} \cdot \text{мкм}^2$	$S_{\text{max}} \cdot \text{мкм}^2$	$S_{\text{min}} \cdot \text{мкм}^2$	$S_{\text{полн.}} \cdot \text{мкм}^2$		Число хлоропластов	
		хлоропласта, мкм^2	в клетке, $\text{мкм}^2 \cdot 10^2$	в 1 см^2 листа, см^2				в клетке, $\cdot 10^2$	в 1 см^2 листа, $\cdot 10^8$	в клетке	в 1 см^2 листа, $\cdot 10^8$
Трумпф	37,72	57,15	14,00	9,37	93,19	24,38	21,22	22,83	15,27	$24,5 \pm 0,8$	16,39
Надя	34,97	52,98	14,67	6,41	84,27	22,55	18,36	23,34	10,19	$27,7 \pm 1,1$	12,10
Мами	32,20	48,78	12,29	5,71	73,97	20,80	14,63	18,64	8,65	$25,2 \pm 0,5$	11,70
Эльгина	27,23	41,25	9,90	4,09	76,11	20,16	16,89	18,26	7,55	$24,0 \pm 0,8$	9,92
Альза	26,93	40,80	8,97	3,00	60,79	16,16	13,43	13,43	4,46	$22,1 \pm 1,0$	7,34

Т а б л и ц а 2

Размеры и количество хлоропластов в листьях растений ячменя (8-дневные растения)

Сорт	Объем хлоропласта, мкм^3	Поверхность хлоропластов			$S_{\text{полн.}} \cdot \text{мкм}^2$	$S_{\text{max}} \cdot \text{мкм}^2$	$S_{\text{min}} \cdot \text{мкм}^2$	$S_{\text{полн.}} \cdot \text{мкм}^2$		Число хлоропластов	
		хлоропласта, мкм^2	в клетке, $\text{мкм}^2 \cdot 10^2$	в 1 см^2 листа, см^2				в клетке, $\cdot 10^2$	в 1 см^2 листа, $\cdot 10^8$	в клетке	в 1 см^2 листа, $\cdot 10^8$
Трумпф	36,93	55,96	16,00	9,80	80,76	22,06	16,89	23,09	14,22	$28,6 \pm 0,8$	17,61
Надя	30,69	46,50	15,20	8,40	73,60	19,20	16,89	24,06	13,35	$32,7 \pm 1,6$	18,15
Мами	47,80	72,43	18,83	9,20	102,36	27,61	22,04	26,61	12,93	$26,0 \pm 1,3$	12,64
Эльгина	21,62	32,76	9,82	4,30	71,90	17,67	14,50	21,57	9,51	$30,0 \pm 0,7$	13,24
Альза	24,17	36,62	7,47	2,70	71,90	19,82	15,73	14,66	5,27	$20,4 \pm 1,3$	7,33

Таблица 3

Размеры и количество хлоропластов в листьях растений ячменя (12-дневные растения)

Сорт	Объем хлоропласта, мкм^3	Поверхность хлоропластов			$S_{\text{полн.}}, \text{мкм}^2$	$T S_{\text{max}}, \text{мкм}^2$	$S_{\text{min}}, \text{мкм}^2$	$S_{\text{полн.}}, \text{мкм}^2$		Число хлоропластов	
		хлоропласта, мкм^2	в клетке, $\text{мкм}^2 \cdot 10^2$	в 1 см^2 листа, см^2				в клетке, $\cdot 10^3$	в 1 см^2 листа, $\cdot 10^5$	в клетке	в 1 см^2 листа, $\cdot 10^5$
Трумпф	31,78	48,15	11,74	8,30	73,35	19,44	16,89	17,89	12,71	$24,4 \pm 1,2$	17,34
Надя	24,22	36,70	7,45	3,80	67,57	17,49	15,73	13,71	7,03	$20,3 \pm 0,8$	10,41
Мами	45,74	69,31	19,89	9,40	95,58	25,64	20,72	27,43	12,91	$28,7 \pm 1,5$	13,51
Эльгина	16,58	25,13	6,28	2,00	48,10	13,58	9,48	12,02	3,87	$25,0 \pm 0,7$	8,06
Альза	17,09	25,90	4,19	1,50	44,46	12,30	9,26	7,20	2,56	$16,2 \pm 1,0$	5,78

бенности его структурной организации, установлена структурная неравноценность единицы площади листа у различных по продуктивности сортов ячменя, что определяет эффективность его работы и в значительной мере — формирование урожая растений.

Список литературы

1. Гапоненко В. И., Николаева Г. Н. и др. // Проблемы и перспективы селекции зерновых, зернобобовых и кормовых культур в XII пятилетке. Жодино, 1985. С. 142.
2. Разумович А. Н., Юренкова С. М. и др. Там же. С. 168.
3. Чайка М. Т., Климович А. С. и др. Там же. С. 174.
4. Кахнович Л. В., Ходоренко Л. А., Петренко А. В. и др. // Ботаника. Минск, 1980. Вып. 22. С. 194.
5. Ходоренко Л. А., Кахнович Л. В., Равинская И. А. Там же. 1982. Вып. 24. С. 56.
6. Быков О. Д., Зелинский М. И. // Физиология фотосинтеза. М., 1982. С. 294.
7. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск, 1973.



УДК 550.83/84

В. М. ШИРОКОВ, В. М. МОСКОВКИН

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЛЯЖЕФОРМИРОВАНИЯ И АБРАЗИИ БЕРЕГОВ В УСЛОВИЯХ УПРАВЛЕНИЯ

Наиболее рациональным методом берегозащиты признается в настоящее время управляющее воздействие в виде подсыпки материала. Предлагаемая работа посвящена анализу динамики береговых систем типа: клиф — пляж в условиях управления (подсыпка или изъятие пляжеобразующего материала).

При постоянной высоте берегового уступа (клифа) динамика береговой системы: клиф — пляж в наиболее общем виде запишется следующим образом [1]:

$$\begin{cases} \frac{dW}{dt} = aHf(W) - \varphi(W) + u, \\ \frac{ds}{dt} = f(W), \end{cases} \quad (1)$$

где W — объем пляжеобразующего материала на единицу береговой линии, m^2 ; a — доля пляжеобразующего материала в породах, слагающих берег ($0 < a < 1$); H — высота клифа, m ; $f(W)$ — скорость отступания клифа, $m/г.$; $\varphi(W)$ — интенсивность истирания пляжеобразующего материала, $m^2/г.$; u — управляющий фактор, $m^2/г.$ (интенсивность подсыпки ($u > 0$) или изъятия ($u < 0$) материала); s — расстояние, на которое отступает клиф в процессе абразии, m ; t — время, $г.$

Рассмотрим наиболее характерные аппроксимационные функции $f(W)$ и $\varphi(W)$ [1, 2]:

$$f(W) = \frac{B(W + \varepsilon)}{(W + r)^2}, \quad \varphi(W) = \frac{cW}{\gamma + W}, \quad (2)-(3)$$

где $B, \varepsilon, r, c, \gamma = \text{const} > 0$.

Численные эксперименты по модели (1) при этих функциях производились с помощью стандартной фортрановской подпрограммы, алгоритм которой основан на методе Рунге — Кутты (подпрограмма RKGS).

Для условий рыхлых пород (район мыса Бурнас) обобщенные результаты счета показаны в табл. 1 (первые шесть вариантов). При этом использовались следующие параметры: $a=0,02$; $H=10$ m ; $B=54,4$ $m^3/г.$; $\varepsilon=10^{-4}$ m^2 ; $\gamma=1,7$ m^2 ; $c=2,2$ $m^2/г.$; $r=1,7$ m^2 .

Значения функции $W(t)$ и $s(t)$ показаны на конечный момент прогноза ($t=100$ лет), а в случае деградации пляжа — на момент деградации (исчезновения, t_d). Отмечены выход объема материала $W(t)$ на стационарное значение $W_{ст}$, а также максимальное значение скорости абразии $f_{max}(t_{max})$. Время выхода на стационарное значение принималось равным моменту времени $t_{ст}$, при котором $W(t)$ отличалось от $W_{ст}$ на 1 %, что определялось из соотношения

$$\frac{|W_{ст} - W(t_{ст})|}{W_{ст}} = 0,01. \quad (4)$$

Численные расчеты по системе уравнений (1) с учетом функций (2)—(3)
(рыхлые породы)

№ пп.	u	$W(0)$	$W_{ст}$	t_d	$t_{ст}$	$W(100)$ ($W(t_d)$)	$S(100)$ ($S(t_d)$)	S_{max}	t_{max}
1	-1	50	—	25—26	—	0	94,86	7,98	21
2	-0,1	50	2,91	—	41	2,91	600,97	7,45	100
3	0	50	3,25	—	45	3,25	576,35	7,25	100
4	0	0	3,25	—	19	3,25	703,39	7,97	6
5	1	0	9,05	—	49	9,05	450,7	7,98	0—1
6	4	0	—	—	—	203,84	85,06	7,98	0—1
7	4	0	—	—	—	210,1	82,83	7,98	0—1
8	-2	80	—	27—28	—	0	84,02	7,98	23

Для сравнения в табл. 1 приведены расчеты (варианты семь, восемь) по модели в условиях прямолинейного берегового склона, предложенной в работе [3].

$$\begin{cases} \frac{dW}{dt} = aHf(W) - \varphi(W) + u, \\ \frac{dH}{dt} = \operatorname{tg} \alpha \cdot f(W), \end{cases} \quad (5)$$

где α — угол наклона берегового склона (клиф вертикальный).

Связь величины отступления клифа с его высотой имеет вид

$$s(t) = \frac{H(t) - H(0)}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (6)$$

В этих двух вариантах: $H(0) = 10$ м, $\operatorname{tg} \alpha = 0,1$. Расчеты по сравниваемым вариантам (шесть и семь) дали близкие результаты, несмотря на то, что по второй модели высота клифа увеличилась почти в два раза ($H(100) = H(0) + s(100) \operatorname{tg} \alpha = 10 + 82,83 \cdot 0,1 = 18,283$ (м)). Расчеты по восьмому варианту близки к расчетам по первому. Так как в варианте шесть $u > c$, монотонный рост функции $W(t)$ будет иметь место на всем временном интервале ($t \geq 0$).

Полностью результаты прогнозных расчетов (функции $W(t)$, $s(t)$, $f(t)$) для первых шести вариантов представлены на рис. 1, 2 и 3. Результаты показывают, что изъятия материала в небольших количествах ($u = -0,1$ м²/г.) не приводят к исчезновению пляжа, а критическое значение изъятия материала, при котором происходит исчезновение равновесного (стабильного) пляжа, лежит в интервале $-1 < u < -0,1$. Од-

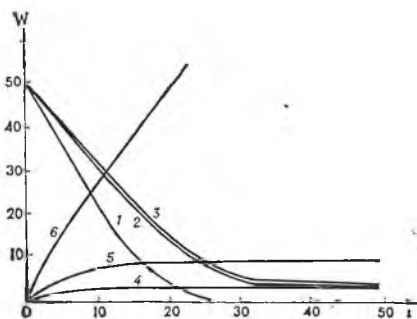


Рис. 1. Прогноз динамики объема пляжеобразующего материала ($W(t)$). Здесь и в рис. 2—3 номера кривых соответствуют вариантам табл. 1

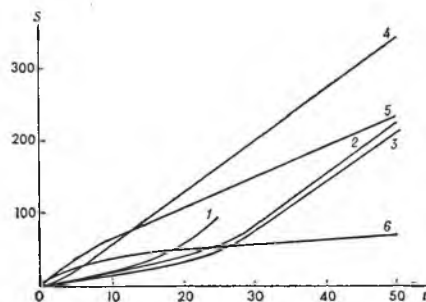


Рис. 2. Прогноз динамики отступления клифа ($S(t)$)

нако в условиях рыхлых пород при формированиях равновесных пляжей с малой интенсивностью изъятия материала также, как и в естественных условиях ($u=0$), происходит значительное отступление берега (клифа) (см. табл. 1).

Стабилизировать (уменьшить) это отступление можно только благодаря значительной подсыпке материала. Так, при $u=4$ м²/г. отступление клифа в восемь раз меньше, чем при отсутствии подсыпки материала. Зная полную стоимость подсыпки 1 м³ (в расчете на 1 пог. м линии берега) материала и ущерб, причиняемый народному хозяйству при абразии (размыве) 1 м берега, можно оптимизировать величину подсыпки материала на основе аналогичных численных экспериментов.

Для прочных пород Новороссийского геологического района в условиях изъятия материала обобщенные результаты расчета показаны в табл. 2. При этом принимались следующие параметры: $a=0,3$; $H=10$ м, $B=0,04$ м³/г., $\epsilon=0,0025$ м², $r=\gamma=1$ м², $c=0,4$ м²/г.

Вариант три соответствовал расчетам по модели (5) при $H(0)=10$ м, $\text{tg } \alpha=0,3$. Очень близкое совпадение результатов по последним двум вариантам обусловлено тем, что за промежуток времени $t_d=70-71$ г. высота клифа по модели (5) изменилась очень незначительно от 10 до 10,05 м. Это говорит о том, что для условий прочных пород (где отступление клифа относительно небольшое) и небольших уклонах (α) берегового склона вместо модели (5) можно пользоваться более простой моделью (1).

Отметим, что теоретический максимум скорости абразии равен $\max_W f(W) = \frac{B}{4(r-\epsilon)}$. Он достигается при $W_{\max}=r-2\epsilon$. Для рыхлых пород $f_{\max}(1,7) \approx 8$ м/г., для прочных — $f_{\max}(1) \approx 0,01$ м/г., что и наблюдалось в большинстве предыдущих случаев (см. табл. 1, 2). Отсюда следует, что наиболее неблагоприятная ситуация, с точки зрения абразии берегов, возникает тогда, когда $W_{\max}$ близко к $W_{\text{ст}}$. С увеличением интенсивности изъятия времени t_d и $t_{\max}$ уменьшаются, причем $t_{\max}$ всегда немного меньше t_d .

Рассмотрим нелинейный закон истирания материала, справедливый в предположении равномерного истирания всего объема пляжа, что имеет место для небольших по мощности пляжей. В этом случае $\varphi(W)=kW$. Результаты расчетов при $k=0,1^{-1}$ г. (параметры a , H , B , ϵ , r соответствуют таковым в табл. 1) приведены в табл. 3.

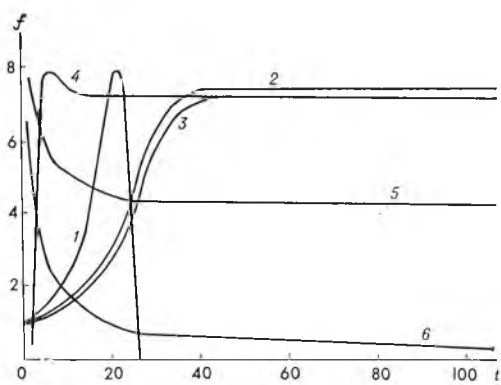


Рис. 3. Прогноз скорости отступления клифа ($f(t)$)

Таблица 2

Численные расчеты по системе уравнений (1) с учетом функций (2) — (3) (прочные породы)

№ пп.	u	$W(0)$	t_d	(Wt_d)	$S(t_d)$	$f(t_d)$	$f_{\max}$	$t_{\max}$
1	—0,5	10	12—13	0	0,07	0,01	0,01	11—12
2	—0,1	30	70—71	0	0,16	0,0001	0,01	64—65
3	—0,1	30	70—71	0	0,17	0,0001	0,01	60—70

Численные расчеты по системе уравнений (1) с учетом функции (2) при линейном законе истирания (рыхлые породы)

№ пп.	u	$W(0)$	$W_{ст}$	t_d	$t_{ст}$	$W(100)$ ($W(t_d)$)	$S(100)$ ($S(t_d)$)	$f(100)$ ($f(t_d)$)
1	-4	50	—	10—11		0	31,13	4,42
2	-1	50	3,74	—	36	3,74	607,53	6,87
3	4	50	42,37	—	27—28	42,37	116,93	1,19

Критическое значение интенсивности изъятия, при котором исчезают равновесные пляжи, больше, чем в предыдущем случае (по абсолютной величине), и лежит в интервале: $-4 < u < -1$. В третьем варианте, несмотря на очень большую интенсивность подсыпки материала, объем материала убывает, стабилизируясь на уровне $W_{ст} = 42,37 \text{ м}^2$ через 27—28 лет. Это обусловлено тем, что интенсивность истирания материала преобладает над интенсивностью поступления материала с клифа и интенсивностью подсыпки.

Сравнивая линейный и нелинейный законы истирания при $k = \frac{c}{\gamma}$ (обе кривые $\varphi(W)$ выходят из точки $W=0$ с одинаковым уклоном), видим, что стационарный объем материала при нелинейной функции $\varphi(W)$ больше, чем при $\varphi(W) = kW$ (так как кривая $\varphi(W) = \frac{cW}{\gamma + W}$ в этом случае лежит всегда ниже прямой $\varphi(W) = kW$ и, следовательно, пересекает кривую $z(W) = aHf(W) + u$ при больших значениях W). Это говорит о том, что линейный закон истирания описывает более сильную отрицательную связь в береговой системе, т. е. быстрее стабилизирует пляж на более низком стационарном уровне.

Отметим, что анализ устойчивости стационарных точек ($W_{ст}$) и критических условий деградации пляжей является самостоятельной и очень перспективной областью исследований. Об этом можно судить, если снова обратиться к табл. 1. Здесь из расчетов для $u=0$ при $W(0)=0$ и $W(0)=50 \text{ м}^2$ (варианты три, четыре) видно, что $W_{ст} = 3,25 \text{ м}^2$ является устойчивой точкой при достаточно широком диапазоне изменения $W(0)$. Можно показать, что эта точка единственная стационарная точка, так как кривая $aHf(W)$ пересекает кривую $\varphi(W)$ при $W \geq 0$ в единственной точке. В то же время при $u = -0,1 \text{ м}^2/\text{г}$. (второй вариант) существуют две положительные стационарные точки (одна, $W_{ст} = 2,91 \text{ м}^2$, устойчивая), причем меньшая по величине является неустойчивой. Следовательно, существует небольшая область малых начальных значений объема материала ($W(0)$), из которой нельзя попасть в устойчивое стационарное состояние $W_{ст} = 2,91 \text{ м}^2$. Это нами показано на примере расчета с нулевым начальным условием ($W(0)=0$), что дало $W(t) < 0$ на первом же шаге счета.

Теоретический анализ устойчивости стационарных точек может проводиться на основе метода возмущений или еще проще — на основе качественного построения потенциальной функции $U(W)$ для первого уравнения системы (1), где $dW/dt = -dU(W)/dW$.

Подобные прогнозные расчеты являются особенно перспективными при управлении состоянием пляжей на многочисленных водохранилищах, которые теперь часто создаются для целей рекреации [4, 5]. Вопрос о поддержании их в устойчивом состоянии включает и оценку динамики береговых систем, рассмотренных нами в этой работе.

Список литературы

1. Московкин В. М. // Круговорот вещества и энергии в водоемах. Математическое моделирование и автоматизация лимнологических исследований: Матер. докл. к VI Всесоюз. лимнолог. совещ. Иркутск, 1985. Вып. 8. С. 39.

2. Есин Н. В., Дмитриев В. А., Московкин В. М. // Докл. АН СССР. 1983. Т. 270. № 1. С. 223
3. Есин Н. В., Московкин В. М., Окунь А. В. // Водные ресурсы. 1983. № 5. С. 92.
4. Широков В. М. Конструктивная география рек: основы преобразования и природопользования. Минск, 1985.
5. Широков В. М., Лопух П. С. Формирование малых водохранилищ гидроэлектростанций. М., 1986.

УДК 711.455.001.3

Г. Р. ПОТАЕВА

ОСОБЕННОСТИ РЕКРЕАЦИОННО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ ГОРОДОВ БССР

Активное развитие системы социально-географических наук, объектом изучения которых выступает взаимодействие человека с окружающей средой, привело к возникновению новых понятий, в частности, социально-географического положения объекта. Рекреационно-географическое положение — один из видов общего социально-географического положения — выступает в качестве инструмента изучения социальных полей. Рекреационно-географическое положение имеет и конструктивное значение (при составлении схем и проектов районной планировки областей и административных районов). Впервые понятие рекреационно-географического положения объектов выдвинуто И. М. Маергойзом [1], на актуальность выделения такой категории указывал и Ю. А. Веденин [2].

Рекреационно-географическое положение имеет ряд общих с экономико-географическим положением черт, однако между этими понятиями есть и существенные различия (табл. 1), прежде всего в характере отношений рассматриваемого объекта и взаимосвязанных с ним объектов и территорий. С точки зрения рекреационной географии, имеющей объектом своего исследования потенциальных отдыхающих с их рекреационными потребностями, географическое положение основывается на представлении о циклах рекреационной деятельности и их пространственной структуре как факторе, реализующем различные по продолжительности и способу использования территории потребности населения в отдыхе. Микро-, мезо- и макроположения в рекреационной географии, следовательно, отражают не территориальный, а временной масштаб рекреационной деятельности. Так как потребности и в продолжительном, и в кратковременном отдыхе могут удовлетворяться на одной и той же территории (можно наблюдать при агломерируемости различных видов отдыха в пригородных зонах городов), микро-, мезо- и макроположения могут накладываться друг на друга, различия этих видов положений определяются функциональным использованием территории.

Рекреационно-географическое положение — категория историческая, положение активно изменяется под действием внешних факторов, вслед за развитием транспорта, рекреационной инфраструктуры, систем обслуживания, изменениями природного комплекса. Примером активного изменения рекреационной среды может служить пригородная зона Минска, в которой за последние 30 лет создано 12 водохранилищ общей площадью около 4,5 тыс. га, 8 из которых используются только в рекреационных целях; на основе лесных массивов формируются лесопарки, развивается сеть рекреационных учреждений, достигшая в настоящее время 38 тыс. мест. Эти преобразования существенно улучшили рекреационно-географическое положение города.

Рекреационно-географическое положение городов изменяется также вследствие развития рекреационных потребностей. Увеличение потребностей в количественном отношении и их качественные изменения требуют освоения новых рекреационных ресурсов, повышения устойчивости и емкости существующих, развития инфраструктуры.

Рекреационные потребности развиваются интенсивно, особенно в по-

Сходства и различия экономико-географического
и рекреационно-географического положений

Критерии сравнения	Экономико-географическое положение*	Рекреационно-географическое положение
1. Базисные отношения	Представление о территориальных особенностях технологических и экономических связей	Представление о структуре рекреационных потребностей и совокупности пространственно-временных циклов рекреационной деятельности
2. Историчность	Изменяется в отдельные исторические периоды в ходе экономического развития	Изменяется с развитием рекреационных потребностей
3. Динамичность	Слабодинамично, изменяется в процессе территориального разделения труда	Сильнодинамично, характеризуется сезонной динамичностью
4. Направленность связей	Центростремительная Объектно-центрированная система **	Центробежная Субъектно-центрированная система **
5. Конструктивность	Влияет на социально-экономическое развитие объекта	Определяет границы зон длительной и кратковременной рекреации
6. Иерархичность	В зависимости от территориального масштаба связей подразделяется на микро-, мезо- и макроположение	В зависимости от пространственно-временной структуры циклов рекреационной деятельности подразделяется на микроположение (ежедневные циклы), мезоположение (еженедельные циклы), макроположение (отпускные циклы)
7. Пространственные отношения	Отношение к экономическим объектам	Отношение к рекреационным объектам
8. Дистанционность	Технологическо-экономические показатели расстояния	Социально-экономические показатели расстояния

* По данным Н. Н. Баранского [3], И. М. Маергойза [1].

** По данным Ю. А. Веденина [2].

следние годы, в связи с ростом благосостояния людей, развитием процесса урбанизации, поэтому рекреационно-географическое положение городов изменяется также достаточно интенсивно. Кроме того, для него характерна сезонная динамика.

Таким образом, рекреационно-географическое положение объекта — динамичная система, отражающая пространственно-временные взаимоотношения группы отдыхающих и совокупности факторов, реализующих рекреационные потребности населения данного объекта.

Основным фактором, определяющим рекреационно-географическое положение города, является уровень развития рекреационных потребностей населения. Н. А. Щитовой [4] выдвинута гипотеза об определяющем значении функциональной специализации города в формировании рекреационных потребностей населения. Это подтверждается исследованиями И. Г. Хасдана [5], изучавшего пассажирские связи населения городов БССР.

В качестве показателей функционального развития нами рассматривались демографическая и социально-экономическая характеристики города. Анализ подвергались 20 городов, составляющих опорную сеть расселения республики. В соответствии с классификацией городских поселений по величине, предложенной Б. С. Хоревым [6], города Белоруссии можно условно разделить на малые (с населением до 20 тыс. чел.), средние (от 20 до 100 тыс. чел.), большие (от 100 до 200 тыс. чел.), крупные (от 200 до 500 тыс. чел.) и сверхкрупные (более 500 тыс. чел.).

Исследования показали связь между структурой занятости населения в народном хозяйстве, величиной и характером рекреационных потребностей. Условия жизни в больших городах также влияют на формирование рекреационных потребностей. Это подтверждается исследованиями по определению рекреационных потоков из различных городов БССР.

С увеличением численности населения городов возрастает удельный вес населения, выезжающего на отдых за город. Так, число работающего населения, регулярно выезжающего в летний период на отдых из малых и средних городов нашей республики, составляет 22—24 %, из больших и крупных городов — 52—58 %*.

Возможности удовлетворения рекреационных потребностей на окружающих город территориях связаны с уровнем развития транспортной инфраструктуры. Развитая сеть дорог, скоростной транспорт позволяют включать в зону кратковременного отдыха даже удаленные объекты и, способствуя более полному удовлетворению рекреационных потребностей, улучшать рекреационно-географическое положение города.

Исходя из того, что средние радиусы поездок на кратковременный отдых не превышают, как правило, расстояний, которые можно преодолеть за 2 ч, нами построены изохроны одно- и двухчасовой транспортной доступности от городов — центров систем расселения. Наличие рекреационных ресурсов — следующего важнейшего фактора, определяющего рекреационно-географическое положение города, — рассматривалось нами в их пределах.

В пределах изохрон одночасовой транспортной доступности от города по наличию благоустроенных зон отдыха наилучшие условия имеет Минск (30,8 тыс. га), в ближайшем окружении которого на базе искусственных водных систем сформированы зоны массового кратковременного отдыха: Минское море, Вяча, Птичь и др. В несколько худшем положении находятся города Молодечно, Борисов, Бобруйск, Гомель, Могилев. Наименее благоприятное положение у городов Житковичи (практически нет приспособленных территорий для отдыха), Кричев, Орша, Солигорск, Пинск.

Важным фактором, влияющим на рекреационно-географическое положение города, является также уровень развитости материально-технической базы рекреации. Это сеть учреждений отдыха (базы отдыха предприятий и организаций, санатории-профилактории и др.), а также садоводческие товарищества.

Наибольшую вместимость рекреационных учреждений в пределах двухчасовой транспортной доступности имеет Минск — 38 тыс. мест. Развита также сеть рекреационных учреждений в ближайшем окружении Гомеля, Витебска, Могилева. Это областные города, и основу их хозяйства составляют крупные предприятия и организации, в последнее время активно развивающие сеть ведомственных учреждений отдыха.

Наименьшая вместимость рекреационных учреждений вблизи малых городов (Глубокое, Житковичи, Лида).

Особое место среди объектов рекреационного обслуживания занимают садоводческие товарищества, интенсивно развивающиеся в последнее время. Садоводческие товарищества предприятий и организаций городов с численностью населения до 100 тыс. жителей располагаются, как правило, в зоне одночасовой транспортной доступности. Вокруг больших и крупных городов ареалы размещения садоводческих товариществ выходят в ряде случаев даже за пределы двухчасовой транспортной доступности.

Наибольшее число участков в садоводческих товариществах (более 50 тыс.) имеют жители Минска. Вокруг крупных городов размещено от 6 до 18 тыс. участков. Не имеют садовых участков жители малых городов Житковичи и Глубокое.

* По материалам социологического опроса, проведенного автором в 1983—1985 гг. в городах Глубокое, Мозырь, Барановичи, Могилев, Минск.

**Обеспеченность рекреационными ресурсами и объектами
материально-технической базы рекреации населения городов —
центров систем расселения
(в зоне двухчасовой транспортной доступности)**

Степень обеспечен- ности	Классификация городов по степени обеспеченности		
	рекреационными территориями	местами в учреждениях отдыха	садоводческими товариществами
Обеспечен- ные	свыше 500 га/тыс. жит. Молодечно Глубокое Жлобин	свыше 30 мест/тыс. жит. Глубокое Полоцк	свыше 30 участ./тыс. жит. Гродно Витебск Полоцк Лида Минск Брест Гомель
Среднеобес- печенные	от 100 до 500 га/тыс. жит. Полоцк Лида Кричев Бобруйск Борисов Мозырь Гродно Могилев Барановичи Витебск Солигорск	от 20 до 30 мест/тыс. жит. Могилев Минск Гомель Гродно Витебск Мозырь Брест	от 10 до 30 участ./тыс. жит. Мозырь Солигорск Могилев Пинск Барановичи Орша Борисов Молодечно Бобруйск
Малообес- печенные	менее 100 га/тыс. жит. Пинск Житковичи Орша Брест Гомель Минск	менее 20 мест/тыс. жит. Барановичи Борисов Бобруйск Орша Солигорск Молодечно Пинск Лида Житковичи Жлобин Кричев	менее 10 участ./тыс. жит. Кричев Жлобин Глубокое * Житковичи *

* Нет садоводческих товариществ.

Таким образом, основными факторами, определяющими рекреационно-географическое положение городов, являются социальные, экономические и экологические условия формирования рекреационных потребностей населения; рекреационные ресурсы; материально-техническая база рекреации; транспортная инфраструктура.

Рекреационно-географическое положение характеризует не только абсолютные величины, но и дает относительную оценку возможностей их использования. Поэтому нами была рассмотрена обеспеченность населения рассматриваемых городов рекреационными ресурсами и объектами материально-технической базы рекреации (табл. 2). При значительных колебаниях обеспеченности населения городов рекреационными ресурсами в пределах двухчасовой транспортной доступности (от 1 га/тыс. жителей г. Житковичи до 915 га/тыс. жителей в г. Молодечно) наблюдается общая тенденция к ее увеличению с уменьшением размеров города.

По степени обеспеченности местами в рекреационных учреждениях выделяются три группы городов. В первую, где обеспеченность не превышает 20 мест на тысячу жителей, входят интенсивно развивающиеся промышленные города (Бобруйск, Солигорск, Пинск, Орша), где развитие

рекреационной инфраструктуры отстает от темпов роста городов. Вторую группу, с уровнем обеспеченности 20—30 мест на тысячу жителей, образуют в основном областные города республики с относительно развитой рекреационной сетью. В третью группу, с обеспеченностью порядка 30 мест на тысячу жителей, вошли города Полоцк и Глубокое, в зону тяготения которых попали курортно-рекреационные зоны республиканского значения (Браслав, Ушачи) с высокой степенью освоенности.

Уровень обеспеченности садоводческими товариществами населения городов имеет обратную тенденцию: наиболее высок у крупных городов.

Проведенный анализ рекреационно-географического положения городов позволяет учитывать реальные условия организации отдыха населения и вести целенаправленное формирование мест и объектов отдыха на основе выявленных закономерностей. Так, для городов, имеющих низкую обеспеченность рекреационными территориями (например, Пинск, Житковичи, Орша), в ближайшем окружении которых недостаточно природных рекреационных ресурсов, а также Минска, Гомеля, Бреста, отличающихся повышенными рекреационными потребностями, необходимо первоочередное формирование благоустроенных зон массового отдыха. Для городов с наиболее низкой обеспеченностью учреждениями отдыха необходимо наращивать опережающими темпами сеть рекреационных объектов. Комплексное рассмотрение рекреационных ресурсов и потребностей населения позволяет наиболее эффективно воздействовать на улучшение организации рекреационной деятельности.

Список литературы

1. Маергойз И. М. Методика мелкомасштабных экономико-географических исследований. М., 1981.
2. Веденин Ю. А. Динамика территориальных рекреационных систем. М.; 1982.
3. Баранский Н. Н. Экономическая география. Экономическая картография. М., 1956.
4. Щитова Н. А. Формирование территориальной системы удовлетворения рекреационных потребностей населения (на примере Ставропольского края): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 1980.
5. Хасдан И. Г. Социально-географические закономерности формирования и развития межселенных связей городов (на примере пассажирских связей городов БССР). Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Минск, 1981.
6. Хорев Б. С. Проблемы городов. М., 1975.

УДК 551.4:330.15(476)

А. Н. ВИТЧЕНКО

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЛАНДШАФТОВ БЕЛОРУССИИ

Важнейший резерв повышения эффективности сельскохозяйственного производства — учет и правильное использование агроэкологических ресурсов ландшафтов, в данном случае ресурсов совокупности факторов формирования продуктивности сельскохозяйственных культур.

Расчеты, выполненные по динамико-статистической модели [1, 2], позволяют дать оценку агресурсного потенциала ландшафтов на различных топологических уровнях применительно к основным сельскохозяйственным культурам, возделываемым в Белоруссии. При анализе сельскохозяйственной продуктивности ландшафтов в разрезе провинций использованы следующие средневзвешенные показатели: $Q_{\text{ф}}$ — сумма падающей фотосинтетически активной радиации (ФАР) за период вегетации сельскохозяйственных культур; $\eta_{\text{п}}$ — максимальный КПД использования посевам ФАР; ПУ — потенциальный урожай; ДВУ — действительно возможный урожай; УП — урожай производственный; K — показатель степени неблагоприятности климатических условий вегетационного периода; C — показатель уровня использования агроэкологических ресурсов [2].

**Основные агроэкологические показатели
сельскохозяйственной продуктивности ландшафтов Белоруссии**

Ландшафтные провинции	Q, кал/см²	$\eta_{\text{П}}$ %	ПУ, ц/га	ДВУ, ц/га	УП, ц/га	К. %	С. %
Озимая рожь							
Поозерская	19261	3,31	64,4	52,1	17,2	19,1	33,0
Белорусская Возвышенная	19831	3,23	64,5	50,4	21,9	21,9	43,5
Предполеская	19872	2,95	58,9	43,3	20,4	26,5	47,1
Восточно- Белорусская	20743	2,94	61,5	44,8	20,5	27,2	45,8
Полесская:							
Западная подпровинция	19899	2,65	52,7	37,1	23,0	29,6	62,0
Восточная подпровинция	19914	2,63	52,5	34,4	21,1	34,5	58,1
Ср. взв. по БССР	19842	3,04	60,6	45,8	20,3	24,4	44,3
Озимая пшеница							
Поозерская	21549	3,09	67,3	50,2	18,4	25,4	36,7
Белорусская Возвышенная	21954	3,10	68,4	48,5	25,4	29,1	52,4
Предполеская	22146	2,78	62,1	42,5	23,5	31,6	55,3
Восточно- Белорусская	22733	2,87	65,8	46,6	21,4	29,5	46,1
Полесская:							
Западная подпровинция	21642	2,58	56,5	36,4	21,8	35,6	59,9
Восточная подпровинция	21870	2,51	55,6	34,6	21,3	37,8	61,6
Ср. взв. по БССР	21979	2,88	64,1	45,0	22,3	29,8	49,6
Яровой ячмень							
Поозерская	16742	2,70	63,3	51,5	18,7	19,3	36,6
Белорусская Возвышенная	16668	2,70	63,0	49,8	26,9	21,0	54,0
Предполеская	17171	2,39	57,3	45,3	23,2	20,9	51,2
Восточно- Белорусская	16763	2,58	60,3	45,2	21,9	25,0	48,5
Полесская:							
Западная подпровинция	16997	2,31	54,8	43,8	25,6	20,1	58,4
Восточная подпровинция	17587	2,08	50,3	41,2	22,2	18,1	53,9
Ср. взв. по БССР	16937	2,52	59,3	47,0	23,0	20,7	48,9
Картофель							
Поозерская	16885	1,70	649	510	117	21,4	22,9
Белорусская Возвышенная	17240	1,76	678	488	150	28,0	30,7
Предполеская	18232	1,41	579	470	146	18,8	31,1
Восточно- Белорусская	16935	1,66	636	497	133	21,9	26,8

Ландшафтные провинции	Q, кал/см ²	$\eta_{\text{П}}$, %	ПУ, ц/га	ДВУ, ц/га	УП ц/га	К, %	С, %
Полесская:							
Западная подпровинция	18324	1,26	521	435	134	16,5	30,8
Восточная подпровинция	19386	1,10	477	415	136	13,0	32,8
Ср. взв. по БССР	17664	1,52	605	478	136	21,0	28,5
Лен-долгунец							
Поозерская	17232	1,76	22,8	14,9	3,4	34,6	22,8
Белорусская Возвышенная	17370	1,73	22,4	14,6	4,4	35,7	30,1
Предполесская	17325	1,60	20,8	11,4	4,6	45,2	40,4
Восточно-Белорусская	17360	1,63	21,4	11,6	3,5	45,8	30,2
Полесская:							
Западная подпровинция	17073	1,56	19,9	10,9	3,7	45,2	33,9
Восточная подпровинция	16286	1,58	19,4	9,9	2,6	49,0	26,3
Ср. взв. по БССР	17177	1,67	21,5	12,7	4,1	40,9	32,3

Различия в приходе ФАР на территории БССР за период возобновление вегетации — восковая спелость у **озимой ржи** по средним многолетним данным небольшие (см. таблицу). Коэффициент вариации (CV) прихода ФАР — 2,9 %. Однако распределение значений КПД ее использования по территории БССР отличается большой изменчивостью: коэффициент вариации КПД использования ФАР в четыре раза больше CV прихода ФАР. В связи с этим различия ПУ озимой ржи в ландшафтах Белоруссии определяются в основном КПД использования ФАР. Следует отметить, что при близких значениях КПД значимость прихода ФАР возрастает и этот показатель становится ведущим при определении различий в уровне ПУ. Климатические условия, влияющие на продуктивность озимой ржи в ландшафтах Белоруссии, существенно различаются (CV — 25,7 %). Наиболее благоприятные агроэкологические условия для возделывания озимой ржи наблюдаются в ландшафтах Белорусской Возвышенной и Поозерской провинций, неудовлетворительные — характерны для ландшафтов Полесской провинции, где существенный недобор урожая обусловлен климатическими факторами. Уровень реализации агроэкологических ресурсов ландшафтов Белоруссии при возделывании озимой ржи невысокий и значительно варьируется (CV — 21,3 %). Более полно агроэкологические ресурсы используются в ландшафтах Полесской провинции и недостаточно — в Поозерской.

Закономерности и факторы, определяющие уровень и различия ПУ и ДВУ озимой ржи и озимой пшеницы в БССР, аналогичны. В ландшафтах республики при возделывании **озимой пшеницы** наблюдаются большие различия в распределении агроэкологических ресурсов (см. таблицу). Более благоприятные агроэкологические условия отмечаются в Белорусской Возвышенной, Восточно-Белорусской и Поозерской провинциях. Здесь, наряду с высокими КПД использования ФАР, ПУ, ДВУ, минимальные в Белоруссии потери урожая, обусловленные климатическими факторами. Несколько хуже агроэкологические условия в ландшафтах Предполесской провинции, самые неблагоприятные — в Полесской. Характеризуя сельскохозяйственную продуктивность ланд-

шафтов применительно к возделыванию озимой пшеницы, следует также отметить, что потери урожая этой культуры в результате воздействия климатических факторов выше, чем у озимой ржи. Ландшафты с относительно хорошим уровнем использования агроэкологических ресурсов находятся в Полесской провинции, неудовлетворительным — в Поозерской. Коэффициенты вариаций основных характеристик сельскохозяйственной продуктивности ландшафтов применительно к озимой пшенице несколько отличаются от аналогичных показателей, полученных по озимой ржи.

Изменчивость прихода ФАР и КПД ее использования в посевах ярового ячменя в ландшафтах республики выше, чем у озимой ржи и озимой пшеницы. Вместе с тем СВ ПУ и особенно ДВУ, К, и С меньше (см. таблицу). Существенные агроэкологические ресурсы для возделывания ярового ячменя имеют место в ландшафтах Белорусской Возвышенной и Поозерской провинций. Здесь наблюдаются максимальные для Белоруссии КПД использования ФАР, ПУ, ДВУ и благоприятные климатические условия для выращивания этой культуры. В то же время по уровню реализации агроэкологических ресурсов ландшафты этих провинций далеко не одинаковы. Коэффициент С на 17,4 % выше в Белорусской Возвышенной провинции. Незначительные агроэкологические ресурсы приурочены к ландшафтам Полесской провинции, где минимальные в республике КПД использования ФАР, ПУ, ДВУ. Уровень использования агроэкологических ресурсов выше в ландшафтах Полесской и Белорусской Возвышенной провинций, минимальный — в Поозерской.

Показатели, определяющие уровень сельскохозяйственной продуктивности ландшафтов Белоруссии применительно к **картофелю**, отличаются по абсолютным значениям от аналогичных характеристик зерновых культур. Различия приходов ФАР в ландшафтах республики при возделывании картофеля и зерновых культур небольшие, но изменчивость этой характеристики в два — три раза больше в посевах картофеля (см. таблицу). КПД использования ФАР в посевах картофеля значительно ниже, чем у зерновых культур. Все это определило следующую дифференциацию агроэкологических показателей продуктивности картофеля в ландшафтах Белоруссии. Максимальные КПД использования ФАР и ПУ наблюдаются в Белорусской Возвышенной, Восточно-Белорусской и Поозерской провинциях, минимальные — в Полесской. Высокие ДВУ картофеля отмечаются в ландшафтах Восточно-Белорусской и Поозерской, несколько ниже — в Белорусской Возвышенной и Предполесской провинциях; минимальные ДВУ картофеля — в Полесской провинции. Климатические условия наиболее благоприятны для возделывания картофеля в ландшафтах Полесской, наименее — в Белорусской Возвышенной провинции. Реализация агроэкологических ресурсов в ландшафтах республики при возделывании картофеля значительно ниже, чем при выращивании зерновых культур. Коэффициенты использования агроэкологических ресурсов минимальные в Поозерской, наиболее высокие — в Предполесской провинции.

КПД использования ФАР в ландшафтах республики при возделывании **льна-долгунца** значительно ниже, чем при выращивании зерновых культур, и близки к аналогичным показателям, наблюдаемым при культивировании картофеля. У льна-долгунца потери урожая от лимитирующего действия климатических факторов в ландшафтах республики самые значительные среди рассматриваемых сельскохозяйственных культур (см. таблицу). Это предопределило небольшие ПУ и ДВУ льна-долгунца в ландшафтах Белоруссии. Более высокие ПУ и ДВУ наблюдаются в Поозерской и Белорусской Возвышенной провинциях, наиболее низкие — в Полесской. Климатические условия относительно благоприятны для возделывания льна-долгунца в ландшафтах Поозерской и Белорусской Возвышенной провинций, самые плохие — в Предполесской и Полесской. Уровень использования агроэкологических ресурсов в ланд-

шафтах республики при выращивании льна-долгунца неудовлетворительный: минимальный в ландшафтах Поозерской провинции, максимальный — в Предполесской. Коэффициенты вариации КПД использования ФАР, УП и ДВУ льна-долгунца в ландшафтах Белоруссии выше, чем у других рассматриваемых культур, а ПУ самый низкий.

Оценка сельскохозяйственной продуктивности ландшафтов свидетельствует, что агроэкологические условия Белоруссии позволяют возделывать широкий набор сельскохозяйственных культур. Наиболее благоприятные агроэкологические условия складываются в ландшафтах Белорусской Возвышенной провинции (холмисто-моренно-эрозионные, камово-моренно-эрозионные), Поозерской (озерно-ледниковые, водно-ледниковые с озерами), Восточно-Белорусской (лѣссовые), где ДВУ озимой ржи, озимой пшеницы и ярового ячменя достигают 50—56 ц/га и льна-долгунца 13—19 ц/га.

Неблагоприятные агроэкологические условия для возделывания рассматриваемых сельскохозяйственных культур отмечаются в ландшафтах Полесской провинции (аллювиально-террасированные, вторично-водно-ледниковые), где ДВУ озимой ржи и озимой пшеницы составляют 31—38 ц/га, ярового ячменя — 40—42 ц/га, картофеля — 404—424 ц/га, льна-долгунца — 9—10 ц/га.

В ландшафтах Белоруссии имеются значительные резервы повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Уровень использования их агроэкологических ресурсов невысокий. Несколько выше он при возделывании озимой ржи и озимой пшеницы в ландшафтах Полесской провинции (аллювиально-террасированные — 59—67 %, вторично-моренные — 58—60 %, вторично-водно-ледниковые — 60—68 %); ярового ячменя — Белорусской Возвышенной (вторично-моренные и моренно-зандровые — 56—58 %) и Полесской (аллювиально-террасированные — 55—62 %, вторично-водно-ледниковые — 63—65 %); картофеля — Предполесской (вторично-водно-ледниковые и моренно-зандровые — 30—32 %) и Полесской (аллювиально-террасированные — 31—34 %, вторично-водно-ледниковые — 29—31 %), льна-долгунца — Предполесской (моренно-зандровые — 35—38 %, вторично-моренные — 51—53 %).

Минимальный уровень использования агроэкологических ресурсов наблюдается в ландшафтах Поозерской провинции (озерно-ледниковые, водно-ледниковые с озерами), где процент использования агроэкологических ресурсов при возделывании озимой ржи, озимой пшеницы, ярового ячменя составляет 27—37 %, картофеля — 21—23 %, льна-долгунца — 22—23 %.

Список литературы

1. Витченко А. Н. // Актуальные проблемы охраны, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов. Минск, 1985. С. 20.
2. Витченко А. Н., Полевой А. Н. // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1986. № 2. С. 56.

УДК 448.63(476):91

Н. И. ЖУРАВСКАЯ

ЗОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА БЕЛОРУССИИ

Вопросы зональной специализации сельского хозяйства Белоруссии занимали особое место в исследованиях экономистов и экономико-географов с первых лет Советской власти, так как дореволюционные опыты районирования территории Белоруссии оказались неприемлемыми в новых социально-экономических условиях. Эта проблема не потеряла актуальности и в настоящее время, в период перестройки всего агропромышленного комплекса страны, ибо важно не только знать сложив-

шиеся территориальные различия отраслевой структуры производства в тот или иной период, но и регулировать ее формирование.

Следует отметить, что до войны исследования зональной специализации сельского хозяйства БССР велись несистематически: если в первое десятилетие после установления Советской власти появилось немало работ, то в 1936—1941 гг. они практически отсутствуют. Неодинаковыми были и методические подходы к определению границ и названий районов. В 20—30-е годы предлагалась готовая сетка сельскохозяйственных районов без многих конкретных сельскохозяйственных данных, например, не приводилась структура товарной продукции, хотя этот показатель — один из важнейших при выделении границ районов и их названий. Это затрудняло сопоставление отраслевой структуры производства во времени и пространстве.

К числу первых опытов сельскохозяйственного районирования республики относится работа Н. К. Ярошевича [1]. На материале первой сельскохозяйственной переписи в России за 1916 г. автор приводит районирование территории Белорусской ССР в границах первого периода ее образования — только для Минской губернии, включавшей центральную и значительную часть южной полесской зоны БССР. Изучив структуру посевов, а также системы полеводства, направления продуктивности различных видов скота и уровень интенсивности отраслей в разрезе волостей, Н. К. Ярошевич выделил семь интегральных районов, в которых преобладали растениеводческие отрасли с различным сочетанием культур и отраслей животноводства: в северной части губернии — рожь, овес, ячмень, лен и молочное животноводство или свиноводство; в центральной — тот же набор зерновых с посевами картофеля и свиноводство; в полесской — рожь, гречиха, картофель и мясное скотоводство. Наиболее интенсивный тип хозяйства был представлен в Минско-Несвижско-Клецком районе, отличавшимся значительными посевами трав и более высокой урожайностью культур благодаря преобладанию в этой зоне самых плодородных почв в Белоруссии.

В работах Р. А. Бонч-Осмоловского [2, 3] наряду с анализом территориальных различий показателей по растениеводству и животноводству обращено внимание на уровень интенсивности развития сельского хозяйства в различных местностях. Автором выделены очаги интенсивного полеводства с преобладанием многопольных севооборотов в центральной зоне республики (Минский, Слуцкий, Оршанский, Могилевский, Горецкий и другие уезды), переходного от трехполья к многополью севернее и южнее этой зоны (Сенненский, Лепельский, Червенский и др.).

К экстенсивному типу ведения сельского хозяйства отнесена вся южная полесская часть республики (Мозырский, Речицкий, Бобруйский уезды), где в середине 20-х годов сохранялся еще ярко выраженный залежный тип использования земель.

Интересные исследования о системах полеводства Белоруссии середины 20-х годов проведены А. А. Котовым [4], который проследил стихийно складывающиеся типы севооборотов. Во многих округах (Минский, Слуцкий, Оршанский, Борисовский) изучены весьма совершенные для того времени беспаровые многопольные севообороты, которые позже, в период коллективизации сельского хозяйства, явились образцом совершенствования системы полеводства и на этой основе — развития товарного производства. В округах со значительной залесенностью (Мозырский, север Минского и Витебского) сочетались два типа севооборотов: беспаровой интенсивный приусадебный и экстенсивный залежный (залежь до 15 лет). На значительной части территории республики отмечены севообороты, переходные от трехполья к плодосмену.

В конце 20-х — начале 30-х годов большую работу по сбору и обработке материала о сельском хозяйстве БССР проводил созданный в то время Институт сельского и лесного хозяйства АН БССР. Тогда, в начальный период коллективизации сельского хозяйства, наряду с определением перспективных зон специализации, возникла необходимость раз-

работки перечня типов специализации хозяйств применительно к местным условиям. Эта задача была решена Г. И. Горецким, который выделил 61 тип специализированных хозяйств. О серьезности проработки этого вопроса можно судить хотя бы по тому, что большая часть современных производственных типов хозяйств в нашей республике, сформировавшихся в последнее двадцатилетие, вписывается в перечень, составленный свыше 50 лет назад. Уже в то время Г. И. Горецкий говорил о необходимости «комбинирования сельского хозяйства и промышленности района в единую систему — крупные социалистические агроиндустриальные комплексы» [5]. Одновременно подчеркивалась необходимость развития межрайонной, внутрирайонной и внутрихозяйственной специализации сельского хозяйства, особая роль отводилась развитию в БССР интенсивного животноводства.

Весьма интересными представляются исследования М. С. Материки-на [6]. В связи с разработкой проекта строительства на территории БССР промышленных предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции он теоретически обосновал возможность формирования в условиях республики агроиндустриальных комбинатов. В состав каждого из них должны были войти несколько хозяйств (от 3 до 10), поставляющих сырье, и одно промышленное предприятие. Для выяснения зональной приуроченности таких комбинатов им изучены в границах округов и районов географические различия сочетаний нескольких отраслей. На картах выделены льно-молочный, коноплеводческо-животноводческий и картофельно-животноводческий районы. Подчеркивается важность грамотного с агрономической точки зрения построения сочетания культур в каждом хозяйстве. Примечательно, что о создании подобного рода комбинатов заговорили в нашей стране лишь в 80-х годах, после создания Госагропрома. Благодаря поддержке ЦК КПСС в последние годы в СССР создано более 10 агропромышленных комбинатов современного типа, работающих на индустриальной основе, с хорошо отлаженной системой связей между подразделениями и сложной структурой производства. Следует отметить, что в Белоруссии в начале 1987 г. организован комбинат «Западный Буг», в состав которого вошли все колхозы, совхозы, предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции и обслуживающие организации Брестского района. Специфической особенностью этого комбината является многопрофильность его специализации по производству продукции (овощей, молока, мяса, картофеля). Все звенья комбината имеют единую форму управления, планирования и финансирования.

Во второй половине 30-х — начале 40-х годов работы по изучению зональной специализации сельского хозяйства были прекращены в связи с ликвидацией Института сельского и лесного хозяйства АН БССР. Созданный в это время сектор экономгеографии при Институте экономики АН БССР большее внимание уделял исследованию проблем развития промышленности республики. Правда, в монографии [7], изданной этим институтом, были выделены четыре зоны специализации на территории республики: I — льноводства и молочного скотоводства на севере; II — картофельно-свиноводческая и молочного животноводства в средней части; III — зерново-животноводческая с мясо-молочным животноводством на юге и IV — формирующаяся пригородная специализация с плодово-овоще-молочным направлением. До войны в сельском хозяйстве республики преобладали отрасли растениеводства, хотя отдельные производственные типы хозяйств, особенно совхозы, имели животноводческую специализацию.

Структура посевных площадей в разрезе областей в 1940 г. характеризовалась преобладанием зерновых культур, доля которых во всех категориях хозяйств изменялась от 73—74 % в Брестской и Гродненской областях до 64—65 % в четырех остальных [8]. Посевы льна-долгунца максимальной концентрации достигли в Витебской области (9,7 %), затем следовала Могилевская (7,9 %), тогда как в других областях они

составляли всего 2—4 %. Южная и восточная части БССР (Гомельская, Брестская и Могилевская области) характеризовались наибольшими посевами картофеля (19—22 %), а северная — кормовыми культурами (8—11 %).

В послевоенный период изучением зональной специализации сельского хозяйства БССР занимались в трех центрах: в Институте экономики АН БССР, Институте экономики и организации сельского хозяйства Министерства сельского хозяйства республики и на географическом факультете БГУ имени В. И. Ленина. В 50-х годах наиболее детальную проработку зональной специализации сельского хозяйства осуществил Ф. С. Мартинкевич [9], выделивший пять районов. В отличие от довоенной сетки средняя полоса республики была разделена на два района, в которых, как и в южной, полесской части, ведущими являлись отрасли животноводства. На основании большого первичного статистического материала в каждом из районов выделены таксоны второго порядка.

В последующие годы, особенно после решений мартовского (1965) Пленума ЦК КПСС, в отраслевой структуре сельского хозяйства животноводство повсеместно заняло господствующее положение. Причем более ускоренными темпами в этот период развивалось скотоводство, которое вместо выраженного ранее молочного приобретает молочно-мясное, а в ряде районов и мясо-молочное направление [10—13]. Изменение отраслевой структуры сельского хозяйства было обусловлено мерами, направленными на интенсивное развитие животноводства. Химизация и мелиорация земель обеспечили в 70-е годы резкое увеличение урожайности культур, что, в свою очередь, положительно сказалось на укреплении кормовой базы. Более ускоренными темпами развивалась экономика хозяйств Гродненской, Брестской и западной части Минской областей, лучше обеспеченных трудовыми ресурсами и основными средствами производства. Хотя производство растениеводческой продукции в абсолютном выражении повсеместно возросло, его доля в отраслевой структуре хозяйства сократилась.

К середине 80-х годов на территории республики сформировались пять сельскохозяйственных районов (см. рисунок), границы которых проведены с учетом структуры товарной продукции, уровня интенсивности отраслей, соотношения посевных площадей и урожайности культур, продуктивности и поголовья различных видов скота на единицу площади и других показателей. Пригородная специализация выделена с учетом производственного направления прилегающих колхозов и совхозов. Повсеместно ведущее место занимает скотоводство, причем если в первом, третьем и пятом районах оно имеет молочно-мясное направление, то во втором и четвертом также и мясо-молочное (см. рисунок). Западная часть республики в отличие от других характеризуется наиболее интенсивным животноводством, где продуктивность скота и производство молока и мяса в расчете на 100 га сельхозугодий на 30—60 % превышает их уровень в других хозяйствах. Здесь более развито свиноводство, достигающее в товарной продукции 15—20 % против 8—13 % в остальной части БССР.

Дифференцирующими зональные различия отраслями растениеводства выступают технические культуры: лен-долгунец и сахарная свекла, а также картофелеводство. Более развитым льноводством, как и в 30-е годы, отличается северная часть республики (Витебская, север Могилевской и Гродненской областей), располагающая лучшими условиями для его произрастания. Однако в отличие от тех лет доля льна в посевах резко сократилась. Так, в 1985 г. в Витебской области в целом она составляла 5,3 % [14], а в ряде районов достигала 8—9 %. Возделывают лен также и многие хозяйства восточной части второго и третьего районов, хотя его доля в общих посевах, особенно в последнем, невелика (2—4 %).

В связи с необходимостью обеспечения сырьем четырех сахарных за-



Сельскохозяйственные районы Белоруссии:

1 — молочно-мясное скотоводство, льноводство, развитое свиноводство; 2 — высокоинтенсивное молочно-мясное и мясо-молочное скотоводство и свиноводство с развитым свекло-сеянием (а), с развитым льноводством (б); 3 — молочно-мясное скотоводство, свиноводство, картофелеводство с посевами льна; 4 — молочно-мясное и мясо-молочное скотоводство, развитое свиноводство и картофелеводство с очаговым возделыванием льна; 5 — пригородное молочное и молочно-мясное скотоводство, птицеводство, развитое овощеводство

водов и комбинатов (Скидельского, Жабинковского, Городейского и Слуцкого) многие хозяйства второго сельскохозяйственного района возделывают сахарную свеклу (см. рисунок, подрайон 2, а). Удельный вес ее в посевах 2—8 %, в товарной продукции — 2—10 %.

Четвертый, полесский, район отличается специфическими условиями ведения хозяйства в связи с широким распространением здесь старопашенных песчаных и вновь осушенных и освоенных торфяно-болотных почв. Наличие больших площадей луговых угодий и кормовых трав позволяет формировать животноводческую (крупный рогатый скот) специализацию, а на базе картофелеводства — товарное свиноводство. Лен возделывается лишь в отдельных местах: в Давид-Городокской и Туровской зоне, а также на Хойникско-Брагинской возвышенности, где преобладают соответственно дерново-карбонатные и лёссовидно-суглинистые почвы.

Пригородный район наряду с молочно-мясным скотоводством характеризуется самым развитым в республике птицеводством (8—15 % в товарной продукции) и овощеводством. Наиболее выражена эта специализация вблизи Минска, Витебска и Гомеля. Возле таких городов, как Полоцк, Орша, Солигорск и других в последнее десятилетие создан ряд спецхозов по обеспечению населения цельномолочными продуктами, птицей и овощами. Пригородная специализация вокруг них только начала складываться.

Каждый из выделенных районов имеет свои проблемы и задачи развития отраслей в XII пятилетке. Однако общей задачей всего сельского хозяйства страны и нашей республики, как отмечено в решениях XXVII съезда КПСС и XXX съезда КПБ [15, 16], остается рост урожай-

ности культур и продуктивности скота, повышение эффективности производства и качества всех видов продукции за счет внедрения интенсивных технологий в растениеводстве и животноводстве, пропорциональное развитие всех звеньев АПК, сокращение потерь на всех стадиях работы комплекса.

Список литературы

1. Ярошевич Н. К. Сельскохозяйственные районы Минской губернии и Белорусской Советской Социалистической республики. Минск, 1923. С. 60—66.
2. Бонч-Осмоловский Р. А. // Народное хозяйство Белоруссии. Минск, 1924. Кн. 2—3. С. 48.
3. Бонч-Осмоловский Р. А. // Советское строительство. 1926. № 2. Минск. С. 31.
4. Котов А. А. Там же. С. 116; № 3. С. 15.
5. Гарэцкі Р. // Сельская і лясная гаспадарка. Менск, 1930. № 2—3. С. 14.
6. Мацярыкін М. С. Асновы індустрыялізацыі сельскай гаспадаркі БССР. Менск, 1930. С. 44.
7. Эканамічная геаграфія БССР. Менск, 1936. С. 218.
8. Белорусская ССР за годы Советской власти. Минск, 1967.
9. Мартинкевич Ф. С. Размещение и специализация сельского хозяйства Белорусской ССР. Минск, 1961. С. 256.
10. Журавская Н. И. // Природное и сельскохозяйственное районирование СССР: Материалы VI Межвуз. конференц по природному и с.-х. районированию СССР для сельского хозяйства. М., 1974. С. 334.
11. Трухан І. І. БелСЭ. Мінск, 1975. Т. 12.
12. Журавская Н. И. // XXIII Международ. геогр. конгресс: Тез. докл. Комиссии по типологии с. х. Одесса, 1976. С. 18.
13. Размещение и специализация сельского хозяйства Белорусской ССР / Г. М. Лыч и др. Минск, 1986. С. 94.
14. Народное хозяйство Белорусской ССР в 1985 г. Статистический ежегодник. Минск, 1986.
15. Материалы XXVII съезда КПСС. М., 1986.
16. Материалы XXX съезда КПБ. Минск, 1986.

УДК 631.416.8:577.170.40

Д. В. НИЧИПОРОВИЧ, Т. Я. ЛОБАЧ

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

В связи с широким осушением торфяно-болотных почв и использованием их в сельском хозяйстве изучение роли гумусовых веществ в трансформации, миграционной подвижности микроэлементов является важнейшим, но, к сожалению, наименее изученным вопросом. Представляется весьма интересным рассмотреть связь микроэлементов с составом органического вещества и изменения их содержания под влиянием антропогенного фактора.

Исследования вели на территории совхоза «Песковский» Березовского района Брестской области в условиях приозерного понижения в 150 м от оз. Черное. Почвенный покров представлен средне- и маломощными торфяными почвами. Мелиорация проведена польдерным методом с регулируемым уровнем почвенно-грунтовых вод на глубину 80—90 см.

Опытная площадка закладывалась 100×200 м с разбивкой пикетажа через 25 м, фиксацией точек отбора образцов инструментальным методом и картографированием почв. Образцы отбирались в восьмикратной повторности, что позволило в какой-то степени нивелировать влияние пространственной пестроты почвенного покрова. Почвы пахотного горизонта изучались в первый год освоения и после четырехлетнего сельскохозяйственного использования. В первые три года после осушения почвы использовались под многолетние травы, затем под ячмень. За время наблюдений в почвы ежегодно вносилось по 60 кг/га д. в. P_2O_5 и 120 кг/га д. в. K_2O , однократно — 5 кг/га д. в. медного колчедана. Пахотный горизонт исследуемых почв представлен тростниковым торфом со степенью разложения 45—50 % и рыхло-комковатой структурой.

Изменение водно-воздушного режима обусловило усиление микробиологических процессов и минерализацию органического вещества. В результате резко трансформировался почвенный покров площадки. Площадь торфяно-болотных маломощных почв, занимающих сразу после освоения 34,7 %, увеличилась через четыре года до 94,3 %. Площадь торфяно-болотных среднемощных почв уменьшилась с 65,3 до 6,8 %. За четыре года использования в пахотном горизонте возросло содержание золы на 7,7 % (среднее содержание в 45 образцах в начале проведения мелиорации составляло 15,5 %, через четыре года освоения — 23,2 %*), увеличилось содержание подвижных форм фосфора и калия. Так, сразу после осушения 91,8 % территории составляли почвы, содержащие 2—20 мг/100 г почвы P_2O_5 , через четыре года количество P_2O_5 составило 20—50 мг/100 г. Соответственно и по калию: площадь почв, содержащих 15—35 мг/100 г почвы K_2O , возросла от 58,7 до 97,5 %.

Состав органического вещества торфяной почвы определяли методом В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [1]. В выделенных фракциях органического вещества устанавливали содержание меди, цинка, марганца и молибдена общепринятыми методами [2].

После четырехлетнего периода сельскохозяйственного использования в составе органического вещества почвы повысилось относительное содержание битумов на 0,5 %, обусловленное разложением в торфе менее прочных компонентов (табл. 1). Группа гуминовых кислот возросла на 3,8 %. В составе последних отмечено увеличение всех фракций, особенно фракции гуминовых кислот, связанной с подвижными полуторными окислами (2,3 %). Группа фульвокислот уменьшилась на 4,3 %, отмечено также уменьшение содержания всех фракций фульвокислот. Количество гидролизуемых веществ в составе органического вещества изменилось незначительно. Отмечается тенденция к возрастанию негидролизуемого остатка.

В группе фульвокислот особенно много накапливается молибдена (46,50—56,04 % от содержания в почве), марганца (37,10—49,50 %) и меди (26,30—39,50 %); меньше всего связывает фульвокислоты цинк (21,62—39,50 %). Однако несмотря на высокую комплексообразовательную способность фульвокислот [3], значительное количество микроэлементов фракции 1а (табл. 2) находится в подвижном состоянии и извлекается как подвижная часть минеральных соединений. Это подтверждается отсутствием связи между содержанием углерода фульвокислот фракции 1а и содержанием микроэлементов. Наиболее прочно связан с органическим веществом фульвокислот молибден и цинк во фракции 1+2:

$$r_{Mo} = \frac{0,85 \pm 0,05^*}{0,65 \pm 0,09}; P_{Mo} = \frac{0,99}{0,92}; r_{Zn} = \frac{0,72 \pm 0,08}{0,99 \pm 0,06}; P_{Zn} = \frac{0,95}{0,99};$$

и фракции 3:

$$r_{Mo} = \frac{0,62 \pm 0,10}{0,70 \pm 0,08}; P_{Mo} = \frac{0,90}{0,95}; r_{Zn} = \frac{0,79 \pm 0,06}{0,75 \pm 0,09}; P_{Zn} = \frac{0,98}{0,95}.$$

Связь между марганцем и углеродом фульвокислот не обнаружена, а связь меди с углеродом фульвокислот наблюдалась лишь во фракции 3 непосредственно после осушения. За период исследования в группе фульвокислот отмечается снижение содержания всех микроэлементов и перераспределение их по фракциям.

В группе гуминовых кислот по сравнению с группой фульвокислот количество извлекаемых микроэлементов резко уменьшается в связи с большей конденсированностью ароматического ядра и менее развитой периферической частью [4]. В группе гуминовых кислот содержится, % от валового: меди 13,76—19,96; молибдена 13,70—15,40; марганца 4,48—5,99 и цинка 3,30—3,61 (табл. 3). Относительное накопление меди

* По данным Проблемной НИЛ мелиорации ландшафтов.

* Везде в числителе — первый год освоения, в знаменателе — после четырехлетнего использования.

Таблица 1

**Фракционно-групповой состав органического вещества торфяно-болотных почв
(% к органическому углероду, $n=8$)**

Статистические показатели	Битум	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты				Гидролизующие H_2SO_4		Негидролизуемый остаток	$\frac{C_{гк}}{C_{фк}}$
		1	2	3	Σ	1а	1+2	3	Σ	1н.	80%		
Первый год освоения													
$\bar{x}$	5,30	21,60	4,50	18,40	44,70	1,40	8,10	8,60	18,00	3,70	4,90	23,20	2,58
σ	1,13	2,50	2,02	2,64	3,09	0,60	1,62	2,79	4,10	0,70	0,75	5,71	0,58
m	0,40	0,83	0,71	0,93	1,09	0,21	0,57	0,99	1,45	0,25	0,27	2,02	0,21
V	21,12	11,53	44,79	14,36	6,93	42,86	20,00	31,70	22,78	18,91	15,31	24,61	22,48
После четырехлетнего сельскохозяйственного использования													
$\bar{x}$	5,80	23,90	4,70	19,20	47,90	0,96	7,70	5,00	13,70	4,00	4,80	23,80	3,60
σ	0,86	2,65	2,40	1,94	1,93	0,24	1,66	1,80	2,20	0,77	0,50	2,64	0,71
m	0,30	0,93	0,85	0,67	0,77	0,08	0,59	0,63	0,78	0,27	0,17	0,93	0,25
V	15,00	11,07	50,85	10,08	4,01	25,00	21,56	36,00	16,06	19,25	10,42	11,09	19,72

Содержание микроэлементов во фракциях фульвокислот ($n=8$)

Статистические показатели	Фракция 1а				Фракция 1+2				Фракция 3			
	Сu	Zn	Mn	Mo	Сu	Zn	Mn	Mo	Сu	Zn	Mn	Mo
Первый год освоения												
$\bar{x}$	$\frac{17,50}{8,91}$	$\frac{13,00}{10,67}$	$\frac{167,60}{22,51}$	$\frac{0,55}{2,06}$	$\frac{11,40}{5,80}$	$\frac{4,18}{8,77}$	$\frac{162,73}{21,85}$	$\frac{8,48}{34,94}$	$\frac{17,80}{4,49}$	$\frac{5,00}{4,10}$	$\frac{38,50}{5,17}$	$\frac{4,60}{18,95}$
σ	17,03	6,86	25,93	0,05	32,07	8,76	111,23	3,95	2,82	1,38	4,68	1,11
m	6,09	2,43	9,17	0,02	14,34	3,10	39,93	1,40	1,00	0,49	1,65	0,39
V	25,21	52,69	15,47	9,10	44,88	81,71	68,35	46,58	15,84	27,49	12,16	24,29
После четырехлетнего сельскохозяйственного использования												
$\bar{x}$	$\frac{18,20}{8,44}$	$\frac{10,60}{7,66}$	$\frac{159,50}{16,15}$	0	$\frac{14,40}{6,49}$	$\frac{11,00}{7,95}$	$\frac{115,00}{11,65}$	$\frac{9,30}{30,44}$	$\frac{23,70}{11,00}$	$\frac{8,30}{6,00}$	$\frac{91,60}{9,28}$	$\frac{4,90}{16,04}$
σ	17,04	3,15	13,98		32,35	9,16	77,81	3,44	6,00	9,65	61,81	1,17
m	6,03	1,11	4,94		11,44	3,24	27,51	1,21	2,12	3,41	21,86	0,41
V	29,80	29,58	8,76		38,84	83,27	67,63	36,87	25,25	11,57	67,48	23,97
t	0,89	0,77	1,02		1,22	0,06	0,99	0,46	2,52	0,96	2,42	0,54
P	0,88	0,81	0,77		0,84	0,52	0,83	0,67	0,99	0,82	0,99	0,70

Примечание. Здесь в табл. 3 в числителе содержание микроэлементов, мг/кг почвы, в знаменателе — %.

Таблица 3

Содержание микроэлементов во фракциях гуминовых кислот ($n=8$)

Статистические показатели	Фракция 1				Фракция 2				Фракция 3			
	Cu	Zn	Mn	Mo	Cu	Zn	Mn	Mo	Cu	Zn	Mn	Mo
Первый год освоения												
$\bar{x}$	$\frac{10,95}{2,76}$	$\frac{1,84}{1,51}$	$\frac{11,70}{1,57}$	$\frac{1,05}{4,33}$	$\frac{30,67}{15,30}$	0	$\frac{22,83}{3,17}$	$\frac{0,67}{2,76}$	$\frac{7,53}{1,90}$	$\frac{2,19}{1,79}$	$\frac{10,03}{1,35}$	$\frac{1,61}{6,63}$
σ	2,08	0,47	5,93	0,23	20,37		13,85	0,64	1,43	0,91	3,55	0,24
m	0,73	0,16	2,10	0,08	7,20		4,90	0,22	0,50	0,32	1,25	0,08
V	19,60	45,16	50,68	21,90	33,57		60,40	95,52	18,99	35,13	35,39	14,90
После четырехлетнего сельскохозяйственного использования												
$\bar{x}$	$\frac{11,32}{2,19}$	$\frac{1,66}{1,20}$	$\frac{28,37}{2,87}$	$\frac{1,11}{3,63}$	$\frac{51,21}{9,93}$	0	$\frac{6,68}{0,68}$	$\frac{2,00}{6,54}$	$\frac{8,45}{1,64}$	$\frac{3,33}{2,40}$	$\frac{9,15}{0,93}$	$\frac{1,60}{5,24}$
σ	2,35	0,50	17,81	0,24	28,16		9,24	1,28	0,83	1,85	3,43	0,23
m	0,83	0,17	6,30	0,09	9,96		3,26	0,49	0,29	0,65	1,21	0,08
V	20,76	30,12	62,78	21,62	54,99		111,05	80,71	9,82	55,55	37,48	14,37
t	0,33	0,78	2,51	0,50	0,77		2,48	2,51	1,59	1,03	0,51	0,09
P	0,63	0,78	0,99	0,69	0,77		0,99	0,99	0,93	0,84	0,59	0,54

обусловлено слабокислой реакцией среды (рН 5,6—5,5), создающей наилучшие условия для коагуляции органического вещества ионами меди [5].

Молибден в почвах, богатых органическим веществом, находится в виде комплексных солей, входит в состав анионной части молекулы и не способен к обменной реакции [6].

За время исследований наблюдается накопление в группе гуминовых кислот цинка и молибдена и снижение содержания меди. Отмечается перераспределение микроэлементов по фракциям гуминовых кислот. Фракция, выделяемая непосредственной обработкой 0,1 н. NaOH, наиболее подвижная, находится в свободном состоянии. Степень подвижности ее определяется обменными катионами. Наиболее прочно связывается с гуминовыми кислотами лишь молибден: $r_{Mo} = \frac{0,69 \pm 0,09}{0,74 \pm 0,07}$, $P = \frac{0,95}{0,95}$.

Фракция гуминовых кислот, связанная с кальцием, не содержит цинка. Возможно, слабокислая реакция среды способствует соосаждению цинка с фульвокислотами [5]. Отмечена коррелятивная связь между углеродом и медью: $r_{Cu} = \frac{0,66 \pm 0,09}{0,72 \pm 0,08}$, $P = \frac{0,93}{0,95}$; молибденом за первый срок наблюдений: $r_{Mo} = 0,88 \pm 0,04$, $P = > 0,99$ и марганцем $r_{Mn} = 0,71 \pm 0,07$, $P = 0,95$. Установлена высокая степень связи микроэлементов с устойчивыми гуминовыми кислотами фракции 3. Коэффициент корреляции между медью, цинком, марганцем и молибденом с углеродом гуминовых кислот:

$$r_{Cu} = \frac{0,73 \pm 0,08}{0,85 \pm 0,05}, P = \frac{0,96}{0,99}; r_{Zn} = \frac{0,73 \pm 0,08}{0,95 \pm 0,01}, P = \frac{0,96}{> 0,99};$$

$$r_{Mn} = \frac{0,86 \pm 0,04}{0,95 \pm 0,01}, P = \frac{> 0,99}{> 0,99}; r_{Mo} = \frac{0,75 \pm 0,07}{0,69 \pm 0,09}, P = \frac{0,96}{0,95}.$$

Группа легкогидролизуемых веществ содержит лишь медь и цинк: 4,48—5,99 и 23,89—40,55 % валового содержания. Коэффициент корреляции их с углеродом неспецифических соединений почвы очень высок:

$$r_{Cu} = \frac{0,75 \pm 0,07}{0,85 \pm 0,04}, P = \frac{0,97}{0,99}; r_{Zn} = \frac{0,94 \pm 0,02}{0,90 \pm 0,03}, P = \frac{0,99}{0,99}.$$

По данным Хаймса и Барбера (по [5]), в органической части почвы содержится около 70 % валового запаса цинка. Если разрушить органическое вещество почвы, фиксация цинка почвой не происходит.

Наблюдается более тесная связь цинка и марганца с углеродом после четырехлетнего сельскохозяйственного использования торфяно-болотной почвы:

$$r_{Zn} = \frac{0,65 \pm 0,07}{0,76 \pm 0,07}, P = \frac{0,92}{0,97}; r_{Mn} = \frac{0,60 \pm 0,11}{0,70 \pm 0,08}, P = \frac{0,88}{0,95}.$$

Коэффициент корреляции молибдена: $r_{Mo} = \frac{0,88 \pm 0,04}{0,80 \pm 0,06}$, $P = \frac{0,99}{0,98}$.

Однако для меди достоверной связи с органическим веществом гидролизата не обнаружено. По-видимому, значительное количество меди извлекается при частичном разрушении минерального субстрата 80 %-ной серной кислотой.

Тесная связь между углеродом нерастворимого остатка и микроэлементами установлена за оба срока исследований лишь для молибдена: $r_{Mo} = \frac{0,72 \pm 0,08}{0,90 \pm 0,03}$, $P = \frac{0,96}{0,99}$. Отмечено накопление в негидролизуемом остатке меди, марганца и уменьшение содержания цинка при $P = > 0,99$.

Таким образом, в начальный период освоения торфяно-болотной почвы низинного типа в составе органического вещества происходят активные процессы гумификации. Отмечено накопление гуминовых кислот на 3,8 % и группы негидролизуемого остатка на 0,8 %, а также снижение на 4,3 % содержания фульвокислот.

Прочная связь микроэлементов с углеродом фульвокислот обнаружена для цинка, молибдена (фракции 1+2 и 3) и для меди (фракция 3).

Гуминовые кислоты характеризуются меньшей комплексообразовательной способностью и накапливают в своем составе меньше микроэлементов. Выявлена высокая достоверная связь микроэлементов с углеродом гуминовых кислот фракции 3. Наиболее прочно связан с гуминовыми кислотами молибден.

Отмечается высокая достоверная связь меди и цинка с углеродом легкогидролизуемых веществ и цинка, марганца и молибдена с углеродом трудногидролизуемых веществ. С органическим веществом негидролизуемого остатка прочно связан лишь молибден.

Список литературы

1. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах. Л., 1975. С. 48.
2. Ринькис Г. Я. Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах. Рига, 1963. С. 124.
3. Тихомиров Ф. А. // Вестн. МГУ. Сер. почвовед. 1982. № 2. С. 63.
4. Кононова М. М. // Почвоведение. 1968. № 8. С. 34.
5. Степанова М. Д. Микроэлементы в органическом веществе почв. Новосибирск, 1976. С. 100.
6. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л., 1980. С. 196.

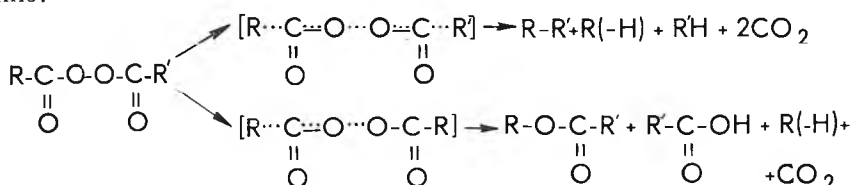


УДК 661.729:543.420.60

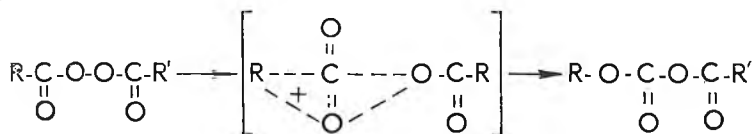
А. М. ЛАЗАРЕВА, А. И. СТАНКЕВИЧ

ОБ ОЦЕНКЕ УЧАСТИЯ ГЕТЕРОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ТЕРМОЛИЗЕ ДИАЦИЛПЕРОКСИДОВ ПО ВЫДЕЛЕНИЮ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Известно [1], что при радикальном разложении диацильных пероксидов образующиеся ацилоксирадикалы подвергаются декарбоксилированию:

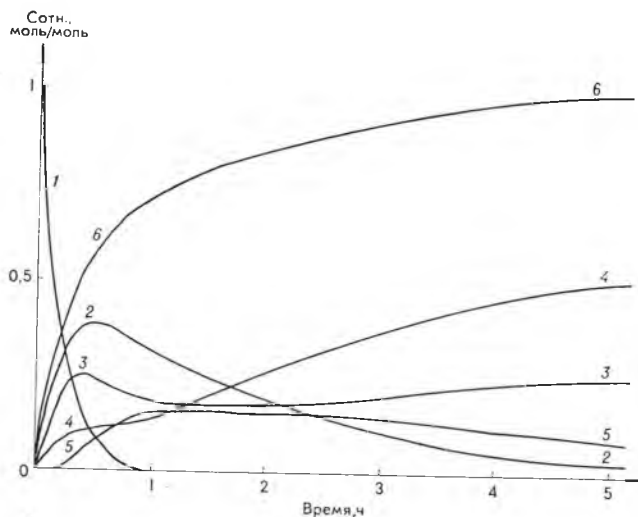


Однако выход карбонильных соединений по радикальному механизму, как правило, невысок. В то же время установлено [2], что в термолиз многих диацильных пероксидов вносят вклад гетеролитические процессы. В этом случае значительная часть карбоксильных групп остается в образующихся соединениях. Например, при внутримолекулярной перегруппировке пероксида в (ацил)алкилкарбонат, обе карбонильные группы сохраняются:



В связи с этим считалось [3], что по выходу углекислого газа при термолизе диацилпероксидов можно достаточно однозначно судить о соотношении гомолитических и гетеролитических путей этой реакции. В настоящей работе определено количество выделившегося CO_2 в процессе термолиза пероксида (ацетил)-2-метилпропаноила (I) при 343 К в бензоле и пероксида дибензоила (II) в хлорбензоле при 385 К. Пероксид I является простейшим представителем диацилпероксидов, термолиз которых уже при обычных условиях (неполярная среда) сопровождается конкурирующими процессами, а пероксид II разлагается только по радикальному механизму, поэтому представляется интересным сравнить доли выделившегося углекислого газа для этих пероксидов.

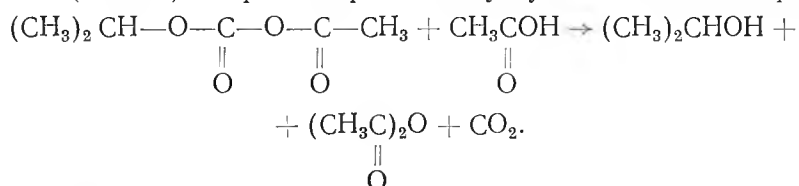
Содержание образовавшегося CO_2 при термолизе пероксидов I и II устанавливали по привесу аскаритовой трубки. Относительная ошибка определения CO_2 составляла 2 %. Для пероксида II количество выделившегося CO_2 пропорционально доле распавшегося пероксида, и к моменту завершения реакции выделяется 1,77 моля CO_2 на моль пероксида. Для пероксида I количество выделившегося CO_2 не соответствовало ожидаемому и продолжало увеличиваться даже после полного распада пероксида. Ранее было установлено [4], что в указанных для пероксида I



Изменение относительных концентраций (моль/моль пероксида) карбонилсодержащих соединений при термолизе пероксида I:

1 — пероксид I; 2 — (ацетил)изопропилкарбонат; 3 — уксусная кислота; 4 — изопропилацетат; 5 — уксусный ангидрид; 6 — углекислый газ

условиях выход карбонильных соединений составляет: (ацетил)изопропилкарбонат — 50 %, уксусная кислота — 34 %, изопропилацетат — 12 %. Исходя из этого к моменту полного распада пероксида I должно было бы произойти выделение 0,54 моля CO_2 на моль распавшегося пероксида. Из кривых накопления продуктов, приведенных на рисунке, видно, что в действительности к этому моменту выделилось 0,72 моля CO_2 на моль распавшегося пероксида, а в конечном счете — 1,01 моля CO_2 на моль пероксида. Завышенный выход CO_2 к концу реакции и продолжающееся его выделение после этого момента объясняется взаимодействием (ацетил)изопропилкарбоната с уксусной кислотой по реакции



В результате почти половина выделившегося CO_2 относится к нерадикальным процессам термоллиза пероксида I, в то время как для пероксида II весь CO_2 образуется при декарбоксилировании радикалов. По нашему мнению, определение выхода CO_2 не позволяет однозначно судить о соотношении гомолитических и гетеролитических путей этой реакции. Вместе с тем имеется отличие в выделении CO_2 для пероксида, разлагающегося по радикальному механизму, и пероксида, превращение которого идет с участием конкурирующих процессов. В первом случае количество CO_2 высоко, и его выделение заканчивается к моменту распада пероксида, во втором — выход CO_2 значительно ниже, и его выделение продолжается после полного распада пероксида.

Таким образом, определение выхода CO_2 позволяет только установить наличие или отсутствие гетеролитических процессов при термолизе диацилпероксидов.

Список литературы

1. Нонхибел Д., Уолтон Дж. Химия свободных радикалов. М., 1977. С. 510.
2. Яблоков В. А. // Успехи химии. 1980. Т. 49. № 9. С. 1711.
3. Рахимов А. И. Химия и технология органических перекисных соединений. М., 1979. С. 77, 155.
4. Станкевич А. И., Зятыков И. П., Лазарева А. М., Ельницкий А. П. // ЖОрХ. 1980. Т. 16. № 9. С. 1823.

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

ИВАН ГРИГОРЬЕВИЧ ТИЩЕНКО



Белорусская наука понесла тяжелую утрату. Ушел из жизни видный ученый-химик, член КПСС с 1953 г., заведующий кафедрой органической химии и лаборатории органического синтеза НИИ ФХП БГУ имени В. И. Ленина, член-корреспондент АН БССР, доктор химических наук, профессор, заслуженный деятель науки БССР Иван Григорьевич Тищенко.

И. Г. Тищенко родился 25 февраля 1912 г. в д. Улукни Славгородского района Могилевской области в семье крестьянина. В 1932 г. Иван Григорьевич поступает на рабфак, а затем на химический факультет Белгосуниверситета имени В. И. Ленина. С 1938 г. трудовая деятельность Ивана Григорьевича была связана с химическим факультетом университета. Великая Отечественная война прервала научную и педагогическую деятельность Ивана Григорьевича. Находясь в рядах Советской Армии, он прошел путь от рядового до офицера, награжден боевыми наградами. С 1945 г. И. Г. Тищенко работал ассистентом, доцентом, профессором кафедры органической химии, в течение ряда лет был деканом химического факультета.

Круг научных интересов И. Г. Тищенко был широк и многообразен. В нашей стране и за рубежом профессор И. Г. Тищенко известен как крупный специалист в области синтетической органической химии. За годы научной деятельности им опубликовано свыше 420 научных работ, получено 50 авторских свидетельств на изобретения. Основное направление его исследований сосредоточено преимущественно в области химии непредельных органических соединений, трехчленных карбо- и гетероциклов. Большую научную значимость имеют его работы по автоокислению олефинов, ацетиленовых углеводородов и непредельных кетонов. Общеизвестен вклад Ивана Григорьевича в исследования в области синтеза и изучения реакционной способности оксиранов. Теоретическое и практическое значение имеют исследования И. Г. Тищенко по разработке путей трансформации ацилоксиранов и ацилазиридинов в пятичленные гетероциклы, циклы важных работ в ряду циннамоилоксиранов, циклопропанов, дикарбонильных соединений и их производных. Существенным практическим результатом этих исследований является разработка оригинальных методов получения новых типов полифункциональных карбо- и гетероциклических соединений, представляющих интерес как универсальные и многоцелевые реагенты в тонком органическом синтезе, и для получения продуктов, обладающих ценными свойствами. Наряду с решением сложных синтетических задач и проблем значительная часть исследований И. Г. Тищенко посвящена изучению и выявлению полезных свойств синтезированных веществ. В ходе этих исследований были получены важные результаты в области синтеза фунгицидов и гербицидов, инициаторов радикальных процессов и красителей, а также найдены соединения с высокой антивирусной, антигипоксической и противовоспалительной активностью. С именем И. Г. Тищенко связаны разработки новых подходов к синтезу некоторых феромонов, низкомолекулярных биорегуляторов, ценных природных и душистых веществ.

Иван Григорьевич отдавал много сил обучению и воспитанию молодежи, подготовке высококвалифицированных научно-педагогических кадров. Под его руководством были защищены 22 кандидатских и 1 докторская диссертации.

Иван Григорьевич пользовался большим авторитетом и уважением, вел активную общественную работу, был членом ряда специализированных и проблемных научных советов, на протяжении 16 лет являлся ответственным редактором серии II журнала «Вестник БГУ имени В. И. Ленина».

Большие заслуги И. Г. Тищенко перед Родиной в период Великой Отечественной войны и в мирное время отмечены орденами Трудового Красного Знамени, Отечественной войны II степени, Красной Звезды, медалями, Почетными грамотами Верховного Совета БССР.

Светлая память о крупном ученом, коммунисте, талантливом педагоге и организаторе науки, замечательном человеке навсегда сохранится в сердцах его коллег, товарищей, учеников.

РЕФЕРАТЫ

УДК 54

Свиридов В. В. **Химия в Белорусском университете** (Современное состояние исследований) // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 3.

Рассматриваются основные итоги исследований, выполненных в области химии в НИИ физико-химических проблем и на химическом факультете Белгосуниверситета имени В. И. Ленина за последние 10 лет.

Библиогр. 6 назв.

УДК 62.73-519.242

Браницкий Г. А. **Пленочные структуры металл-оксид — реальные и модельные металлнанесенные катализаторы** // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 8.

Предложены нетрадиционные для каталитической химии принципы «конструирования» активных в катализе структур металл-оксид регулируемого химического состава с использованием методических приемов пленочной технологии и химии фотографических процессов с физическим проявлением. Пленочные структуры являются удобными для исследования моделями, а также реальными металлнанесенными катализаторами, характеризующимися в ряде случаев лучшими свойствами, чем у катализаторов, приготовляемых обычными методами.

Библиогр. 31 назв.

УДК 541.127

Вязовкин С. В., Лесникович А. И. **Об использовании формального подхода в кинетике твердофазных процессов** // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 16.

Рассматриваются проблемы формального подхода к исследованию кинетики твердофазных процессов, делающие невозможным его использование для выяснения механизма процесса. Указывается на возможность корректного определения эффективных кинетических параметров процесса с помощью обобщенных описаний, предлагаемых авторами. Создание таких описаний основано на принципе дополнительности, применение которого позволяет отказаться от необходимости однозначного выбора модели процесса из множества конкурирующих моделей.

Библиогр. 19 назв.

УДК 541.013.4+536.63

Красулин А. П., Козыро А. А. **Давление насыщенного пара 1, 1- и 1, 3-диметилмочевины** // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 20.

Интегральным эффузионным методом Кнудсена измерено давление насыщенного пара над твердой 1, 1-диметилмочевиной в интервале температур 323—372 К, над твердой и жидкой 1, 3-диметилмочевиной (317—409 К), а также измерена теплоемкость C_p твердой 1, 1-диметилмочевины при температурах 140—390 К. Энтальпия сублимации 1, 1- и 1, 3-диметилмочевины при температуре 350 К соответственно равна $99,1 \pm 0,4$ и $92,1 \pm 0,5$ кДж · моль⁻¹, энтальпия испарения 1, 3-диметилмочевины при $T = 395$ К равна $76,0 \pm 1,0$ кДж · моль⁻¹. Меньшее значение энтальпии сублимации симметричной диметилмочевины и более высокое давление равновесного пара над ней по сравнению с 1, 1-диметилмочевиной обусловлено ослаблением межмолекулярного взаимодействия за счет меньшей полярности группы $-\text{N} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{H} \end{matrix}$ по сравнению с полярностью аминокетильной группы.

Библиогр. 6 назв., табл. 3.

УДК 543.545:537.363

Борисенко Е. М., Ермоленко И. Н., Лазарева Т. Г. **Управление селективностью разделения неорганических катионов на целлюлозных носителях воздействием электрического поля** // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 24.

Исследовано влияние режимов воздействия электрического поля на величины подвижности и относительной подвижности Cu^{2+} , Ni^{2+} и Co^{2+} на полимерах-носителях в форме гидратцеллюлозы, монокарбоксилцеллюлозы и карбоксиметилцеллюлозы при

измерении методом горизонтального зонного электрофореза и электрофореза в пакке слоев носителя. Определены интервалы напряженности электрического поля, где относительная подвижность оптимальна. Показана возможность управления подвижностью ионов за счет предварительной, перед разделением, кратковременной обработки полимера-носителя электрическим полем.

Библиогр. 7 назв., ил. 1, табл. 3.

УДК 541.133

Володкович Л. М., Вечер Р. А., Петров Г. С., Вечер А. А. Электропроводность твердых тетрафтороборатов натрия и калия // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 27.

Измерена электропроводность на переменном токе твердых тетрафтороборатов натрия и калия. Подтверждено наличие гистерезиса температуры полиморфного фазового превращения соединения NaBF_4 . Гистерезис температуры фазового превращения обнаружен также для соединения KBF_4 .

Библиогр. 8 назв., ил. 2.

УДК 591.48-616.7

Пикулев А. Т., Кукулянская М. Ф., Хрипченко И. П., Бычкова М. А. Некоторые показатели метаболизма крыс-опухоленосителей при гипергликемии // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 30.

Приведены результаты исследований влияния искусственной гипергликемии на активность гексокиназы, ацетилхолинэстеразы, содержание глюкозы и пиридоксальных коферментов в субклеточных фракциях мозга и саркоме М-1 у крыс-опухоленосителей.

Библиогр. 11 назв., ил. 2.

УДК 582.282.11

Стефанович А. И. Грибы семейства *Erysiphaceae*, поражающие лекарственные растения // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 33.

Приведены данные о 54 видах мучинисторосяных грибов, паразитирующих на 128 видах лекарственных растений. Выявлены закономерности их распространения в различных растительных группировках.

Библиогр. 12 назв.

УДК 577.472.(476)

Митрахович П. А., Каратаев А. Ю., Вежновец Г. Г., Самойленко В. М. Планктон и бентос оз. Лепельского // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 36.

Изучены первичная продукция, видовой состав и количественное развитие фитопланктона, зоопланктона и бентоса оз. Лепельского в летний период 1971, 1981—1984 гг. в связи с поднятием уровня воды в озере в 1958 г. на 4—4,5 м. За последние 30 лет, по имеющимся данным, трофический статус озера не изменился и соответствует мезотрофному типу с чертами слабой эвтрофикации. Поднятие уровня воды в оз. Лепельском не вызвало резких изменений в качественном составе и количественном развитии исследованных сообществ.

Библиогр. 7 назв., ил. 1, табл. 4.

УДК 635.21:581.502.07

Татаринов Б. А., Шабельская Э. Ф., Божко Л. Д., Жуковская Л. Н. Влияние предпосевной обработки клубней озона на основные физиологические показатели и урожайность картофеля // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 41.

Предпосадочная обработка клубней картофеля озоном приводит к изменению биохимических процессов в них, что влияет на развитие растений, их физиологические показатели и урожайность. Если однократная обработка озоном в дозах $2-5 \text{ г} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ стимулирует процессы запасаания питательных веществ и увеличивает урожайность картофеля, то многократная обработка клубней в процессе хранения или обработка их большими дозами озона приводит к задержке развития растений, а также к существенному снижению их урожайности.

Библиогр. 10 назв., ил. 2, табл. 2.

УДК 581.174

Ходоренко Л. А., Кахнович Л. В., Петренко А. В. **Морфоструктурные особенности хлоропластов растений ячменя различной продуктивности** // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 46.

Исследовалась фотоактивная поверхность листьев, регулируемая изменением размера и числа хлоропластов в клетке и в единице площади листа у сортов ячменя, различающихся по продуктивности. На ранних этапах роста растений выявлены сортовые особенности степени развития фотосинтетического аппарата.

Библиогр. 8 назв., табл. 3.

УДК 550.83/84

Широков В. М., Московкин В. М. **Численное моделирование процессов пляжеформирования и абразии берегов в условиях управления** // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 51.

Работа посвящена анализу динамики береговых систем типа: клиф — пляж в условиях управления (подсыпка или изъятие пляжеобразующего материала). Динамика таких систем описывается системой двух нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, решаемой численно методом Рунге — Кутты. Рассматриваются случаи постоянной и переменной (наклонный прямолинейный береговой склон) высоты клифа при его отступании. Проведены прогнозные расчеты объема пляжеобразующего материала, скорости абразии и величины отступления клифа для условий некоторых прибрежных районов.

Библиогр. 5 назв., ил. 3, табл. 3.

УДК 711.455.001.3

Потаева Г. Р. **Особенности рекреационно-географического положения городов БССР** // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 55.

Приводятся результаты исследований территориальной организации рекреационной деятельности населения. Дается оценка рекреационно-географического положения городов БССР исходя из задачи совершенствования условий организации отдыха.

Библиогр. 6 назв., табл. 2.

УДК 551.4:330.15(476)

Витченко А. Н. **Агроэкологические ресурсы ландшафтов Белоруссии** // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 59.

Дана характеристика агроэкологических ресурсов Белоруссии применительно к возделыванию основных сельскохозяйственных культур.

Библиогр. 2 назв., табл. 1.

УДК 448.63(476):91

Журавская Н. И. **Зональная специализация сельского хозяйства Белоруссии** // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 63.

Изучен опыт сельскохозяйственного районирования территории Белоруссии за годы Советской власти. Прослежены изменения зональной специализации сельского хозяйства. Приведена сетка современных сельскохозяйственных районов республики и дана их краткая характеристика.

Библиогр. 16 назв., ил. 1.

УДК 631.416.8:577.170.40

Ничипорович Д. В., Лобач Т. Я. **Трансформация органического вещества и микроэлементов в осушенных торфяных почвах** // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 68.

Изучалась трансформация состава органического вещества и микроэлементов при осушении и четырехлетнем сельскохозяйственном использовании торфяно-болотных почв. В начальный период освоения почв происходят активные процессы гумификации, накапливаются гуминовые кислоты и группы негидролизуемого остатка, снижается содержание фульвокислот. За четыре года сельскохозяйственного использования в торфяно-болотной почве накапливаются медь, цинк, марганец, молибден, особенно в группах фульвокислот и трудногидролизуемых веществ.

Библиогр. 6 назв., табл. 3.

Лазарева А. М., Станкевич А. И. Об оценке участия гетеролитических процессов при термоллизе диацилпероксидов по выделению углекислого газа // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1987. № 3. С. 75.

На примере термоллиза пероксидов (ацетил)-2-метилпропаноила (I) и дибензоила (II) показано, что по количеству выделившегося углекислого газа (III) нельзя однозначно судить о соотношении гомолитических и гетеролитических процессов в этой реакции. Для (I), который разлагается по конкурирующим механизмам, примерно половина выделившегося (III) образовалась в результате декарбоксилирования радикалов, вторая половина (III) — через гетеролитические процессы. Определение выделяющегося (III) позволяет только сделать заключение об отсутствии или наличии гетеролитических процессов при термоллизе диацилпероксидов.

Библиогр. 4 назв., ил. 1.