

Национальная академия наук Беларуси
ИНСТИТУТ БИОХИМИИ

**БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Сборник научных трудов

Гродно 2000

УДК 577.1

Редакционная коллегия: канд. биол. наук В.А. Аверин;
канд. биол. наук Е.М. Дорошенко;
В.А. Гуринович;
канд. биол. наук В. Ю. Смирнов

Под общей редакцией д-ра мед. наук, проф. Л.И. Нефёдова

Рецензенты: д-р биол. наук В.У. Буко;
д-р биол. наук В.В. Виноградов;
канд. биол. наук П.С. Пронько;
канд. биол. наук О.В. Чумакова

Биохимические аспекты жизнедеятельности биологических систем.
Сб. науч. тр. / Под общ. ред. Л.И. Нефёдова. – Гродно: ГрГУ, 2000. – 319 с.

В сборнике представлены результаты фундаментальных и прикладных разработок белорусских биохимиков по приоритетным направлениям исследовательской работы, обосновывающие актуальность и перспективы выполнения Государственной программы фундаментальных исследований Республики Беларусь «Метаболизм» на 2001-2005 гг.

Материалы съезда биохимиков Беларуси, проведенного 28 апреля 2000 г. в Институте биохимии НАН Беларуси, представляют интерес для биохимиков, биофизиков, фармакологов, физиологов, клиницистов, специалистов в области технологии и производства лекарственных препаратов, а также для преподавателей и студентов факультетов медико-биологического профиля.

Сборник статей издан при финансовой поддержке Фонда фундаментальных исследований Республики Беларусь.

УДК 577.1

© Коллектив авторов, 2000
© Институт биохимии НАНБ, 2000

УДК 612.014.3:576.085.23:577.152.3.

**ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМИНОГЕНА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ АТФ-
ЗАВИСИМОГО ПРОТЕОЛИЗА В КЛЕТКАХ
ФЕОХРОМОЦИТОМЫ РС12**

**В.Н. Никандров, Г.П. Петрусенко, Р.И. Гронская, М.К. Тумилович,
С.Г. Зуева**
Институт физиологии НАН Беларуси, Минск

В последние десятилетия установлена важная роль системы “плазминоген-плазмин” в гистогенезе, ремоделировании тканей, миграции, пролиферации и онкогенной трансформации ряда клеток [1-3]. Эти аспекты продемонстрированы и на клеточных элементах нервной ткани. Однако, если взаимосвязь перечисленных процессов с активаторами плазминогена (тканевого или урокиназного типов), их ингибиторами интенсивно исследуется, то о роли плазминогена данные литературы довольно немногочисленны. Между тем, на разнообразных клетках выявлено наличие специфических рецепторов плазминогена [4-5]. Этот гликопротеин молекулярной массой ~ 80 кДа имеет довольно сложную мультифокальную структуру [6,7]. Для обеспечения же протеолитической активности достаточна примерно половина молекулы. Функциональное назначение остальной части остается неясным. Недавно было показано, что влияние на физиолого-биологические процессы ряда клеток активаторов плазминогена реализуется не только за счет их протеолитической активности [8]. В этом отношении примечательно наличие в молекуле плазминогена железосодержащего супероксидгениерирующего сайта [9].

Учитывая изложенное, цель настоящей работы состоит в изучении действия очищенных образцов плазминогена человека на рост культуры клеток РС 12 и уровень АТФ-зависимого протеолиза в них.

Клетки линии PC12 культивировали в чашках Петри на среде RPMI1640, содержащей 10 % нормальной лошадиной и 5% сыворотки эмбрионов коров. Через сутки среду заменяли свежей, содержащей 0,5 % сыворотки (это снижало влияние сывороточных факторов роста и синхронизировало клетки в прохождении клеточного цикла). Еще через сутки в среду вносили раствор очищенного плазминогена человека в конечной концентрации 0,001; 0,1; 1,0 и 10,0 мкг/мл. Выживаемость клеток учитывали после пересева в малые чашки (10^5 клеток/мл) после окрашивания 0,4% раствором трипанового синего визуальным подсчетом в камере Горяева.

После экспозиции в течение суток клетки отделяли центрифугированием от питательной среды, замораживали и хранили при -24°C .

Электрофоретически гомогенные образцы плазминогена выделяли из обогащенной β -глобулинами фракции белков донорской плазмы крови методом аффинной хроматографии на лизин-сефарозе. Выделение, физико-химические и функциональные свойства этих образцов не отличались от описанных в предыдущей статье [11].

Для исследования АТФ-зависимого протеолиза клетки гомогенизировали в стеклянном гомогенизаторе на деионизированной воде (рН 7,0). Об интенсивности протеолиза судили по накоплению неосажденных HClO_4 продуктов гидролиза казеина (по Гаммерстену), учитывая их образование спектрофотометрически по абсорбции при 280 нм. Предварительными экспериментами было установлено, что оптимальными для определения АТФ-зависимого протеолиза являются рН 9,0 (в 0,1 М трис- HCl буфере), концентрация казеина 0,3% (испытан диапазон 0,005-0,5%), концентрация АТФ $3 \cdot 10^{-4}$ М. Пробы инкубировали при 37°C в течение 30 мин. Контролем служила проба, в которую сразу же вслед за исследуемым образцом вносили аликвоту раствора HClO_4 . В каждой исследуемой пробе содержалось $6 \cdot 10^5$ клеток. Число их подсчитывали в камере Горяева. Результаты обрабатывали статистически с вычислением t-критерия Стьюдента.

Инкубация клеток феохромоцитомы линии PC12 с плазминогеном в указанных концентрациях (соответствуют в молярном выражении $\sim 1,3 \cdot 10^{-11}$ М; $1,3 \cdot 10^{-9}$ М; $1,3 \cdot 10^{-8}$ М; $1,3 \cdot 10^{-7}$ М) не влияет на выживаемость клеток, не вызывает их гибели, каких-либо визуальных изменений морфологии (в т.ч. дифференциации, трансформации). Следовательно, на данной линии зимоген не проявляет свойств митогена. Интересно, что дефицит зимогена в среде при культивировании клеток нейробластомы SK-N-SN не вызывал задержки их роста, в некоторой мере стимулируя нейритогенез [12]. Известно, что обработка сериновой протеиназой тромбином нейронов и астроцитов крысы в первично диссоциированных культурах такой эффект вызывают концентрации протеиназы порядка 10^{-6} М [13].

Лишь при концентрации 10 мкг/мл присутствие плазминогена в наших опытах вызвало умеренное увеличение АТФ-зависимого протеолиза в клетках PC12 на 20% ($P < 0,05$). В остальных случаях изменения данного показателя не проявлялись.

Поскольку полученные факты носят характер предварительных, целесообразно дальнейшее исследование влияния плазминогена, в т.ч. в более высоких концентрациях и при воздействии повреждающих (в частности апоптоз-провоцирующих) факторов. На такую мысль наводят сведения о том, что

один из основных пусковых внутриклеточных факторов апоптоза – р53 разрушается как раз в ходе АТФ-зависимого протеолиза [14].
Авторы выражают благодарность О.Н.Мурашко и Н.С.Пыжовой за предоставленные очищенные образцы плазминогена человека.

Список литературы

1. Treichel J.A., Reddington M., Kreutzberg G.W. // J.Neurochem.– 1998.– V.71.– N5.– P.1944-1952.
2. Rosenblatt D.E., Cotman C., Nieto-Sampedro V., Rowe J., Knauer D.J. // D.Brain Res.– 1987.– V.415.– P.40-48.
3. Ossowski L., Quigley J., Reich E. // J.Biol.Chem.– 1974.– V.249.– N13.– P.4312-4320.
4. Hall S.W., Van den Berg S.R., Gonias St.L. // Brain Res.– 1989.– V.495.– P.373-376.
5. Testa J.E., Quigley J.P. // J.Nat.Cancer Inst.– 1988.– V.80.– N10.– P.712-713.
6. Patty L.// Multidomain Proteins Proc. UNESCO Workshop Struct.Funct.Proteins. (Eds. L.Patty, P.Friedrich).– Budapest, 1986.– P.117-121.
7. Mayer V. // Clin.Biochem.1990.– V.23.– P.197-211.
8. Konakova M., Hucho F., Schlenning W.D.// Eur.J.Biochem.–1998.– V.253.–N2.– P.421-429.
9. Nikandrov V.N. // Int.J.Biochem.– 1992.– V.24.– N1.– P.47-53.
10. Никандров В.Н. // Профилактика и лечение инфекционных и паразитарных заболеваний. Матер. юбил. конф. Белорус. НИИ эпидемиологии и микробиологии.– Минск, 1995.– С.274-286.
11. Nikandrov V.N., Vorobyova S.V., Yankovskaya E.S., Demidchik N.V. // Int. J. Biol. Macromol.– 1992.– V.14.– N8.– P.229-234.
12. Becherer P.R., Washsman J.T. // J.Cell.Physiol.– 1980.– V.104.– P.47-52.
13. Vaughan P.J., Pike Ch.J., Cotman P.W., Cunningham D.D. // J.Neurosci.– 1995.– V.15.– N7.– P.5389-5401.
14. Чумаков П.М. // Изв.РАН, сер.биол.н.– 1998.– N2.– С.151-156.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Изменения показателей липидного обмена у больных с атеросклеротической дисциркуляторной энцефалопатией (Авдей Г.М., Нечипоренко Л.И.)	5
Изучение ферментативных и других аналитических реакций средствами сухой химии (Аль Бов Бакер, Шарабайко И.И., Чиркин М.А.)	8
Активность ферментов ксенобиотикометаболизирующей системы и структура печени крыс при холестазах и их коррекция (Андреев В.П., Бушма М.И., Кравчук Р.И., Зверинский И.В., Амбрушкевич Ю.Г., Легонькова Л.Ф.)	12
Зависимость метаболизма этанола от индивидуального и группового содержания крыс (Андреева О.Л., Захаров О.Ю., Лиопо А.В.)	16
Роль свободнорадикальных процессов в модификации мембран микросом щитовидной железы при эмоционально-болевым стрессе (Ариукевич А.Н., Мальцев А.Н., Дремза И.К., Зинчук В.В.)	19
Перекисное окисление липидов в крови и хрусталике глаза при хроническом гамма-облучении в дозе 1,0 гр (Багель И.М., Мажуль Л.М., Вадецкая Т.Н., Вольхина В.Е., Воробей А.В., Клишко Н.К.)	23
Эндокринные факторы и герпетическая инфекция у беременных женщин, проживающих на загрязненной радионуклидами территории (Барановская Е.И., Жаворонок С.В., Панько С.В., Леонов В.П.)	26
Эффекты цианамида на системы обмена этанола и ацетальдегида у крыс. (Бардина Л.Р., Сатановская В.И., Пронько П.С., Кузьмич А.Б.)	30
Изменение кинетических характеристик сорбитолдегидрогеназы почек под воздействием лазерного облучения (Башун Н.З., Денисенко В.А., Бородинский А.Н.)	33
Состояние процессов перекисного окисления в печени животных, облученных хронически в малых дозах (Буловацкая И.В.)	35
Сравнительная оценка действия α -токоферола, s-аденозилметионина и никетамида на монооксигеназную, глюкуро- и глутатионтрансферазную системы печени крыс с холестазом (Бушма М.И., Легонькова Л.Ф., Зверинский И.В.)	38
Сравнительная характеристика активности ферментных систем микросомального окисления и глюкуроконъюгации ксенобиотиков в печени крыс и морских свинок (Бушма М.И., Легонькова Л.Ф., Зверинский И.В., Вольф С.Б., Гельберг И.С.)	44
Свободнорадикальное окисление в щитовидной железе крыс с экспериментальным гипотиреозом (Валентюкевич О.И., Нецецкая З.В., Герасимчик Н.П., Мартыничик Д.И., Надольник Л.И.)	47
Активность альдегиддегидрогеназы, содержание стереоизомеров лактата в эндометрии при злокачественном его поражении (Величко М.Г., Жлобич М.В., Ларионова В.Б.)	51

Метаболические процессы в тестикулярной ткани крыс после хронического низкоинтенсивного облучения в малых дозах (Верещако Г.Г., Ходосовская А.М., Конопля Е.Ф.)	54
Особенности обмена ГАМК и содержание ее предшественников в головном мозге крыс после хронической морфиновой интоксикации (Виницкая А.Г., Дорошенко Е.М.)	58
Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на активность супероксиддисмутазы и процессы перекисного окисления липидов крови эритроцитов <i>in vitro</i> (Волотовская А.В., Слободжанина Е.И.)	61
Влияние глутамина и его дериватов на функциональные биохимические характеристики эпителия тонкой кишки (Воробьев В.В., Лелевич В.В.)	66
Влияние психосоциального стресса на концентрацию фактора роста нервов в сыворотке крови и некоторых органах мышц (Горбунова Н.Б., Дзюнов В.Н.)	69
Влияние дипептида "деглутам" на активность моногидролаз в клетках крови и селезенки (Горецкая М.В.)	71
Митохондриальное окисление тканей в условиях инкорпорации радионуклидов ^{137}Cs (Грицук А.И., Свергун В.Т., Коваль А.Н., Бергеев С.М.)	76
Высокомолекулярная форма тиаминтрифосфатазы (кислой фосфатазы) из листьев петрушки (Гуляй И.Э.)	79
Роль митохондрий в свободно-радикальной регуляции апоптоза нервных клеток (факты и гипотеза) (Давыдовский А.Г., Шпак Г.А., Микандров В.Н.)	83
Влияние экстракта солянки холмовой на регенерацию печени после частичной гепатэктомии (Данченко Е.О.)	87
Влияние урсодезоксихолевой кислоты на регенераторные процессы в печени после ишемии (Данченко Е.О.)	91
Влияние введения аминокислотной смеси на некоторые метаболические показатели в лимфоидных органах крыс с алкогольным абстинентным синдромом (Дворянинович Л.Н., Лелевич В.В.)	96
Влияние на состояние кислородтранспортной функции крови в формировании прооксидантно-антиоксидантного состояния организма в условиях гипотермии (Дорохина Л.В., Зинчук В.В.)	99
Изменение сродства гемоглобина к кислороду и прооксидантно-антиоксидантного равновесия крови при эмоционально-болевым стрессе (Дремза И.К., Мальцев А.Н., Зинчук В.В.)	103
Влияние центрального введения регуляторных пептидов на динамику температуры тела кролика при лихорадке (Елкин Ю.Б.)	107
Изследование аккумуляции энкефалинов и норадреналина в ганглиональной фракции каудального брыжеечного ганглия при нарушении теплообмена организма (Елкин Ю.Б., Кондрашова С.Б.)	110
Влияние кладрибина на содержание сиаловых кислот и церулоплазмينا в сыворотке крови при экспериментальном аллергическом перитоните (Жук О.Н.)	113

Модифицированные производные гомотаурина и система гамк в мозге крыс на фоне отмены этанола (Канунникова Н.П., Винуцкая А.Г., Шалавина Е.Г., Мойсеенок А.Г.)	116
Возможные механизмы влияния таурина и нейроактивных аминокислот на дегидрогеназы ЦТК и сопряжённые с ним реакции (Караедова Л.М., Горенштейн Б.И., Смирнов В.Ю., Нефёдов Л.И.)	119
Показатели метаболизма углеводов в печени крыс при алкогольном абстинентном синдроме и введении смеси аминокислот (Климович В.В., Масловская А.А., Лелевич В.В.)	126
Гиполипидемический препарат пробукол в терапии сердечно-сосудистых заболеваний (Конколь К.И.)	128
Функциональная активность форменных элементов крови и антитромбогенный потенциал сосудистой стенки у больных ишемической болезнью сердца (Конколь К.И.)	132
Сравнительная характеристика гиполипидемического действия эссенциальных фосфолипидов и витаминно-анаболического комплекса у больных ИБС (Конколь К.И., Дедуль В.И., Якубчик Т.Н.)	136
Особенности формирования пула свободных аминокислот тромбоцитов при остром гепатите В при различной степени тяжести течения заболевания (Кравчук Ю.В., Цыркунов В.М.)	139
P-5-ф как активатор гликолиза при инсулинзависимом сахарном диабете (Кубышин В.Л., Макара Е.А., Кулинич С.Г.)	143
Влияние алкогольной интоксикации на уровень ацетальдегида и активность каталазы в мозге крыс (Кузьмич А.Б.)	146
Разные паттерны активации вегетативных центров и их роль в изменении катаболизма серотонина в головном мозге и тонкой кишке крыс (Кульчицкий В.А., Тропникова Г.К., Кульчицкий С.В., Поленов С.А.)	149
Влияние введения цезия-137 на глюкокортикоидную функцию организма (Ладутько Е.И.)	152
Скрининг новых лекарственных препаратов и оценка эффективности дезинтоксикационной терапии на основе модифицированного спленоцитотоксического теста (Леднёва И.О.)	156
Оценка противоопухолевой активности производных L-глутамин и фенилацетата методом краткосрочных клеточных культур (Леднёва И.О., Каравай А.В., Мотылевич Ж.В., Нефёдов Л.И.)	158
Сравнительная оценка токсичности производных L- глутамин и цитостатиков (Леднёва И.О., Нефёдов Л.И., Величко М.Г.)	161
Разработка, апробация, организация производства иммуноферментных диагностических тест-систем и внедрение их в систему лабораторной диагностики заболеваний щитовидной железы (Лекторов В.Н., Панько С.С.)	164
Метаболические нарушения при инкорпорированном поступлении радионуклидов (Лелевич В.В., Воробьев В.В., Пыжик Т.Н.)	168

Взаимосвязь уровня эндогенного этанола крови и толерантности к алкоголю у мужчин различных эпидемиологических и патогенетических групп (Лиопо А.В.)	170
Влияние антигенов печени плода, введенных в организм беременных крыс, на гистохимические показатели гепатоцитов потомства (Лис Р.Е., Виноградова Л.Е.)	174
Ферментативный гидролиз фосфатидилхолина и его смеси с фосфатидилэтанолом после преинкубации панкреатической фосфолипазы a_2 с простагландинами и их аналогами (Литвинко Н.М., Кучуро С.В., Жукова М.В., Филич Е.Р., Желдакова Т.А.)	178
Специфическое связывание фРН и эФР клетками РС12 при тепловом шоке: роль некоторых мембранных и цитоскелетных компонентов (Лукашевич В.С.)	181
Синтез ДНК в фибробластах L929 при тепловом и оксидантном шоке (Лукашевич И.Б.)	185
Влияние флавоноидов на активность мембраносвязанной NADH-метгемоглобинредуктазы эритроцитов человека при окислительном стрессе <i>in vitro</i> (Лукьяненко Л.М., Кулак С.В., Слобожанина Е.И.)	187
Идентификация изофермента тиамиотрифосфатазы в почках быка (Макарчиков А.Ф., Русина И.М.)	191
Адаптивный характер изменений антиоксидантной системы слизистой желудка и кишечника при эмоционально-болевым стрессе (Мальцев А.Н., Дремза И.К., Белецкая С.Б., Богдель Е.В.)	196
L-триптофан как противоопухолевый препарат (Маслаков Д.А., Нефёдов Л.И., Дорошенко Е.М., Каравай А.В., Леднева И.О., Величко М.Г.)	199
Антагонисты L-карнитина в регуляции метаболических процессов (Мойсеенок А.Г.)	201
Исследование гипополипидемической эффективности пантенола у мышей с гипоталамическим ожирением (Нарута Е.Е.)	204
Рецепция эстрадиола и ядерная акцепция гормон-рецепторных комплексов в органах мишенях гамма-облученных самок крыс (Наумов А.Д.)	208
Биохимические основы метаболической терапии (Нефёдов Л.И.)	212
Влияние плазминогена на интенсивность АТФ-зависимого протеолиза в клетках феохромоцитомы РС12 (Никандров В.Н., Петрусенко Г.П., Гронская Р.И., Тумилович М.К., Зуева С.Г.)	219
Экспериментальное регламентирование применения некоторых аминокислот и их производных при беременности (Омельянчик М.С., Орлова Е.Н., Курбат Н.М., Шпаков А.И.)	221
Зависимость активности нуклеаз от модификации фактором роста нервов состояния комплекса фермент – ингибитор и стабильности лизосомальных мембран (Петрусенко Г.П.)	224

Действие этанола на параметры связывания специфических лигандов с опиоидными рецепторами среднего мозга алкоголизированных крыс (Пивоварчик М.В.).....	228
Эффекты андрогенов у орхидектомированных крыс с алиментарной гиперхолестеринемией и дислиппротеидемией (Попов Ю.В., Нарута Е.Е., Буко В.У.).....	230
Фосфатазная активность гемнезависимой хлорпероксидазы из <i>serratia marcescens</i> (Преображенская Ю.В., Бурдь В.Н., Воскобоев А.И.).....	234
Роль систем метаболизма спиртов и альдегидов в механизмах повреждающего действия этанола в желудочно-кишечном тракте при хронической алкогольной интоксикации (Пронько П.С., Бардина Л.Р., Сатановская В.И., Кузьмич А.Б., Пронько С.П.).....	237
Влияние теплового и осмотического факторов на физиолого-биохимические характеристики проростков ячменя разного возраста (Пишибытко Н.Л., Калитухо Л.Н., Кабашиникова Л.Ф.).....	242
Влияние L-триптофана на уровни нейроактивных аминокислот и биогенных аминов в мозге крыс при синдроме отмены морфина (Разводовский Ю.Е., Дорошенко Е.М., Лелевич В.В.).....	246
Аминокислоты и системы обмена альдегидов мозга (Сатановская В.И., Бардина Л.Р., Дорошенко Е.М.).....	251
Некоторые биохимические сдвиги в организме у экспериментальных животных при субфебрилитете центрального происхождения (Семененя И.Н.).....	253
Влияние низкоинтенсивного хронического облучения на эстроген-рецепторное взаимодействие в гормонзависимых и гормончувствительных тканях крыс (Сечко Л.К.).....	257
Роль глутатионсинтетазной реакции в стимулировании биосинтеза глутатиона производными пантотената в лейкоэмических клетках (Слышенков В.С., Мойсеенок А.Г., Войтчак Л.).....	261
Влияние композиции аминокислот с разветвленной углеводородной цепью и таурина на формирование фонда свободных аминокислот при остром токсическом поражении печени (Смирнов В.Ю., Сазонова Л.А., Дорошенко Е.М., Нефёдов Л.И.).....	264
Биохимические и ультраструктурные изменения в некоторых органах и тканях, вызванные длительной ишемией тонкой кишки (Солтанов В.В., Левковец В.С., Емельянова А.А.).....	268
Дезинтоксикационная функция печени при алкогольном поражении (Сушко Л.И., Горенштейн Б.И.).....	272
Высокоаффинный транспорт холина при воздействии R- α -метилгистамина (Таюрская В.В.).....	275
Особенности ранних изменений болевой чувствительности и метаболизма серотонина в мозге после внутрибрюшинного введения эндотоксина (Тропникова Г.К.).....	278
Аминокислотный дисбаланс у больных раком предстательной железы и его коррекция препаратом Ukrain (Угляница К.Н.).....	282

Эффективность метаболической терапии препаратом Ukgain у больных поверхностным раком мочевого пузыря (Угляница К.Н., Нефедов Л.И.)....	286
Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на антиоксидантный статус крови и транспортную функцию мембран эритроцитов крыс (Хомич Т.И., Преображенский Д.В., Осакович И.В., Мойсеенок А.Г., Ануфрик С.С.)	289
Моноаминоксидаза ствола головного мозга крысы при воздействии алкоголя (Цыдик В.Ф., Лелевич В.В., Зиматкин С.М.)	293
Влияние липополисахарида <i>e. Coli</i> на углеводно-энергетический обмен головного мозга и печени и на функциональную активность клеток тимуса крыс (Цыхун Г.Ф., Житкевич Т.И., Бокуть Т.Б., Викентьева Н.К., Данилова Т.Я.)	296
Молекулярные основы метаболической терапии (Чиркин А.А.)	300
Транспорт холина через синаптическую мембрану зависит от суточного ритма (Чумакова О.В., Геращенко Л.Л.)	305
Сравнительное действие генистеин-8-с-гликозида и кверцетина при свободнорадикальных повреждениях <i>in vitro</i> (Шкодич А.П., Заводник Л.Б., Заводник И.Б., Ламан Н.А., Овчинников В.А., Буко В.У.)	308
Авторский указатель.....	312

Научное издание

**БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Сборник научных трудов

Редактор Е. А. Смирнова

Сдано в набор 18.07.2000. Подписано в печать 14.08.2000.
Формат 60x84/16. Бумага офсетная № 1.
Печать офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 18,92. Уч.-изд. л. 15,95.
Тираж 100 экз. Заказ 237.

Гродненский государственный университет
имени Янки Купалы.
ЛВ № 96 от 02.12.97 г.
Ул. Ожешко, 22, 230023, Гродно.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика
на технике издательского отдела
Гродненского государственного университета
имени Янки Купалы.
ЛП № 111 от 29.12.97 г.
Ул. Ожешко, 22, 230023, Гродно.