

Д.О. Таран¹, Г.О. Жданова¹, М.Н. Саксонов¹, О.А. Бархатова¹, В.А. Быбин¹, Д.И. Стом^{1, 2, 3}

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ НА ТЕСТ-ОБЪЕКТЫ

¹ ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет», г. Иркутск

² Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск

³ Байкальский музей ИНЦ СО РАН, г. Иркутск

Методами биотестирования с использованием беспозвоночных животных (дафнии, парамеции, дождевые черви), высших наземных (семена пшеницы), а также водных растений (элодея, ряска) и микроводорослей (*Scenedesmus quadricauda*) проведено комплексное исследование биологической активности ряда препаратов гуминовых веществ. Выявлены диапазоны концентраций гуматов, оказывающих негативное и стимулирующее действие на тест-организмы. Показана эффективность использования методов биотестирования для оценки действия препаратов гуминовых веществ на биологические объекты.

Ключевые слова: гуминовые вещества, биотестирование

THE EFFECT OF HUMIC SUBSTANCES ON TEST-OBJECTS

D.O. Taran¹, G.O. Zhdanova¹, M.N. Saksonov¹, O.A. Barchatova¹, V.A. Bybin¹,
D.I. Stom^{1, 2, 3}

¹ Irkutsk State University, Irkutsk

² National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk

³ Baikal Museum of Russia Academy of Sciences, Irkutsk

The complex study of a number of humic substances was conducted with help of bioassay methods using invertebrates (*Daphnia*, *paramecium*, earthworms), terrestrial (wheat seeds) and aquatic plants (*elodea*, duckweed) and algae (*Scenedesmus quadricauda*). The ranges of concentrations of humates that have a negative and a stimulating effect on biological objects were identified. The efficiency of biological testing methods to evaluate the effect of humic substances on biological objects is shown.

Key words: humic substances, biological testing

В настоящее время гуминовые вещества (ГВ) все активнее используются в сельском хозяйстве и в охране окружающей среды. При применении гуминовых препаратов улучшается качество сельскохозяйственной продукции, сокращаются сроки вегетации растений, улучшаются свойства и структура почвы. Возрастает урожайность возделываемых культур. ГВ связывая ионы токсичных металлов и переводя их в неподвижные формы, приводят к детоксикации органических экотоксикантов [5, 11]. Одной из возможных мер для обезвреживания нефтепродуктов может быть применение гуматов. ГВ выступают в качестве антидотов для многих загрязнителей. Это делает их перспективными препаратами для рекультивации территорий, загрязненных органическими веществами, в том числе ПАУ и нефтепродуктами [3, 4]. В зависимости от используемых концентраций, ГВ могут, как активировать, так и угнетать физиологическую активность организмов.

Поэтому для использования гуматов необходимо иметь приемы оценки действия их препаратов. В связи со сказанным, цель данной работы – изучение в лабораторных условиях влияния различных препаратов ГВ методами биотестирования с использованием широкого набора тест-объектов – представителей основных трофических уровней [10].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Источниками ГВ служили товарные препараты «Powhumus» (гумат калия из леонардита) производства «Humintech GmbH.» (Германия) и товарные препараты,

выпускаемые ООО «Аграрные Технологии» – «Гумат 80», «Гумат+7», «Гумат-Байкал» (г. Иркутск) (табл. 1).

В качестве тест-объектов использовали парамеции (*Paramecium caudatum* Ehrenberg), дафнии (*Daphnia magna* Straus), дождевых червей (красный калифорнийский гибрид) (*Eisenia foetida Andrei Bouche*), микроводоросли (*Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb.), ряску малую (*Lemna minor* Linne), элодею канадскую (*Elodea canadensis* Rich), семена пшеницы сорта «Заларинка» и пекарские дрожжи (*Saccharomyces cerevisiae*). Элодею и ряску отбирали на р. Ангаре.

Токсичность испытуемых препаратов оценивали по выживаемости дафний, парамеций, по изменению численности и уровня флуоресценции хлорофилла клеток микроводорослей. Влияние на ростовую активность высших водных растений определяли по приросту побегов элодеи в длину и увеличению числа лопастей ряски при 10 суточной экспозиции [6, 7]. Содержание, культивирование и эксперименты проводили в лабораторных условиях согласно методикам токсикологического контроля [6–8].

В опытах с лабораторной культурой дождевых червей тест-откликом являлось выживание в растворах исследуемых ГВ и изменение их поведенческой реакции (времени зарывания) [9].

Для проведения опытов по прорастанию семян пшеницы выбран сорт «Заларинка» (получен в ЗАО «Иркутские семена»). Семена предварительно промывали водой, затем высаживали в образцы почвенных моделей по 20 штук на каждую повторность. В качестве контроля служили образцы почвенных моделей, не содержащие

Таблица 1

Химический состав гуматов, выпускаемых ООО «Аграрные Технологии»

Наименование	«Гумат 80»	«Гумат-Байкал» калия и натрия	«Гумат+7» калия и натрия (стандарт)
Химический состав, %			
Соли гуминовых кислот	82–84	84–88	84–88
Усилитель плодообразования/кущения	–	–	–
Si (водорастворимый)	2–3	4–5	4–5
Элементный состав, % на сухое вещество			
C	48–52	47–51	46–49
O	19–21	18–20	17–19
H	3–4	3–4	3–4
N	–	–	0,8–1,0
K	–	2,3–2,5	4–6
P	–	–	–
S	0,50	0,50	0,75
Ca	1–3	1–3	1–2
Mg	–	–	0,03
Na	6–9	5–8	3–5
Si	10–12	10–11	9–10
Fe	0,20	0,20	0,40
Mn	–	–	0,08
Mo	–	–	0,02
Co	–	–	0,02
Zn	–	–	0,20
B	–	–	0,60
Cu	–	–	0,20
Массовая доля воды, %, не более			
		15%	

ГВ. В этой серии экспериментов продолжительность инкубирования составляла 10 суток при температуре 25 °С и постоянном искусственном освещении (2000 лк). В конце опыта измеряли длину корней проростков.

Для оценки интенсивности подъема пены в суспензии *Saccharomyces cerevisiae* с глюкозой готовили реакционную смесь: 1,36 г сухих дрожжей (препараты «Саф-момент») растворяли в 20 см³ исследуемого раствора, тщательно перемешивали, затем добавляли 0,4 г (2 %) глюкозы. Полученную дрожжевую суспензию разливали в мерные пробирки по 3 см³ и помещали в термостат с температурой 30 °С, инкубировали 15 мин, затем определяли высоту образовавшейся пены.

По этому показателю оценивали степень ингибирующего или стимулирующего воздействия тестируемого соединения на дрожжи. Контролем служила дрожжевая суспензия, приготовленная на основе водопроводной дехлорированной воды [2].

Все эксперименты проводили не менее чем в 5-и независимых опытах с 3 параллельными измерениями. Для статистической обработки полученных данных использовали пакет программ Microsoft Excel. Достоверность различия результатов определяли с помощью критерия Стьюдента. В таблицах представлены средние арифметические значения и их доверительные интервалы при $p \geq 0,95$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ влияния ряда ГВ на тест-объекты позволил сделать следующие заключения. Препараты ГВ по мере увеличения токсического действия повышенных концентраций на тест-объекты располагаются в таком порядке: «Powhumus» < «Гумат 80» < «Гумат+7» < «Гумат-Байкал». Кроме более низкой токсичности из-

учали влияние ряда ГВ на тест-объекты. «Powhumus» и «Гумат 80» имеют и другие преимущества: они лучше растворимы в воде, их растворы имеют меньшую окраску, а значения pH ближе к нейтральному.

Острое токсическое действие на дафний оказывали водные растворы препарата «Powhumus» в концентрации 1,0 г/дм³. При этом фиксировали гибель всех особей. При снижении концентрации данного ГВ до 0,5 г/дм³ наблюдали 54,5 % выживания особей. При содержании «Powhumus» 0,1, 0,05 и 0,01 г/дм³ гибели дафний не отмечали. Растворы «Гумат 80» оказались более токсичными. В концентрациях 1,0 и 0,5 г/дм³ фиксировали гибель всех рачков. При содержании данного препарата 0,1 г/дм³ выживало 67,4 % особей. В более низких концентрациях гибели дафний не отмечали (табл. 2).

Таблица 2
Влияние растворов гуматов на выживаемость дафний (кол-во живых особей по отношению к контролю, %)

Концентрация, г/дм ³	«Powhumus»	«Гумат 80»
1,0	0,0	0,0
0,5	54,5 ± 6,4	0,0
0,1	100,0	67,4 ± 8,7
0,05	100,0	100,0
0,01	100,0	100,0

В опытах с парameциями оба препарата в концентрации 1,5 и 2,0 г/дм³ оказывали негативное действие. «Powhumus» 1,0 г/дм³ не обладал токсичностью. При снижении содержания «Powhumus» до 0,1 г/дм³ наблюдали противоположный эффект – увеличение числа инфузорий относительно контроля (145,7 %). «Гумат 80» обладал острой токсичностью в концентрациях 2,0 г/дм³ и 1,5 г/дм³ (табл. 3).

Таблица 3
Действие растворов гуматов на выживаемость парамеций (кол-во живых особей по отношению к контролю, %)

Концентрация препаратов, г/дм ³	«Powhumus»	«Гумат 80»
2,0	42,2 ± 5,9	12,5 ± 1,9
1,5	70,6 ± 11,2	25,9 ± 4,7
1,0	93,7 ± 12,3	68,1 ± 10,9
0,5	131,2 ± 23,4	100,0
0,1	145,7 ± 21,1	114,9 ± 18,1
0,05	111,5 ± 13,7	100,0

«Powhumus» при содержании 0,1 г/дм³ и 0,05 г/дм³ оказывал выраженное стимулирующее действие на элодею. Увеличение длины стеблей побегов макрофита через 10 суток составляло – 141,4 % и 163,1 %, соответственно. Активацию роста элодеи по сравнению с контролем наблюдали и в растворах 0,01 «Powhumus» на 31,5 %. При увеличении содержания «Powhumus» до 2,5 г/дм³ отмечали подавление роста на 70,5 %, а в концентрации 2,5 г/дм³ фиксировали гибель побегов. «Гумат 80» проявлял более высокую токсичность и по отношению к данному тест-объекту. Так, гибель растений наблюдали в растворах «Гумат 80» 3,0; 2,5 г/дм³. Негативным действием обладали также концентрации 2,0 г/дм³ (прирост 25,8 %) и 1,5 г/дм³ (46,3 %). Стимуляцию прироста побегов фиксировали в растворах 0,01 г/дм³ – 22,7 %. В диапазоне концентраций 0,1–0,5 г/дм³ растворы «Гумат 80» не вызывали прироста побегов элодеи (табл. 4).

Таблица 4
Влияние растворов гуматов на рост побегов элодеи (прирост по отношению к контролю, %)

Концентрация, г/дм ³	«Powhumus»	«Гумат 80»
3,0	Гибель побегов	Гибель побегов
2,5	29,5 ± 2,8	Гибель побегов
2,0	78,1 ± 6,2	25,8 ± 3,4
1,5	77,9 ± 8,0	46,3 ± 5,6
1,0	85,7 ± 9,3	60,3 ± 7,5
0,5	89,7 ± 7,1	78,2 ± 8,6
0,3	115,6 ± 11,6	82,6 ± 7,9
0,1	141,4 ± 15,9	91,5 ± 8,2
0,05	163,1 ± 14,8	113,9 ± 11,7
0,01	131,5 ± 12,5	122,7 ± 11,8
0,005	112,8 ± 10,3	109,1 ± 10,8
0,001	92,6 ± 9,6	91,7 ± 9,9

«Powhumus» стимулировал прирост количества лопастей ряски в концентрациях 0,1–0,01 г/дм³. В растворах гумата 2,5 г/дм³ растения погибали. Раствор «Powhumus» 2,0 г/дм³ обладал острой токсичностью. Токсичными для ряски оказались концентрации 2,5 г/дм³, 2,0 г/дм³. В них фиксировали гибель растений, а при содержании этого гумата 1,5 г/дм³ прирост листочков составил 21,7 %. Подавление роста ряски наблюдали и в присутствии 1,0 г/дм³ «Гумат 80» (табл. 5).

«Powhumus» угнетал численность клеток микроводорослей *Scenedesmus quadricauda*, как при содержании 0,3 г/дм³ (45,2 % к контролю), так и при более высоких его концентрациях. Относительно безопасными могут считаться только растворы 0,05 г/дм³ – 81,8 % и 0,01 г/дм³ – 89,4 %. «Гумат 80» был более токсичным и в опытах с водорослями. Раствор данного препарата

обнаруживал острую токсичность при содержании 0,1 г/дм³ (38,8 % к контролю) (табл. 6).

Таблица 5
Влияние растворов гуматов на количество лопастей ряски (прирост по отношению к контролю, %)

Концентрация, г/дм ³	«Powhumus»	«Гумат 80»
2,5	Гибель растений	Гибель растений
2,0	30,5 ± 3,4	Гибель растений
1,5	81,1 ± 9,6	21,7 ± 3,2
1,0	89,8 ± 9,2	67,9 ± 6,5
0,5	90,3 ± 8,0	84,2 ± 8,7
0,3	105,8 ± 9,5	93,7 ± 9,3
0,1	136,3 ± 12,8	96,3 ± 10,8
0,05	149,5 ± 13,7	111,7 ± 12,4
0,01	131,5 ± 11,9	118,1 ± 10,9
0,005	91,5 ± 10,1	89,1 ± 8,5

Таблица 6
Влияние растворов ГВ на численность клеток водорослей *Scenedesmus quadricauda* (прирост численности клеток по отношению к контролю, %)

Концентрация, г/дм ³	«Powhumus»	«Гумат 80»
0,5	18,3 ± 3,2	2,5 ± 0,7
0,3	45,2 ± 3,8	9,6 ± 1,3
0,1	71,6 ± 7,7	38,8 ± 4,3
0,05	81,8 ± 9,2	67,9 ± 6,1
0,01	89,4 ± 9,5	80,9 ± 8,3

Растворы «Powhumus» 2,0; 1,5 г/дм³ обладали для дождевых червей острой токсичностью – погибало более 50 % экземпляров. При концентрации «Powhumus» 1,0 г/дм³ выживало 100 % особей, однако время зарывания составило 71,1 мин, что значительно превышало контроль (12,4 мин). Результаты таблицы 6 свидетельствуют о более высокой чувствительности поведенческой реакции дождевых червей по сравнению с биотестом, основанным на выживаемости педобионтов. В растворах «Powhumus» 0,1 и 0,5 г/дм³ гибели особей не отмечали, и время зарывания было уже ближе к контролю. В варианте с «Гумат 80» токсичными оказались растворы концентрации 2,0–1,0 г/дм³. Концентрации данного препарата 0,5 и 0,1 г/дм³ не оказывали негативного действия на дождевых червей (выживаемость – 100 % и время зарывания не так сильно отличалось от контроля) (табл. 7).

На следующем этапе исследовали действие ГВ на свойства образцов почвенных моделей. В образцах почвенных моделей с содержанием «Powhumus» 3,0 г/кг прорастания семян не фиксировали. При снижении концентрации гумата до 2,0 г/кг, хотя количество проросших семян не отличалось от контроля, но длина корней проростков была значительно ниже и составляла 1,4 см (при 6,8 см контроле). Стимуляция роста препаратом «Powhumus» особенно хорошо была выражена в образцах почвенных моделей с содержанием гумата 0,5 г/кг, где длина корней проростков составляла 12,6 см. Но и при концентрациях «Powhumus» 1,0 и 0,1 г/кг наблюдали усиление роста растений (табл. 8). «Гумат 80» обладал в условиях наших опытов наиболее высокой ростовой активностью в концентрации 0,1 г/кг.

При концентрациях «Powhumus» 0,1 и 0,05 г/дм³ в суспензиях *Saccharomyces cerevisiae* с глюкозой наблюдали увеличение высоты пены по отношению к контролю. Снижение высоты дрожжевой пены

Таблица 7

Действие растворов гуматов на выживаемость и поведенческую реакцию червей (экспозиция 30 мин)

Концентрация, г/дм ³	«Powhumus»		«Гумат 80»	
	Количество живых по отношению к контролю, %	Время зарывания, мин	Количество живых по отношению к контролю, %	Время зарывания, мин
2,0	15,3 ± 2,1	108,2 ± 11,9	0,0	–
1,5	52,6 ± 6,8	82,5 ± 6,7	17,9 ± 1,8	115,6 ± 15,2
1,0	100,0	71,1 ± 3,6	67,3 ± 6,1	91,4 ± 10,1
0,5	100,0	19,7 ± 2,7	100,0	23,5 ± 2,3
0,1	100,0	15,8 ± 3,6	100,0	18,9 ± 2,2
контроль	100,0	12,4 ± 3,5	100,0	12,4 ± 3,5

фиксировали в концентрациях 1,5 и 1,0 г/дм³. Растворы «Гумат 80» вызывали умеренную стимуляцию подъема пены в концентрациях 0,1 и 0,05 г/дм³. При содержании данного препарата 0,01 г/дм³ высота пены оставалась на уровне контроля (табл. 8).

Таблица 8

Влияние «Powhumus» и «Гумат 80», содержащихся в образцах почвенных моделей на длину корней проростков, см

Концентрация в образцах почвы, г/кг	«Powhumus»	«Гумат 80»
3,0	–	–
2,5	0,9 ± 0,1	–
2,0	1,4 ± 0,2	–
1,5	5,2 ± 0,5	0,7 ± 0,1
1,0	9,1 ± 1,7	1,9 ± 0,2
0,5	12,6 ± 1,6	7,6 ± 0,8
0,1	10,5 ± 0,9	8,3 ± 0,9
Контроль (образцы почвенных моделей, не содержащие ГВ)	6,8 ± 1,0	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, показана эффективность использования биотестов для исследования ГВ. Проведенные исследования выявили, что наиболее высокую чувствительность к препаратам ГВ из испытанных тест-объектов проявляют дафнии и микроводоросли, менее чувствительными оказались ряска и элодея. «Powhumus» и «Гумат 80» в определенных концентрациях увеличивали количество лопастей ряски, стимулировали прирост в длину побегов элодеи и размножение парамеций, увеличивали скорость подъема пены дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Для тестирования ГВ наиболее перспективны методы, основанные на выживаемости дафний, изменении численности и флуоресценции хлорофилла клеток микроводорослей, а для почв – по выживаемости и изменению поведенческих реакций дождевых червей и тест по прорастанию семян.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки России (Соглашение от 14 ноября 2012 № 14.В37.21.1931.; ГК № 14.В37.21.0785 от 24.08.12; ГК № 14.В25.31.0010) и Программы стратегического развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булгаков Н.Г. Контроль природной среды как совокупность методов биоиндикации, экологической диагностики и нормирования // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов: Обзорная информация. ВИНТИ. – 2003. – № 4. – С. 33–70.

2. Вятчина О.Ф., Жданова Г.О., Стом Д.И. Экспрессный прием биологического анализа качества вод с помощью сахаромицетов // Естественные науки. – 2009. – № 4 – С. 133–136.

3. Колотвин А.А., Лобачева А.А. Влияние техногенных органических загрязняющих веществ на биологическую активность почв // Экологическая химия. – 2006. – № 3. – С. 198–201.

4. Королев В.А. Очистка грунтов от загрязнений. – М., 2001. – 365 с.

5. Линник П.Н., Васильчук Т.А. Роль гумусовых веществ в процессах комплексообразования и детоксикации // Гидробиол. журн. – 2001. – Т. 37, № 4. – С. 98–112.

6. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей // ФР.1.39.2007.03223. – М.: Акварос, 2007. – 37 с.

7. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по смертности и изменению плодовитости дафний // ФР.1.39.2007.03222. – М.: Акварос, 2007. – 36 с.

8. Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* Ehrenberg // ФР. 1.39.2006.02506, ПНДФ Т 14.1:2:3.13-06, 16.1:2.3:3.10-06. – М.: Акварос, 2006. – 48 с.

9. Черных Н.А., Потапов Д.С., Стом Д.И. Способ определения влияния водных эмульсий нефтепродуктов при вермикюльтивировании // Патент № 2290801 РФ, С2. – Иркут. Ун-т. – № 2004129004/13; Заявл.01.10.2004; опублик. 10.01.2007.

10. Якименко О.С., Терехова В.А. Гуминовые препараты и оценка их биологической активности для целей сертификации // Почвоведение. – 2011. – № 11. – С. 1334–1343.

11. Perminova I.V. et al. Mediating effects of humic substances in the contaminated environments. Concepts, results and prospects // Viable Methods of Soils and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation. Netherlads: Springer, 2006. – P. 249–273.

REFERENCES

1. Bulgakov N.G. Control of nature medium as a combination of methods of bioindication, ecological diagnostics and normalization // Problemy okruzhajushhej sredy i prirodnyh resursov: Obzornaja informacija. VINITI. – 2003. – № 4. – S. 33–70.

2. Vjatchina O.F., Zhdanova G.O., Stom D.I. Express method of biological analysis of water quality with use of saccharomycetes // *Estestvennye nauki*. – 2009. – № 4 – S. 133–136.

3. Kolotvin A.A., Lobacheva A.A. Influence of technogenous organic polluting substances on biological activity of soils // *Jekologicheskaja himija*. – 2006. – № 3. – S. 198–201.

4. Korolev V.A. Purification of soil from pollution. – M., 2001. – 365 s.

5. Linnik P.N., Vasil'chuk T.A. Role of humus substances in processes of complex-creation and detoxication // *Gidrobiol. zhurn.* – 2001. – T. 37, № 4. – S. 98–112.

6. Method of determination of toxicity of water, water extracts from soils, sediments of sewage and waste products by the change of level of fluorescence of chlorophyll and number of cells of water-plants // FR.1.39.2007.03223. – M.: Akvaros, 2007. – 37 s.

7. Method of determination of toxicity of water, water extracts from soils, sediments of sewage and waste products by mortality and change of prolificacy

of Daphnias // FR.1.39.2007.03222. – M.: Akvaros, 2007. – 36 s.

8. Method of determination of toxicity of waste products, soils, sediments of sewage, surface and subsoil waters by the method of biotesting with use of equally ciliary infusoria *Paramecium caudatum* Ehrenberg // FR. 1.39.2006.02506, PND F T 14.1:2:3.13-06, 16.1:2.3:3.10-06. – M.: Akvaros, 2006. – 48 s.

9. Chernyh N.A., Potapov D.S., Stom D.I. Method of determination of influence of water emulsions of petroleum products at the vermiculture // Patent № 2290801 RF, S2. – Irkut. Un-t. – № 2004129004/13; Zajavl.01.10.2004; opubl. 10.01.2007.

10. Jakimenko O.S., Terehova V.A. Humic preparations and estimation of their biological activity for certification // *Pochvovedenie*. – 2011. – № 11. – S. 1334–1343.

11. Perminova I.V. et al. Mediating effects of humic substances in the contaminated environments. Concepts, results and prospects // *Viable Methods of Soils and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation*. Netherlads: Springer, 2006. – P. 249–273.

Сведения об авторах

Таран Денис Олегович – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории водной токсикологии НИИ биологии ФГБОУ ВПО «ИГУ» (664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 3; тел.: 8 (3952) 34-34-37; e-mail stomd@mail.ru)

Жданова Галина Олеговна – младший научный сотрудник лаборатории водной токсикологии НИИ биологии ФГБОУ ВПО «ИГУ»

Саксонов Михаил Наумович – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории водной токсикологии НИИ биологии ФГБОУ ВПО «ИГУ»

Бархатова Оксана Анатольевна – кандидат биологических наук, доцент географического факультета ФГБОУ ВПО «ИГУ» (664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 126; тел.: 8 (3952) 52-10-89)

Быбин Виктор Александрович – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории водной токсикологии НИИ биологии ФГБОУ ВПО «ИГУ»

Стом Дэвард Иосифович – доктор биологических наук, профессор биолого-почвенного факультета ФГБОУ ВПО «ИГУ»

Information about the authors

Taran Denis Olegovich – candidate of biological sciences, scientific officer of the laboratory of water toxicology of Scientific Institute of biology of Irkutsk State University (Irkutsk, Lenina str., 3, 664003; tel.: 8 (3952) 34-34-37; e-mail stomd@mail.ru)

Zhdanova Galina Olegovna – junior scientific officer of the laboratory of water toxicology of Scientific Institute of biology of Irkutsk State University

Saksonov Mikhail Naumovich – candidate of biological sciences, chief scientific officer of the laboratory of water toxicology of Scientific Institute of biology of Irkutsk State University

Barkhatova Oksana Anatoljevna – candidate of biological sciences, docent of geographic faculty of Irkutsk State University (Irkutsk, Lermontova str., 126, 664033; tel.: 8 (3952) 52-10-89)

Bybin Victor Aleksandrovich – candidate of biological sciences, scientific officer of the laboratory of water toxicology of Scientific Institute of biology of Irkutsk State University

Stom Devard Iosifovich – doctor of biological sciences, professor of biologic faculty of Irkutsk State University