

УДК 597:574.64+592:574.64+577.15
ББК 28.693.32:35.33+28.691:35.33+577.15

И. Л. Голованова, А. И. Аминов

**ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДА РАУНДАП
НА АКТИВНОСТЬ ГЛИКОЗИДАЗ МОЛОДИ РЫБ
И ИХ КОРМОВЫХ ОБЪЕКТОВ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ И pH**

I. L. Golovanova, A. I. Aminov

**INFLUENCE OF THE HERBICIDE ROUNDUP
ON THE ACTIVITY OF GLYCOSIDASE IN YOUNG FISH AND THEIR PREY
AT DIFFERENT TEMPERATURES AND pH LEVEL**

Изучено *in vitro* влияние гербицида Раундап (25 мкг/л) в диапазоне значений температуры 0–20 °С и pH 5,0–8,3 на амилолитическую активность в слизистой оболочке кишечника молоди рыб (каarp, окунь, тюлька) и в организме беспозвоночных (рачковый зоопланктон, личинки хирономид, дрейссена). Установлено, что тормозящее действие Раундапа может усиливаться при кислых pH и низкой температуре. При этом гликозидазы слизистой оболочки кишечника рыб более чувствительны к действию гербицида по сравнению с ферментами их кормовых объектов.

Ключевые слова: рыбы, беспозвоночные, пищеварительные гликозидазы, амилолитическая активность, температура, pH, гербицид Раундап.

In vitro effect of the herbicide Roundup (25 µg/l) on amylolytic activity in the intestinal mucosa of young fish (carp, perch, kilka) and in the body of invertebrates (crustacean zooplankton, chironomid larvae, zebra mussel) in the temperature range of 0–20 °C and pH 5.0–8.3 has been studied. It is established that inhibitory effect of Roundup can be enhanced at acidic pH and low temperature. The glycosidase of fish intestinal mucosa are more sensitive to the action of the herbicide compared with enzymes of their prey.

Key words: fish, invertebrate, digestive glycosidase, amylolytic activity, temperature, pH, herbicide Roundup.

Введение

Среди антропогенных факторов, влияющих на функционирование водных экосистем, важная роль принадлежит ксенобиотикам, количество которых увеличивается с ростом уровня антропогенного загрязнения. Одним из представителей таких веществ является глифосат. На основе его изопропиламинной соли создано много гербицидов, самый известный из которых – Раундап. Он широко используется для уничтожения сорной растительности на полях, в коллекторно-дренажных каналах, оросительных системах и прудах. Период полураспада глифосата в водной среде варьирует от 7 до 14 дней [1], в его разрушении активное участие принимает микробиота [2]. Несмотря на заявленную производителем (фирма «Монсанто», США) безопасность препарата для водных организмов, в последние годы накоплено большое количество данных о токсичности Раундапа для беспозвоночных и рыб [3–6]. Раундап в концентрациях 0,004–10,0 мг/л снижает продуктивность и линейные размеры ветвистоусых рачков [7], оказывает влияние на размножение и развитие моллюсков [4], вызывает нарушения морфологических и физиолого-биохимических показателей у рыб [8–11]. В наших экспериментах установлено, что Раундап в концентрации 0,1–50,0 мкг/л (по глифосату) изменяет амилолитическую и сахарную активность в слизистой оболочке, содержимом кишечника и в целом организме молоди рыб в условиях *in vitro* (температура 20 °С, pH 7,4) [12]. Активность одноименных ферментов в организме беспозвоночных в присутствии Раундапа изменяется как в условиях *in vitro*, так и *in vivo* [7, 13]. В то же время влияние важнейших абиотических факторов – температуры и pH, на активность пищеварительных гликозидаз рыб и их кормовых объектов в присутствии Раундапа до сих пор не изучено.

Цель работы состояла в изучении *in vitro* влияния гербицида Раундап на амилолитическую активность в кишечнике молоди рыб, а также в целом организме беспозвоночных животных при различных значениях температуры и pH.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования – молодь пресноводных костистых рыб: окунь *Perca fluviatilis* L.: $0,63 \pm 0,05$ г, $4,02 \pm 0,09$ см, тюлька *Clupeonella cultriventris* (Nord.): $0,55 \pm 0,03$ г, $3,72 \pm 0,04$ см, карп *Cyprinus carpio* (L.): $1,33 \pm 0,15$ г, $4,03 \pm 0,14$ см, а также беспозвоночные животные: рачковый зоопланктон (суммарные пробы, включающие представителей отр. *Dafniiformes*, *Copepoda* и *Ostracoda*), личинки хирономид *Chironomus plumosus* (L.) и дрейссена *Dreissena polymorpha* (Pall.). Рыб и беспозвоночных животных отлавливали в прибрежной зоне Рыбинского водохранилища в летний период и в течение 1–2 часов доставлялись в лабораторию.

Амилолитическую активность, отражающую суммарную активность ферментов, гидролизующих крахмал – α -амилазы КФ 3.2.1.1, глюкоамилазы КФ 3.2.1.3 и мальтазы КФ 3.2.1.20 – определяли в гомогенатах слизистой оболочки медиального отдела кишечника рыб или целого организма беспозвоночных модифицированным методом Нельсона [14]. Животных помещали на стекло ледяной бани, у рыб извлекали кишечник, у моллюсков предварительно удаляли раковину. При помощи стеклянного гомогенизатора готовили суммарные пробы, включающие нескольких сотен рачков, несколько десятков хирономид или моллюсков или 10–20 экз. молоди рыб, добавляя охлажденный до 2–4 °С раствор Рингера для холоднокровных животных (110 ммоль NaCl, 1,9 ммоль KCl, 1,3 ммоль CaCl₂, pH 7,4) в соотношении 1 : 9. Затем исходный гомогенат дополнительно разводили раствором Рингера в 2–10 раз. Раствор крахмала (18 г/л), используемый в качестве субстрата, готовили на таком же растворе Рингера. Инкубацию гомогенатов и субстратов проводили в течение 30 минут в 18 вариантах экспериментальных условий с использованием двух концентраций Раундапа (0 и 25 мкг/л), трех значений температуры (0, 10 и 20 °С) и трех значений pH (5,0, 7,4 и 8,3). При оценке влияния гербицида гомогенаты предварительно выдерживали в присутствии Раундапа (произведен и расфасован ЗАО «Август», Россия) в течение 1 часа при соответствующих значениях температуры и pH. Концентрация Раундапа 25 мкг/л (рассчитанная по глифосату) выбрана в качестве действующей на гликозидазы рыб и беспозвоночных [13], и она в 100 раз ниже значений ЛК₅₀ для этих гидробионтов [7, 9]. Выбор диапазона температуры обусловлен ее средними сезонными значениями для водоёмов умеренных широт России (0–3 °С зимой, 10 °С – весной и осенью, 20 °С – летом), а выбор pH – диапазоном изменений показателя в пищеварительном тракте рыб [15]. Ферментативную активность в каждой точке определяли в пяти повторностях с учетом фона (содержания глюкозы в исходном гомогенате) и выражали в микромолях продуктов реакции, образующихся за 1 мин инкубации ферментативно-активного препарата и субстрата в расчете на 1 г влажной массы ткани (мкмоль/(г · мин)). Полученные результаты представлены в виде средних и их ошибок. Достоверность различий оценивали с помощью одно- и многофакторного анализа (ANOVA, LSD-тест) при $p = 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Максимальный уровень амилолитической активности у всех исследованных видов рыб выявлен при температуре 20 °С и pH 7,4 в отсутствие Раундапа (табл. 1).

Таблица 1

Влияние Раундапа на амилолитическую активность
слизистой оболочки кишечника молоди рыб

Температура, °С	Концентрация Раундапа, мкг/л	Амилолитическая активность, мкмоль/(г · мин)		
		Значения pH		
		5,0	7,4	8,3
Окунь				
0	0	$0,70 \pm 0,01$	$0,69 \pm 0,02$	$0,61 \pm 0,01$
	25	$0,61 \pm 0,03^*$	$0,81 \pm 0,05$	$0,59 \pm 0,01$
10	0	$1,11 \pm 0,02$	$1,27 \pm 0,03$	$0,94 \pm 0,03$
	25	$1,06 \pm 0,03$	$1,26 \pm 0,02$	$0,90 \pm 0,02$
20	0	$2,17 \pm 0,05$	$2,18 \pm 0,12$	$1,44 \pm 0,03$
	25	$2,07 \pm 0,02$	$2,20 \pm 0,06$	$1,47 \pm 0,02$
Тюлька				
0	0	$0,50 \pm 0,00$	$0,92 \pm 0,05$	$0,38 \pm 0,08$
	25	$0,10 \pm 0,00^*$	$0,82 \pm 0,13$	$0,10 \pm 0,00^*$
10	0	$2,28 \pm 0,04$	$3,00 \pm 0,05$	$1,94 \pm 0,07$
	25	$1,80 \pm 0,13^*$	$2,64 \pm 0,07^*$	$1,30 \pm 0,08^*$
20	0	$4,00 \pm 0,06$	$4,60 \pm 0,19$	$3,42 \pm 0,13$
	25	$3,06 \pm 0,20^*$	$3,40 \pm 0,14^*$	$3,10 \pm 0,11$

Температура, °С	Концентрация Раундапа, мкг/л	Амилолитическая активность, мкмоль/(г · мин)		
		Значения pH		
		5,0	7,4	8,3
Карп				
0	0	11,0 ± 2,22	24,2 ± 2,94	20,1 ± 2,74
	25	6,40 ± 0,46*	27,4 ± 2,98	12,3 ± 3,03*
10	0	11,0 ± 1,83	49,4 ± 2,21	50,7 ± 5,18
	25	6,86 ± 0,72*	54,9 ± 2,40	53,5 ± 1,71
20	0	13,7 ± 3,31	117,0 ± 2,33	113,0 ± 1,71
	25	9,60 ± 1,68*	93,3 ± 3,10*	113,0 ± 4,43

* Различия показателей в присутствии и в отсутствие Раундапа статистически достоверны при одних и тех же значениях температуры и pH, $p < 0,05$.

При этих значениях температуры и pH Раундап снижает ферментативную активность у карпа на 20 %, у тюльки – на 26 % от контроля, у окуня изменения отсутствуют. В зоне кислых pH тормозящий эффект Раундапа у тюльки и карпа увеличивается в 1,5–3 раза, особенно при низкой температуре. Так, при температуре 0 °С и pH 5,0 амилолитическая активность снижается на 14 % у окуня, на 42 % у карпа и на 80 % у тюльки по сравнению с таковой в отсутствие Раундапа. В зоне щелочных pH у окуня достоверных эффектов не выявлено, в то время как у карпа и тюльки тормозящий эффект Раундапа при температуре 0 °С составил 39 и 74 % от контроля соответственно. Таким образом, однофакторный анализ выявил усиление эффектов Раундапа при изменении pH и снижении температуры инкубационной среды, в большей степени у тюльки, в меньшей – у окуня. Применение полифакторного анализа показало наибольшее снижение амилолитической активности при комплексном действии температуры 0 °С, pH 5,0 и Раундапа: у окуня на 72 %, у карпа на 95 %, у тюльки на 98 % от таковой при температуре 20 °С, pH 7,4 в отсутствие Раундапа. При этом если у окуня эффект обусловлен в основном совместным действием температуры и pH, то у тюльки и карпа статистически достоверное усиление эффекта отмечено при действии всех трех факторов ($p < 0,0001$).

Максимальный уровень амилолитической активности в организме беспозвоночных выявлен при температуре 20 °С и pH 7,4 в отсутствие Раундапа (табл. 2). В этих условиях тормозящий эффект Раундапа на амилолитическую активность у зоопланктона и дрейссены составил 7–8 % и был статистически недостоверен ($p > 0,05$).

Таблица 2

Влияние Раундапа на амилолитическую активность в организме беспозвоночных

Температура, °С	Концентрация Раундапа, мкг/л	Амилолитическая активность, мкмоль/(г · мин)		
		Значения pH		
		5,0	7,4	8,3
Зоопланктон				
0	0	0,29 ± 0,04	0,45 ± 0,02	0,52 ± 0,03
	25	0,26 ± 0,01	0,53 ± 0,03	0,52 ± 0,02
10	0	0,77 ± 0,04	1,29 ± 0,02	1,32 ± 0,01
	25	0,61 ± 0,04*	1,36 ± 0,03	1,33 ± 0,02
20	0	1,14 ± 0,02	2,15 ± 0,17	1,89 ± 0,05
	25	0,96 ± 0,03*	1,99 ± 0,05	1,97 ± 0,03
Хирономиды				
0	0	3,74 ± 0,14	4,27 ± 0,13	3,52 ± 0,13
	25	4,00 ± 0,11	4,32 ± 0,15	3,76 ± 0,07
10	0	4,27 ± 0,11	4,27 ± 0,06	4,11 ± 0,11
	25	3,54 ± 0,06*	4,46 ± 0,24	3,79 ± 0,14
20	0	4,18 ± 0,09	5,60 ± 0,17	4,78 ± 0,07
	25	3,81 ± 0,13	6,00 ± 0,25	4,96 ± 0,18
Дрейссена				
0	0	1,00 ± 0,06	1,09 ± 0,06	0,69 ± 0,05
	25	1,03 ± 0,03	1,04 ± 0,05	0,85 ± 0,05
10	0	1,07 ± 0,04	1,32 ± 0,02	0,80 ± 0,04
	25	1,07 ± 0,06	1,23 ± 0,05	0,79 ± 0,03
20	0	1,49 ± 0,08	1,99 ± 0,08	0,96 ± 0,03
	25	1,38 ± 0,05	1,84 ± 0,05	1,09 ± 0,05

* Различия показателей в присутствии и в отсутствие Раундапа статистически достоверны при одних и тех же значениях температуры и pH, $p < 0,05$.

При смещении рН в кислую сторону тормозящий эффект Раундапа у зоопланктона усиливается в 2–3 раза и составляет 16 и 21 % от контроля при температуре 20 и 10 °С соответственно. Торможение амилолитической активности на 17 % у хирономид в присутствии Раундапа отмечено лишь при температуре 10 °С и рН 5,0, у дрейссены достоверные эффекты отсутствуют. В зоне щелочных значений рН эффекты гербицида не выявлены. При комплексном действии трёх факторов наибольшее снижение амилолитической активности на 29 % у хирономид, на 65 % у дрейссены и на 88 % у зоопланктона отмечено при температуре 0 °С, рН 5,0 и в присутствии Раундапа по сравнению с максимальным уровнем, отмеченным при температуре 20 °С, рН 7,4 в отсутствие гербицида. Однако в значительной мере эти эффекты обусловлены лишь совместным действием низкой температуры и рН ($p < 0,0001$).

Несмотря на то, что в последнее время токсическое влияние глифосата на рыб и беспозвоночных исследуется довольно интенсивно, биохимические механизмы его действия до сих пор не выяснены. Усиление тормозящего действия Раундапа на активность гликозидаз в зоне низких значений рН хорошо согласуется с представлениями о том, что токсичность глифосата вызвана главным образом его высокой кислотностью [5]. Несмотря на то, что токсический эффект Раундапа часто связывают с действием глифосата, установлено, что добавляемый в состав гербицида инертный компонент полиоксиэтиленамин может быть гораздо более токсичным, чем активный ингредиент [3, 5]. При этом результаты тестов с *Hydra attenuate* Pallas показали, что соотношение токсичности активного и вспомогательного компонентов может меняться в зависимости от концентрации гербицида [16]. Поскольку углеводы играют важную роль в энергетическом и пластическом обмене организма, а гидролазы жертвы могут принимать участие в пищеварении у рыб и обеспечивать аутодеградацию собственных тканей, изучение характеристик указанных ферментов при действии Раундапа представляет значительный интерес не только для экологической физиологии, но и для практики рыбного хозяйства. Результаты экспериментов *in vitro* позволяют не только расширить представления о токсичности этого гербицида в диапазоне значений температуры и рН, характерных для водоемов средней полосы России и пищеварительного тракта рыб, но и выявить негативные эффекты до появления видимых отклонений от нормы.

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о разной устойчивости гликозидаз, гидролизующих полисахариды в слизистой оболочке кишечника молоди рыб и в организме беспозвоночных, входящих в состав их кормовой базы, к *in vitro* действию Раундапа (25 мкг/л) в диапазоне значений температуры 0–20 °С и рН 5,0–8,3. Максимальное торможение амилолитической активности в присутствии Раундапа показано при кислых значениях рН в кишечнике тюльки и карпа, в меньшей степени – у зоопланктона и хирономид. Снижение температуры при кислых рН усиливает тормозящий эффект Раундапа у зоопланктона и молоди исследованных видов рыб, при щелочных рН – лишь у тюльки и карпа. Гликозидазы окуня и дрейссены наиболее устойчивы к действию гербицида. Совместное действие температуры 0 °С, кислых рН и Раундапа снижает амилолитическую активность в слизистой оболочке кишечника молоди рыб на 72–98 %, у беспозвоночных животных – лишь на 29–88 %. При этом у беспозвоночных тормозящий эффект при действии 3-х факторов в основном обусловлен совместным действием температуры и рН, а у питающейся ими молоди рыб вклад Раундапа в совместный эффект статистически значим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Giesy J. P., Dobson S., Solomon K. R. Ecotoxicological risk assessment for Roundup herbicide // Rev. Environ. Contam. Toxicol. – 2000. – Vol. 167. – P. 35–120.
2. Karpouzias D. G., Singh B. K. Microbial degradation of organophosphorus xenobiotics: metabolic pathway and molecular basis // Adv. Microb. Physiol. – 2006. – Vol. 51. – P. 119–185.
3. Folmar L. C., Sanders H. O., Julin A. M. Toxicity of the herbicide glyphosate and several of its formulations to fish and aquatic invertebrates // Arch. Environ. Contam. Toxicology. – 1979. – Vol. 8. – P. 269–278.
4. Tate T. M., Spurlock J. O., Christian F. A. Effect of Glyphosate on the Development of Pseudosuccinea columella Snails // Arch. Environ. Contam. Toxicol. – 1997. – Vol. 33, N 3. – P. 286–289.
5. Tsui M. T. K., Chu L. M. Aquatic toxicity of glyphosate-based formulations: comparison between different organisms and the effects of environmental factors // Chemosphere. – 2003. – Vol. 52, N 7. – P. 1189–1197.
6. Влияние гербицидов различной химической структуры на углеводный обмен в организме карпа /

- A. A. Жиденко, Е. В. Бибчук, О. Б. Мехед, В. В. Кривопишина // Гидробиол. журнал. – 2009. – Т. 45, № 5. – С. 70–80.
7. Папченкова Г. А., Голованова И. Л., Ушакова Н. В. Репродуктивные показатели, размеры и активность гидролаз у *Daphnia magna* в ряду поколений при действии гербицида Раундап // Биология внутренних вод. – 2009. – № 3. – С. 105–110.
 8. Biochemical and histopathological effects of glyphosate herbicide on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) / W. Jiraungkoorskul, E. S. Upatham, M. Kruatrachue, S. Sahaphong S. // Environ. Toxicol. – 2003. – Vol. 18, N 4. – P. 260–267.
 9. Langiano V. C., Martinez C. B. R. Toxicity and effects of a glyphosate-based herbicide on the neotropical fish *Prochilodus lineatus* // Comp. Biochem. Physiol. – 2008. – Vol. 147, N 2. – P. 222–231.
 10. Low toxic herbicide Roundup induces mild oxidative stress in goldfish tissues / O. V. Lushchak, O. I. Kubrak, J. M. Storey, K. B. Storey, V. I. Lushchak // Chemosphere. – 2009. – Vol. 52, N 7. – P. 932–937.
 11. Toxicological responses of *Cyprinus carpio* exposed to a commercial formulation containing glyphosate / R. Cattaneo, B. Clasen, V. L. Loro et al. // Bull. Environ. Contam. Toxicol. – 2011. – Vol. 87, N 6. – P. 597–602.
 12. Голованова И. Л., Филиппов А. А., Аминов А. И. Влияние гербицида Раундап in vitro на активность карбогидраз молодых рыб // Токсикол. вестн. – 2011. – № 5. – С. 31–35.
 13. Голованова И. Л., Папченкова Г. А. Влияние гербицида Раундап на активность карбогидраз рачкового зоопланктона и молодые плотвы // Токсикол. вестн. – 2009. – № 4. – С. 32–35.
 14. Уголев А. М., Иезуитова Н. Н. Определение активности инвертазы и других дисахаридаз // Исследование пищеварительного аппарата у человека. – Л.: Наука, 1969. – С. 192–196.
 15. Deguara S., Jaucey K., Agius C. Enzyme activities and pH variations in the digestive tract of gilthead sea bream // J. Fish Biol. – 2003. – Vol. 62, N 5. – P. 1033–1043.
 16. Effects of pesticide formulations and active ingredients on the Coelenterate *Hydra attenuata* (Pallas, 1766) / P. M. Dimetrio, G. D. Bulus Rossini, C. A. Bonetto, A. E. Ronco // Bull. Environ. Contam. Toxicol. – 2011. – Vol. 88, N 1. – P. 597–602.

REFERENCES

1. Giesy J. P., Dobson S., Solomon K. R. Ecotoxicological risk assessment for Roundup herbicide. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 2000, vol. 167, pp. 35–120.
2. Karpouzias D. G., Singh B. K. Microbial degradation of organophosphorus xenobiotics: metabolic pathway and molecular basis. *Adv. Microb. Physiol.*, 2006, vol. 51, pp. 119–185.
3. Folmar L. C., Sanders H. O., Julin A. M. Toxicity of the herbicide glyphosate and several of its formulations to fish and aquatic invertebrates. *Arch. Environ. Contam. Toxicology*, 1979, vol. 8, pp. 269–278.
4. Tate T. M., Spurlock J. O., Christian F. A. Effect of Glyphosate on the Development of *Pseudosuccinea columella* Snails. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 1997, vol. 33, no. 3, pp. 286–289.
5. Tsui M. T. K., Chu L. M. Aquatic toxicity of glyphosate-based formulations: comparison between different organisms and the effects of environmental factors. *Chemosphere*, 2003, vol. 52, no. 7, pp. 1189–1197.
6. Zhidenko A. A., Bibchuk E. V., Mekhed O. B., Krivopishina V. V. Vliianie gerbitsidov razlichnoi khimicheskoi struktury na uglevodnyi obmen v organizme karpa [Influence of herbicides of different chemical composition on the carbohydrate metabolism in the carp organism]. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 2009, vol. 45, no. 5, pp. 70–80.
7. Papchenkova G. A., Golovanova I. L., Ushakova N. V. Reproductivnye pokazateli, razmery i aktivnost' gidrolaz u *Daphnia magna* v riadu pokolenii pri deistvii gerbitsida Raundap [Reproductive indices, sizes and activity of hydrolase of *Daphnia magna* of different generations under the action of herbicide Roundup]. *Biologiya vnutrennikh vod*, 2009, no. 3, pp. 105–110.
8. Jiraungkoorskul W., Upatham E. S., Kruatrachue M., Sahaphong S. Biochemical and histopathological effects of glyphosate herbicide on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Environ. Toxicol.*, 2003, vol. 18, no. 4, pp. 260–267.
9. Langiano V. C., Martinez C. B. R. Toxicity and effects of a glyphosate-based herbicide on the neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 2008, vol. 147, no. 2, pp. 222–231.
10. Lushchak O. V., Kubrak O. I., Storey J. M., Storey K. B., Lushchak V. I. Low toxic herbicide Roundup induces mild oxidative stress in goldfish tissues. *Chemosphere*, 2009, vol. 52, no. 7, pp. 932–937.
11. Cattaneo R., Clasen B., Loro V. L. et al. Toxicological responses of *Syprinus carpio* exposed to a commercial formulation containing glyphosate. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 2011, vol. 87, no. 6, pp. 597–602.
12. Golovanova I. L., Filippov A. A., Aminov A. I. Vliianie gerbitsida Raundap in vitro na aktivnost' karbogidraz molodi ryb [Influence of herbicide Roundup in vitro on the activity of carbohydraz of young fish]. *Toksikologicheskii vestnik*, 2011, no. 5, pp. 31–35.
13. Golovanova I. L., Papchenkova G. A. Vliianie gerbitsida Raundap na aktivnost' karbogidraz rachkovogo zooplanktona i molodi plotvy [Influence of herbicide Roundup on the activity of carbohydraz of crustacean zooplankton and young roach]. *Toksikologicheskii vestnik*, 2009, no. 4, pp. 32–35.
14. Ugolev A. M., Iezuitova N. N. *Opređenje aktivnosti invertazy i drugikh disakharidaz* [Determination

of the activity of invertase and other disaccharidases]. *Issledovanie pishchevaritel'nogo apparata u cheloveka* [Investigation of digestive apparatus of a man]. Leningrad, Nauka Publ., 1969, pp. 192–196.

15. Deguara S., Jaucey K., Agius C. Enzyme activities and pH variations in the digestive tract of gilthead sea bream. *J. Fish Biol.*, 2003, vol. 62, no. 5, pp. 1033–1043.

16. Dimetrio P. M., Bulus Rossini G. D., Bonetto C. A., Ronco A. E. Effects of pesticide formulations and active ingredients on the Coelenterate *Hydra attenuata* (Pallas, 1766). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 2011, vol. 88, no. 1, pp. 597–602.

Статья поступила в редакцию 7.11.2012

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Голованова Ирина Леонидовна – Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук, Ярославская область, поселок Борок; г-р биол. наук, старший научный сотрудник; главный научный сотрудник лаборатории экологии рыб; golovanova5353@mail.ru.

Golovanova Irina Leonidovna – I. D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters of Russian Academy of Sciences, Yaroslavl region, Borok; Doctor of Biological Sciences, Senior Research Worker; Major Research Scientist of the Laboratory of Fish Ecology; golovanova5353@mail.ru.

Аминов Александр Иванович – Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук, Ярославская область, поселок Борок; аспирант лаборатории экологии рыб; alexsis89@rambler.ru.

Aminov Alexander Ivanovich – I. D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters of Russian Academy of Sciences, Yaroslavl region, Borok; Postgraduate Student of the Laboratory of Fish Ecology; alexsis89@rambler.ru.