

гополучия студентов, их учебную мотивацию, что в свою очередь окажет положительное влияние на результаты учебной деятельности в целом.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шамионов, Р. М. Психология субъективного благополучия / Р. М. Шамионов // Психологическая наука и образование. — 2003. — № 1. — С. 25–53.
2. Куликов, Л. В. Здоровье и субъективное благополучие личности / Л. В. Куликов // Психология здоровья. — 2001. — № 2. — С. 53–61.

3. Фоломеев, Т. В. Социальные представления о благополучии / Т. В. Фоломеев, И. И. Серегина // Мир психологии. — 2004. — № 3. — С. 122–132.

4. Цветкова, И. Р. Мотивационная сфера личности студента: условия и средства ее формирования. / И. Р. Цветкова // Психологическая наука и образование. — 2006. — № 4. — С. 76–81.

5. Журавлев, Д. Мотивация и проблемы в обучении / Д. Журавлев // Народное образование. — 2002. — № 9. — С. 123–129.

6. Малинаускас, Р. К. Мотивация студентов разных периодов обучения / Р. К. Малинаускас // Вопросы психологии. — 2005. — № 2. — С. 25–31.

Поступила 03.09.2007

УДК 615.9:[58.04:577.15/17]

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Л. Н. Журихина, А. С. Богдан, З. П. Кузнецова

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск  
НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь, Минск

Выделены биологически активные вещества полифенольной природы из листьев *Begonia erytrophylla*, из наземной массы *Laserpitium latifolium* и *Vaccinium macrocarpon* Ait. Биологическая оценка выделенных комплексов в экспериментах на *Tetrahymena pyriformis* выявила выраженный защитный эффект при индивидуальном, комбинированном и сочетанном воздействии свинца, нитрита натрия и ультрафиолетовой ионизирующей радиации. Защитный эффект проявился в стимуляции восстановительных процессов в облученных одноклеточных организмах и продлении жизненного цикла популяции.

**Ключевые слова:** ксенобиотики, радиация, БАВ растений, защитное действие, экспресс-оценка, *Tetrahymena pyriformis*.

### EFFICIENCY OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPLEXES OF SOME PLANTS AT INFLUENCE PHYSICAL AND CHEMICAL POLLUTANTS AN ENVIRONMENT

L. N. Zhurikhina, A. S. Bogdan, Z. P. Kuznetsova

Republican scientific-practical center of hygiene, Minsk  
Scientific institute of physical training and sports of Belarus, Minsk

Biologically active substances of the polyphenolic nature from leaves *Begonia erytrophylla*, from elevated weight *Laserpitium latifolium* and *Vaccinium macrocarpon* Ait are isolated. The biological estimation of the isolated complexes in experiments on *Tetrahymena pyriformis* has revealed the expressed protective effect at individual and combined influence of lead, sodium nitrite and ultraviolet radiation.

The protective effect was showed in stimulation of regenerative processes in the irradiated cells and prolongation of life cycle of a population.

**Key words:** xenobiotics, radiation, BAS of plants, protective action, express evaluation, *Tetrahymena pyriformis*.

#### Введение

Интенсивное развитие промышленного и аграрного производства привело к значительному загрязнению биосферы химическими веществами, в частности, тяжелыми металлами, пестицидами, нитратами, радионуклидами. Поскольку основной поток химических загрязнителей окружающей среды поступает в организм человека через пищу, преобладающей формой реального трансалиментарного контакта человека с ксенобиотиками является многофакторное химическое воздействие. Классификация опасности комбинированного действия ксенобиотиков в гигиене

питания пока еще мало разработана. Условия применения индивидуальных нормативов при одновременном присутствии в пищевых продуктах двух и более ксенобиотиков в действующем санитарном законодательстве не оговорены (в отличие от смежных областей гигиены). Но в случаях синергизма индивидуальные нормативы ксенобиотиков гарантировать безопасность пищи, естественно, не могут [1].

С проблемой комбинированного действия ксенобиотиков тесно связана проблема экзогенных токсических воздействий факторов окружающей среды малой интенсивности. Положе-

ние о принципиальной значимости этих воздействий впервые было аргументировано С. В. Аничковым [2]. Затем оно получило свое дальнейшее развитие в работах ряда отечественных экспериментаторов-токсикологов и клиницистов [3–5]. И. М. Трахтенберг с соавторами считает, что применительно к техногенным химическим воздействиям, наблюдаемым в реальных условиях, понятие «низкие концентрации», или «факторы малой интенсивности» включает концентрации, близкие к предельно допустимым, при которых, как правило, отсутствуют внешние, видимые проявления (симптомы) токсического эффекта. Однако в последние годы накапливается все больше данных о существенном влиянии антропогенных факторов окружающей среды малой интенсивности на состояние здоровья людей и продолжительность жизни.

В связи с этим охрана внутренней среды организма от попадания чужеродных веществ вошла в число наиболее актуальных экологогигиенических проблем. Питание может быть как фактором, позволяющим сохранить здоровье, так и фактором, усиливающим негативное влияние на здоровье [6].

Поэтому весьма важной является задача создания функциональных продуктов питания массового потребления, обогащенных пищевыми добавками, оказывающими положительное влияние на течение обменных процессов, способствующих усилению неспецифической резистентности и радиорезистентности организма. Разработка таких пищевых добавок, в том числе лечебно-профилактического назначения, в свою очередь, ставит задачу оценки их эффективности именно на фоне комбинированного действия ксенобиотиков и радиации. Пристальное внимание исследователей обратилось к природным комплексам биологически активных веществ растений. Как правило, они обладают широким спектром фармакологического действия, содержат лечебное начало в соотношениях, оптимально сбалансированных в процессе эволюции самой природой, в форме естественной для организма человека и легко им усвояемой. Применение лекарственных растительных средств является наиболее физиологичным методом нормализации обменных процессов и восстановления функциональных возможностей организма [7].

Гигиенически значимыми загрязнителями окружающей среды являются свинец и нитрит натрия.

Согласно рекомендациям ВОЗ, допустимое еженедельное поступление свинца с пищей и через другие источники — 3 мг на человека, то есть 0,428 мг/сутки. В пересчете на свинец азотнокислый — 0,6848 мг в сутки [8, 9]. ДСД  $\text{NO}_2^-$  — 0,2 мг/кг массы тела, или 12 мг

на человека. В пересчете на натрий азотистокислый — 18 мг/сутки [10].

Если исходить из гигиенических регламентов содержания свинца в объектах внешней среды, суточная нагрузка человека свинцом составляет 0,9469 мг, в пересчете на нитрат свинца — 1,5 мг. Учитывая количественное соотношение основных питательных веществ в суточном рационе человека и в среде культивирования *Tetrahymena pyriformis*, нами по разработанной формуле [11] рассчитаны изоэффективные дозы для внесения токсикантов в среду культивирования тест-объекта, они составили:  $7 \times 10^{-5}$  мг/мл для свинца азотнокислого и азотистокислого —  $9 \times 10^{-4}$  мг/мл для натрия азотистокислого.

В силу вышеизложенного, *цель* настоящего исследования — оценить перспективность применения биологически активных комплексов бегонии краснолистной, гладыша широколистного, клюквы крупноплодной при индивидуальном, комбинированном и сочетанном воздействии на организм свинца, нитрита натрия и ультрафиолетовой ионизирующей радиации. С целью приближения к реальным условиям исследовано индивидуальное и комбинированное воздействие на популяцию *Tetrahymena pyriformis* концентраций нитрата свинца и нитрита натрия, на порядок превышающих допустимый уровень.

#### **Материалы и методы**

Объекты исследования: свинец азотнокислый  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , натрий азотистокислый  $\text{NaNO}_2$ , ультрафиолетовая ионизирующая радиация (УФИ), комплексы биологически активных веществ: из листьев бегонии краснолистной (*Begonia erythrophylla*), из надземной массы гладыша широколистного (*Laserpitium latifolium*), из надземной массы клюквы крупноплодной (*Vaccinium macrocarpon* Ait.). Соединения данных комплексов были идентифицированы на основании хроматографических, спектрофотометрических данных, результатах кислотного гидролиза, а также сравнении с аутентичными образцами.

Тест-объект исследования — лабораторная культура одноклеточных организмов инфузорий *Tetrahymena pyriformis* [12], произрастающая в среде определенного состава при 25°C и являющаяся изолированной популяцией организмов, рост которой подчиняется общим закономерностям роста популяций. Цикл развития *Tetrahymena pyriformis* включает лаг-фазу (0–24 часа инкубации), логарифмическую фазу (24–48 часов инкубации), фазу замедленного роста (48–72 часа инкубации) и стационарное состояние. В питательной среде стандартного состава длительность жизненного цикла популяции — 96 часов. В проведенных исследованиях инкубацию

продлили до 144 часов с целью повышения вероятности проявления репарационных эффектов.

В экспериментах на *Tetrahymena pyriformis* изучено протекторное действие биологически активных комплексов в концентрации  $10^{-5}$  мг/мл при индивидуальном воздействии ультрафиолетовой ионизирующей радиации в сублетальной дозе и свинца азотнокислого в концентрации 1/10 от ЛД<sub>50</sub>, что составляет 0,7 мг/мл; при комбинированном воздействии свинца азотнокислого и натрия азотистокислого в низких концентрациях ( $7 \times 10^{-4}$  мг/мл и  $9 \times 10^{-3}$  мг/мл соответственно); при сочетанном воздействии свинца азотнокислого и натрия азотистокислого в вышеуказанных концентрациях и ультрафиолетовой ионизирующей радиации. Источником ультрафиолетового излучения являлась ртутно-кварцевая лампа ДРТ. Суммарная плотность ультрафиолетового излучения составила 80 Вт/м<sup>2</sup>. Доля коротковолнового (0,2–0,28 мкм) излучения составила до 49 Вт/м<sup>2</sup>, средневолнового (0,28–0,32 мкм) — 15–21 Вт/м<sup>2</sup>, ближневолнового (0,32–0,40 мкм) — до 18 Вт/м<sup>2</sup>. Культура *Tetrahymena pyriformis* в стационарной фазе роста облучалась в течение 1 минуты. В 10 мл среды культивирования вносили по 20000 особей, подвергнутых облучению, и по 20000 не облучавшихся инфузорий (контроль).

Защитное действие (ЗД) биологически активных комплексов исследуемых растений (в %) выражали по разнице между угнетением роста популяции *Tetrahymena pyriformis* в среде культивирования без биологически активных комплексов (контроль) и в среде культивирования с биологически активными комплексами (опыт).

ЗД = угнетение роста в контроле, % — угнетение роста в опыте, %.

Таблица 1 — Защитное действие исследуемых биологически активных веществ (БАВ) в концентрации  $10^{-5}$  мг/мл на популяцию *Tetrahymena pyriformis* при ультрафиолетовом излучении (УФИ)

Условия опыта	Время экспозиции в часах				
	24	48	72	96	144
Контроль	16500±577	101000±8511	289000±4041	264000±1155	286000±1155
УФИ 1 мин	750±144*	5000±577*	52000±1155*	124000±3464*	153000±7506*
УФИ и БАВ гладыша	1500±58**	8000±577**	100000±1155**	499000±5196**	371000±577**
УФИ и БАВ клюквы	1400±58**	14000±3464**	148000±1270**	242000±5774**	282000±5774**
Угнетение роста в %					
УФИ 1 мин	96	95	82	53	47
УФИ и БАВ бегонии	97	92	88	49	39
УФИ и БАВ гладыша	91	92	65	-89	-30
УФИ и БАВ клюквы	92	86	49	8	1
Защитное действие в %					
УФИ и БАВ бегонии	-1	3	-4	4	8
УФИ и БАВ гладыша	5	3	17	142	77
УФИ и БАВ клюквы	4	9	33	45	46

\* — Статистически достоверные изменения по отношению к контролю. \*\* — Статистически достоверные изменения по отношению к образцу Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и контролю.

### Результаты и обсуждение

В комплексе, выделенном из листьев *Begonia erythrophylla* и высушенном до постоянного веса, определено 80% флавоноидов и 3% хлорогеновых кислот. Идентифицировано 10 флавоноидных веществ: 3-орто-метилкверцетин, 3-орто-метилкемпферол, кверцетин, лютеолин, кверцитрин, цинарозид, изовитексин, ориентин, витексин, изоориентин.

Основные флавоноидные соединения суммарного комплекса надземной массы *Laserpitium latifolium* идентифицированы как лютеолин-7-глюкозид, апигенин-7-глюкорамнозид, кверцетин-3-рамнозид, производные апигенина, кверцетин и производное кемпферола.

В суммарном комплексе флавоноидов, выделенном из надземной части *Vaccinium macrocarpon* Ait., идентифицированы агликоны (кверцетин и мирицетин) и пять гликозидов: кверцетрин, гиперин, астрагалин, мирицетин-3-арабинозид.

Ультрафиолетовое облучение (1 минута) инфузорий оказало отрицательное влияние на жизнедеятельность популяции. Это проявилось в удлинении лаг-фазы, сокращении логарифмической фазы роста и уменьшении численности популяции в стационарном состоянии на 50% по сравнению с контролем (таблица 1).

Биологически активные вещества бегонии, внесенные в среду культивирования облученной *Tetrahymena pyriformis*, не оказывали положительного влияния на развивающуюся популяцию в течение 72 часов. Только в стационарном состоянии численность популяции увеличилась по сравнению с облученной популяцией, произрастающей в среде без биологически активных комплексов бегонии. Защитный эффект биологически активных веществ бегонии был незначительным — 4%. Через 144 часа он увеличился до 8% (таблица 1).

Большую активность проявил комплекс биологически активных веществ, выделенных из надземной части гладыша широколистного. После латентного периода, длящегося 24 часа, и прохождения лаг-фазы скорость роста облученной популяции увеличилась и через 72 часа численность ее вдвое превышала численность облученной популяции, развивающейся в среде без БАВ; защитный эффект составил 17%. Через 96 часов численность популяции в среде с БАВ гладыша широколистного превышала в 4 раза численность облученной популяции в среде без БАВ и на 89% численность популяции в контроле. Защитный эффект БАВ гладыша

широколистного составил 142% через 96 часов и 77% через 144 часа (таблица 1).

Высокий защитный эффект на популяцию, подвергнутую воздействию ультрафиолетовой ионизирующей радиации, оказал также комплекс БАВ, выделенный из надземной части клюквы крупноплодной. В большей мере он проявился при вступлении популяции в стационарное состояние и составил: через 72 часа — 33%, через 96 часов — 45% и через 144 часа — 46% (таблица 1).

Комплексы БАВ бегонии краснолистной, гладыша широколистного и клюквы крупноплодной не проявили выраженного защитного эффекта на фоне свинцовой интоксикации (таблица 2).

Таблица 2 — Влияние биологически активных веществ (БАВ) в концентрации  $10^{-5}$  мг/мл некоторых растений на популяцию *Tetrahymena pyriformis* на фоне свинцовой интоксикации (0,7 мг/мл)

Условия опыта	Время экспозиции в часах				
	24	48	72	96	144
Контроль	16500±577	101000±8511	289000±4041	264000±1155	286000±1155
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	11000±167*	110000±3844	200000±2309*	179000±1732*	210000±1155*
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> и БАВ бегонии	5000±577**	108000±11547	172000±3464**	169000±12124*	261000±4042**
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> и БАВ гладыша	5000±764**	134000±1155**	162000±1154**	196000±4619**	187000±2887**
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> и БАВ клюквы	7000±500**	88000±0**	146000±1270**	200000±1155**	183000±14434*
Угнетение роста в %					
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	33	-9	31	32	27
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> и БАВ бегонии	70	-7	40	36	9
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> и БАВ гладыша	70	-33	39	26	35
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> и БАВ клюквы	58	13	49	24	36
Защитный эффект в %					
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> и БАВ бегонии	3	-2	-9	-4	18
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> и БАВ гладыша	3	24	-8	6	-8
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> и БАВ клюквы	-25	-24	-18	8	-9

\* — Статистически достоверные изменения по отношению к контролю. \*\* — Статистически достоверные изменения по отношению к образцу Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и контролю.

При внесении в среду культивирования бинарной смеси нитрата свинца и нитрита натрия в концентрациях  $7 \times 10^{-4}$  и  $9 \times 10^{-3}$  мг/мл соответственно облученная *Tetrahymena pyriformis* в течение 48 часов не приступала к размножению. Через 72 и 96 инкубации численность инфузорий увеличилась, но составляла лишь 2% по отношению к численности популяции в контроле. Через 144 часа численность облученной популяции, развивающейся в среде, содержащей ксенобиотики — увеличилась, но была на 63% ниже контрольного уровня (таблица 3).

При внесении в среду произрастания *Tetrahymena pyriformis*, содержащую ксенобиотики, БАВ бегонии краснолистной, гладыша ши-

роколистного и клюквы крупноплодной, облученная популяция приступила к размножению через 24 часа, но скорость ее роста была очень низкой и численность была на 82–98% ниже, чем в контроле. Через 144 часа отмечалось резкое увеличение численности облученной популяции, культивируемой в среде, содержащей ксенобиотики и БАВ бегонии, гладыша и клюквы, в 4 раза превышающее численность облученной популяции в среде с ксенобиотиками, но без БАВ (таблица 3). Величина защитного эффекта составляла: для БАВ из листьев бегонии краснолистной — 98%, для БАВ из надземной массы гладыша широколистного — 109%, для БАВ из надземной массы клюквы крупноплодной — 121%.

Таблица 3 — Защитное действие исследуемых БАВ ( $10^{-5}$  мг/мл) на популяцию *Tetrahymena pyriformis* при сочетанном воздействии факторов малой интенсивности: свинца азотнокислого ( $7 \times 10^{-4}$  мг/мл), натрия азотистокислого ( $9 \times 10^{-3}$  мг/мл) и ультрафиолетовой радиации

БАВ растений	Время экспозиции в часах				
	24	48	72	96	144
Контроль	20000±577	142000±3464	223000±14434	254000±1155	278000±17320
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , NaNO <sub>2</sub> , УФИ	900±305*	1800±176*	5000±0*	6000±1155*	104000±4619*
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , NaNO <sub>2</sub> , УФИ и БАВ бегонии	2300±115**	3500±577**	4300±115**	6000±1155*	375000±8660**
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , NaNO <sub>2</sub> , УФИ и БАВ гладыша	3500±289**	3000±289**	3300±404**	4000±577*	406000±1501**
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , NaNO <sub>2</sub> , УФИ и БАВ клюквы	1000±0*	2500±0**	5500±289*	11000±1155**	439000±5196**
Угнетение роста в %					
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , NaNO <sub>2</sub> , УФИ	96	99	98	98	63
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , NaNO <sub>2</sub> , УФИ и БАВ бегонии	88	98	98	98	-35
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , NaNO <sub>2</sub> , УФИ и БАВ гладыша	82	98	85	98	-46
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , NaNO <sub>2</sub> , УФИ и БАВ клюквы	95	98	98	96	-58
Защитный эффект в %					
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , NaNO <sub>2</sub> , УФИ и БАВ бегонии	8	1	0	0	98
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , NaNO <sub>2</sub> , УФИ и БАВ гладыша	14	1	13	0	109
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , NaNO <sub>2</sub> , УФИ и БАВ клюквы	1	1	0	2	121

\* — Статистически достоверные изменения по отношению к контролю. \*\* — Статистически достоверные изменения по отношению к образцу Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, NaNO<sub>2</sub>, УФИ и контролю.

### Заключение

Оценка на *Tetrahymena pyriformis* биологически активных веществ, выделенных из листьев бегонии красной (Begonia erythrophylla), из надземной массы гладыша широколистного (Laserpitium latifolium), из надземной массы клюквы крупноплодной (Vaccinium macrocarpon Ait.), содержащих фенольные соединения, выявила выраженный защитный эффект этих соединений при индивидуальном, комбинированном и сочетанном воздействии на организм одноклеточного животного свинца, нитрита натрия и ультрафиолетовой радиации. Защитный эффект проявился в стимуляции восстановительных процессов в облученных одноклеточных организмах и продлении жизненного цикла популяции.

Полученные результаты свидетельствуют об эффективности и перспективности использования исследованных комплексов биологически активных веществ растительного происхождения в качестве действующих компонентов для разработки функциональных пищевых продуктов и биологически активных добавок с целью повышения резистентности организма к неблагоприятным факторам окружающей среды.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трахтенберг, И. М. Проблема токсических воздействий малой интенсивности — дань творческому романтизму прошлого или необходимость, диктуемая реалиями настоящего / И. М. Трахтенберг // Токсикологический вестник. — 1997. — № 1. — С. 6–11.

2. Аничков, С. В. О гигиеническом значении раздражителей малой интенсивности во внешней среде / С. В. Аничков // Гигиена и санитария. — 1952. — № 10. — С. 7.

3. Литвинов, Н. Н. Антропогенные факторы окружающей среды малой интенсивности и продолжительность жизни: новые аспекты проблемы / Н. Н. Литвинов, В. И. Казачков, З. М. Гасимова // Вестник АМН СССР. — 1991. — № 9. — С. 47–51.

4. Трахтенберг, И. М. Проблема экзогенных токсических воздействий малой интенсивности / И. М. Трахтенберг, В. А. Тычина, Ю. Н. Талакин // Вестник АМН СССР. — 1991. — № 2. — С. 5–12.

5. Кацнельсон, Б. А. Еще несколько слов о «романтизме» и «необходимости» в сфере санитарно-токсикологической регламентации / Б. А. Кацнельсон // Токсикологический вестник. — 1997. — № 3. — С. 29–31.

6. Смоляр, В. Эколого-гигиенические проблемы питания / В. Смоляр // Питание и здоровье: матер. респ. науч. конф. — Таллин, 1991. — Т. 2. — С. 105–106.

7. Богдан, А. С. Медико-биологические основы, методы и средства алиментарной профилактики в условиях современной радиологической обстановки / А. С. Богдан, Н. В. Гусаревич, И. И. Кедрова // Национальная политика в области здорового питания в Республике Беларусь: матер. междунар. конф. — Мн., 1997. — С. 123–128.

8. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I–IV групп: справ.; под общ. ред. В. А. Филова. — Л.: Химия, 1988. — С. 415–436.

9. Россивал, Л. Посторонние вещества и пищевые добавки в продуктах / Л. Россивал, Р. Энгст, А. Соколай. — М. 1982. — 264 с.

10. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов: СанПиН 11-63 РБ-98. — Минск, 1999. — С. 218.

11. Богдан, А. С. Экстраполяция результатов оценки биологически активных веществ на *Tetrahymena pyriformis* на теплокровных животных и человека / А. С. Богдан // Актуальные проблемы научного обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и пути их реализации. — Минск, 2000. — С. 16–107.

12. Богдан, А. С. Комплексная биологическая оценка объектов природного и искусственного происхождения на *Tetrahymena pyriformis*: Методические рекомендации № 33-9608 / А. С. Богдан. — Мн., 1996. — 19 с.