

УДК 628.394.17:574.5

UDC 628.394.17:574.5

03.00.00. Биологические науки

Biology

**ХРОНИЧЕСКАЯ ТОКСИЧНОСТЬ
ИМИДАЗОЛИНОНОВОГО ГЕРБИЦИДА
ИМАЗЕТАПИР ДЛЯ ПРЕСНОВОДНЫХ
ОРГАНИЗМОВ РАЗНЫХ
СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ГРУПП**

**CHRONIC TOXICITY OF IMIDAZOLINONE
HERBICIDE CALLED IMAZETHAPYR TO
FRESHWATER ORGANISMS OF VARIOUS
SYSTEMATIC GROUPS**

Федорова Елена Анатольевна
к.б.н.
elena_viva@mail.ru

Fedorova Elena Anatolyevna
Candidate of Biology

Зинчук Ольга Анатольевна
к.б.н.

Zinchuk Olga Anatolyevna
Candidate of Biology

Бессчетнова Лариса Михайловна

Besschetnova Larisa Mikhailovna

Сороколетова Галина Викторовна
*Азовский НИИ Рыбного Хозяйства (ФГУП
«АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону, Россия*

Sorokoletova Galina Viktorovna
*Azov Fisheries Research Institute (AzNIIRKH),
Rostov-on-Don, Russia*

В статье представлены материалы по воздействию на гидробионтов гербицида Имазетапир. Исследовано хроническое токсическое действие имидазолинонового гербицида в диапазоне концентраций 0,4 – 1150 мг/л на представителей различных групп гидробионтов: зообентоса – катушка роговая (*Planorbarius corneus*), зоопланктона – дафния (*Daphnia magna* Straus), фитопланктона – протококковая водоросль (*Scenedesmus quadrigauda*) и макрофитов – высшая водная растительность (*Elodea canadensis* Michx). Показано, что гербицид не обладает выраженным летальным действием для исследованных гидробионтов. Значения ЛК50 для них составляют >1000, 680, 510 и 910, соответственно. К его сублетальному действию наиболее чувствительны элодея (замедление роста боковых и основного побегов в концентрации 10 мг/л и выше), у дафний снижение плодовитости наблюдается в концентрации 300 мг/л и выше, у катушки сублетальные эффекты не выявлены во всем диапазоне исследованных концентраций

The article presents the results on the effects of Imazethapyr herbicide on aquatic organisms. The chronic toxic effects have been studied of the imidazolinone herbicide in a concentration range of 0.4 - 1150 mg/l to the representatives of various groups of aquatic organisms: zoobenthos – great ramshorn snail (*Planorbarius corneus*), zooplankton - *Daphnia* (*Daphnia magna* Straus), phytoplankton - protococcal alga (*Scenedesmus quadrigauda*) and macrophytes - higher aquatic vegetation (*Elodea canadensis* Michx). It is shown that the herbicide does not have a pronounced lethal effect to aquatic organisms tested. Their respective LC50 values are > 1000, 680, 510 and 910. *Elodea* is shown to be most sensitive to its sublethal effects (decreased growth of lateral and main sprouts at a concentration of 10 mg/l and more), reduced fertility was observed in *Daphnia* at a concentration of 300 mg/l and above, and as to the great ramshorn snail no sublethal effects have been revealed for all the concentrations studied

Ключевые слова: ГЕРБИЦИДЫ, ИМАЗЕТАПИР, ТОКСИЧНОСТЬ, ВЫЖИВАЕМОСТЬ, ГИДРОБИОНТЫ, ЗООБЕНТОС, ЗООПЛАНКТОН, ФИТОПЛАНКТОН, МАКРОФИТЫ

Keywords: HERBICIDES, IMAZETHAPYR, TOXICITY, SURVIVAL RATE, HYDROBIONTS, ZOOBENTHOS, ZOOPLANKTON, PHYTOPLANKTON, MACROPHYTES

Введение. Пестициды - одна из групп соединений, которые человек в последнее время всё шире применяет в сельскохозяйственных целях.

Ассортимент препаратов, применяемых в качестве пестицидов в разных странах, непрерывно совершенствуется. Токсичные и

персистентные вещества заменяются более безопасными и менее стойкими. В настоящее время создаются пестициды новых поколений [4,14]. Важным является изучение поведения таких современных пестицидов в водных экосистемах. Последнее вызвано тем, что гидробионты, вследствие определенных физико-химических особенностей самой среды обитания и процессов их взаимодействия с этой средой, оказываются в большинстве случаев наиболее чувствительными к антропогенному загрязнению экосистем[2,1].

К новому современному классу пестицидов относятся имидазолиноновые гербициды. Они были синтезированы в 1970 году и относятся к пестицидам будущего [15]. Представителем класса имидазолинонов является *Имазетапир*. На основе *Имазетапира* создано несколько препаративных форм (*Фабриан*, *Тапир*, *Пивот*). Механизм действия *Имазетапира* основан на ингибировании синтеза ацетолактатсинтазы - фермента, ответственного за синтез аминокислот с разветвленной боковой цепью (валина, лейцина, изолейцина). Гербицидное действие выражается в подавлении процессов деления и роста клеток меристем. Как следствие, первыми симптомами проявления активности препарата является резкое замедление роста растений. Листья наиболее чувствительных из них становятся хлоротичными в течение 1-3 недель после обработки, точки роста последовательно отмирают и сорняки погибают[10].

Поскольку гербициды класса имидазолинонов блокируют ферменты растений, отличающие от ферментов животных, поэтому предполагается, что они должны быть практически нетоксичны для последних. Тем не менее, экспериментальные данные свидетельствуют, что новые химические классы пестицидов являются высокотоксичными для тех или иных групп гидробионтов [13].

Цель исследований - изучение хронической токсичности *Имазетапир* для пресноводных организмов разных систематических групп: зообентоса, зоопланктона, фитопланктона, а также макрофитов.

Материалы и методика исследования. Объектами исследования являлись следующие водные организмы: брюхоногие моллюски - катушка роговая (*Planorbarius corneus*); зоопланктонные организмы - дафния (*Daphnia magna Straus*); культура микроводорослей - протококковая водоросль (*Scenedesmus quadrigauda*); высшая водная растительность (*Elodea canadensis Michx*).

Опыты на дафниях и катушке роговой ставили в трех параллелях, суммарная величина выборок по каждой концентрации и контролю – 30 экз. Для исследований на моллюсках использовали половозрелых особей одного размера, веса и цвета раковины, активно передвигающихся и потребляющих корм. Регистрировали: выживаемость, прирост биомассы, плодовитость (число кладок, количество яиц в них, сроки выклева молоди). Диапазон исследованных концентраций – 100-1000 мг/л.

Для экспериментов на дафниях, использовали особей, начиная с третьего поколения, полученного в лаборатории. Основными показателями действия изучаемых веществ на дафний были выживаемость, общая плодовитость, интенсивность полового созревания, возрастной состав популяции, биомасса. Исследовалось количество и качество потомства в трех поколениях. Диапазон концентраций – 50-1150 мг/л.

Для опытов на микроводорослях использовалась альгологически чистая стандартизированная культура сценедесмуса. Опыты ставили в трех повторностях с экспозицией 21 сут. Токсичность гербицида устанавливали по следующим показателям: визуальные наблюдения за состоянием культуры, изменение численности клеток водорослей, определение живых и мертвых клеток методом окрашивания метиленовым синим. Диапазон – 0,4 мг/л-1000 мг/л.

Для исследований на макрофитах брали верхушки зеленых неповрежденных побегов элодеи длиной 5 см. Эксперименты ставили в трех повторностях (по 5 экз.). Оценивали: общее состояние растений (изменение окраски, повреждение и отмирание точек роста, потеря тургора); выживаемость и прирост основного побега; число и длина боковых отростков. Диапазон исследованных концентраций – 2-1000 мг/л.

В исследованиях использовался химически чистый продукт (д.в.), производства фирмы «Цзянсу Институт оф Экомонес Ко.,Лтд»,Китай. Химическое название вещества по IUPAC: (RS)-5-этил-2-(4-изопропил-4-метил-5-оксо-2-имидазолин-2-ил) никотиновая кислота. В связи высокой стабильностью вещества ($DT_{50} = 9,6$ месяцев) [10], смена токсических растворов не проводилась. Все опытные концентрации препарата *Имазетапир* готовились в пределах его растворимости (1,4 г/л при 25⁰С) [10]. Все исследования на гидробионтах проводили на фоне контроля, который ставили в аналогичных опыту условиях, но без внесения токсиканта.

Полученные в экспериментах результаты подвергали статистической обработки [6], используя t-критерий Стьюдента для малых выборок и оценивая резко отклоняющиеся варианты по критерию Шовене [5].

Различия между двумя выборками считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждения. Исследования выживаемости тест-объектов в хроническом эксперименте были рассчитаны токсикометрические параметры. Наименее устойчива к действию *Имазетапира* культура микроводорослей (Таблица 1).

Таблица 1 - Значения летальных концентраций (ЛК) при действии *Имазетапир* на гидробионты

Токсикометрические параметры, мг/л	Моллюски (<i>Planorbarius corneus</i>) штук	Дафнии (<i>Daphnia magna Straus</i>) штук	Элодея (<i>Elodea canadensis Michx</i>) см,	Сценедесмус (<i>Scenedesmus quadrigauda</i>) nx10 ⁶ в мл
ЛК ₀	1000	46,6	163,8	31,2
ЛК ₁₆	>1000	279,2	390,0	206,0
ЛК ₅₀	-	680,5	910,0	510,0

Фитопланктон – первичное звено в трофической цепи водоемов, быстро реагирующее на любые внешние воздействия, которое определяет состояние и продуктивность водных экосистем [7].

Наиболее характерными показателями жизнедеятельности микроводорослей является визуальные наблюдения за состоянием культуры и динамика численности микроводорослей. В растворе с концентрацией препарата 0,4 мг/л численность микроводорослей была в норме. Визуальных и морфологических изменений в состоянии культуры микроводорослей также не было. При концентрациях гербицида 2 и 10 мг/л наблюдалось достоверное превышение контрольных показателей на 3, 6, 21 сутки опыта (отклонения не превышало 25%) и на 3, 6, 9, 14, 21 (отклонения не превышало 44%), соответственно. Начиная с концентрации 250 мг/л, *Имазетапир* подавляет прирост культуры сценедесмуса, достоверно отклонение от контроля с 6 по 14 сутки опыта. С 9-х суток эксперимента, в этой же концентрации, цвет суспензии водорослей приобрел желтоватый оттенок, культура оседала на дне сосудов в виде хлопьев, появились морфологические отличия (распад ценобиев, зернистость цитоплазмы). В концентрациях токсиканта 500 и 1000 мг/л достоверно подавление роста микроводорослей на протяжении всего эксперимента. С 14-х суток появились морфологические изменения клеток (ценобии одноклеточные, цитоплазма свернута, часть клеток имеет неправильную форму), цвет культуры с 3-х суток имел желтый оттенок. Установлено, что по влиянию на численность клеток в культуре

сценедесмуса недействующей является концентрация 0,4 мг/л, пороговой - 2 мг/л (Таблица 2).

Таблица 2 - Численность микроводорослей в различные сроки экспозиции при действии разных концентраций *Имазетапира*

Концентрация, мг/л.	Экспозиция, сутки				
	3	6	9	14	21
<u>Контроль</u>	0,691±0,006	0,709±0,013	0,965±0,066	1,032±0,022	1,117±0,059
<u>0,4</u>	0,709±0,029	0,716±0,028	0,996±0,039	1,064±0,060	1,188±0,037
<u>2,0</u>	0,855±0,031*	0,887±0,046*	1,043±0,046	1,156±0,084	1,38±0,067*
<u>10,0</u>	0,89±0,042*	0,88±0,058*	1,177±0,03*	1,17±0,019*	1,606±0,123*
<u>50,0</u>	0,745±0,022	0,745±0,022	0,965±0,022	1,082±0,055	1,103±0,087
<u>250,0</u>	0,667±0,013	0,564±0,016*	0,667±0,036*	0,766±0,077*	0,702±0,059*
<u>500,0</u>	0,635±0,009*	0,479±0,028*	0,560±0,020*	0,663±0,043*	0,528±0,076*
<u>1000,0</u>	0,241±0,015*	0,184±0,044*	0,128±0,025*	0,149±0,022*	0,475±0,068*
Примечание: Исходная численность в начале опыта 0,489 млн. кл./см ³ * - достоверное снижение значений относительно контроля (P<0,05)					

Высшие пресноводные растения образуют основную фитомассу водоемов, являются основным звеном, создающим первичное органическое вещество и выделяющим кислород. Элодея – представитель погруженных растений, широко распространены в стоячих водоемах умеренной зоны [7].

В экспериментах на элодее хроническое действие гербицида проявлялось в изменении ростовых показателей растений. В концентрации 2 мг/л рост основного и боковых побегов элодеи в течение всего опыта не отличался от нормы. С увеличением концентрации состояние растений ухудшалось. Достоверное снижение прироста основного и боковых побегов наблюдалось в концентрациях 10 мг/л и выше на 20-е и 30-е сутки эксперимента. При воздействии *Имазетапира* на высшую водную

растительность по изученным показателям недействующая концентрация 2 - мг/л, пороговая – 10 мг/л (Таблица 3).

Таблица 3 - Прирост основного и боковых побегов элодеи при воздействии различных концентраций *Имазетапир* в пересчете на одно растение в см

Концентрация, мг/л	Экспозиция, сутки		
	10	20	30
Прирост основного побега элодеи			
Контроль n	2,28 ± 0,30 15	2,98 ± 0,37 15	3,89 ± 0,28 15
2,0 n	2,05 ± 0,23 15	2,64 ± 0,32 15	3,66 ± 0,31 15
10,0 n	2,64 ± 0,24 15	2,80 ± 0,28 15	3,06 ± 0,25* 15
50,0 n	2,60 ± 0,34 15	2,64 ± 0,27 15	2,71 ± 0,28* 15
250,0 n	1,66 ± 0,26 15	1,76 ± 0,26 15	1,50 ± 0,36* 14
Прирост боковых побегов элодеи			
Контроль n ₁	0,57 ± 0,11 5	1,26 ± 0,12 8	2,04 ± 0,18 14
2,0 n ₁	0,48 ± 0,09 4	71,19 ± 0,14 7	2,22 ± 0,21 13
10,0 n ₁	0,38 ± 0,05 4	0,95 ± 0,07* 5	1,55 ± 0,14* 10
50,0 n ₁	0,33 ± 0,04 3	0,67 ± 0,06* 4	0,98 ± 0,09* 5
250,0 n ₁	0,20 ± 0,01* 3	0,35 ± 0,03* 3	0,41 ± 0,06* 3
Примечание: * - достоверное снижение значений относительно контроля (P<0,05), n – общее число основных побегов, с учетом их гибели, n ₁ – общее число боковых побегов			

Зоопланктонное сообщество один из важнейших компонентов водных экосистем и является индикатором их состояния, что определяется функцией зоопланктона - фильтрация взвеси и ее трансформация [8]. Планктонные ракообразные являются основными потребителями первичной продукции и в то же время пищевыми объектами для многих рыб [3].

Результаты исследований по влиянию гербицида на дафний, показали, что в концентрации 50 мг/л плодовитость дафний в исходном и последующих трех поколениях оставалась в норме. Достоверное снижение плодовитости дафний происходило в концентрации 300 мг/л. Этот

показатель ниже контрольного ряда в исходном поколении на 29 %, в первом, втором и третьем поколениях на 30%. С увеличением концентрации усиливалось негативное действие препарата, которое достигло своего максимального значения в третьем поколении, где плодовитость снизилась на 37–43 % (Таблица 4).

Таблица 4 - Показатели плодовитости рачков (*Daphnia magna Straus*) в ряду поколений, выращенных в различных концентрациях *Имазетапир*

Концентрация, мг/л	Появление I помета (сутки)	Плодовитость одной самки (штуки) (M±m)
Исходное поколение		
Контроль	8	5,1±0,47
50	8	5,1± 0,31
300	8	3,6± 0,35*
550	8	3,5± 0,38*
800	8	3,5±0,33*
1000	8	3,2± 0,22*
I поколение		
Контроль	9	5,7±0,52
50	9	4,6 ±0,48
300	9	3,9 ±0,44*
550	9	3,6 ±0,36*
800	10	3,3 ±0,25*
1000	10	3,2 ±0,24*
II поколение		
Контроль	9	7,3 ±0,84
50	9	6,5 ±0,58
300	9	5,1 ±0,71*
550	9	4,5± 0,65*
800	9	4,1± 0,54*
1000	11	3,7± 0,48*
III поколение		
Контроль	9	4,4± 0,58
50	9	3,3± 0,29
300	10	3,1 ±0,28*
550	10	2,9± 0,24*
800	10	2,7± 0,31*
1000	11	2,5 ±0,21*
Примечание: * - достоверное снижение значений относительно контроля (P<0,05), количество пометов во всех вариантах опыта- 8		

Изучение возрастного состава популяции зоопланктеров при действии неблагоприятных факторов среды необходимо для прогнозирования колебаний численности организмов: снижение численности молодежи является симптомом неблагополучия, тем более что

для кладоцер характерны популяции с постоянным возрастным составом [12]. Возрастной состав и биомасса популяции дафний при воздействии гербицида показало, что численность молоди, взрослых самок и биомассы достоверно начала снижаться с концентрации 300 мг/л. Это все свидетельствовало о неблагоприятных условиях существования. В результате проведенных исследований гербицид оказывал небольшое токсикологическое воздействие на дафний. Пороговой по изученным показателям принята концентрация 300 мг/л, недействующей – 50 мг/л (Таблица 5).

Таблица 5 - Изменение возрастного состава и биомассы популяции дафний в различных концентрациях *Имазетапира*

Концентрация, мг/л	Численность, экз,			Биомасса, мг.	Соотношение молоди к взрослым особям
	Молодь	Самки	Всего		
Контроль	122,0±1,15	42,0±3,06	164,0±3,46	77,8±3,22	2,9:1
50	118,0±1,0	35,7±3,38	153,7±3,84	67,1±2,97	3,3:1
300	103,3±5,24*	30,0±2,65*	133,3±3,28*	55,4±5,55*	3,4:1
550	86,0±4,36*	23,7±3,76*	109,7±6,89*	46,8±2,72*	3,6:1
800	53,7±4,37*	16,3±4,48*	70,0±1,73*	31,2±5,54*	3,3:1
1000	39,3±9,39*	13,7±4,63*	53,0±14,0*	16,2±2,87*	2,9:1

Примечание: * - достоверное снижение значений относительно контроля (P<0,05)

Брюхоногие моллюски играют важную роль в круговороте органического вещества в водных экосистемах и составляют основы питания многих бентосоядных организмов, так как накапливают органические и неорганические ксенобиотики [7].

Анализ результатов наблюдений показал, что даже в максимальной концентрации 1000 мг/л выживаемость, биомасса и способность моллюсков к воспроизводству соответствовали контролю, достоверных отклонений не наблюдалось. По всем изученным показателям концентрация 1000 мг/л была недействующей, пороговая – более 1000 мг/л.

Заключение. Результаты проведенных нами экспериментов показали, что *Имазетапир* не обладает выраженным хроническим

летальным действием для исследованных гидробионтов. Наиболее чувствительны к хроническому сублетальному действию гербицида элодея (замедление ростовых показателей при концентрациях 10 мг/л и выше) и сценедесмус (увеличение численности культуры при концентрациях 10 мг/л и снижение при 250 мг/л и выше). У дафний снижение плодовитости наблюдаются при концентрациях 300 мг/л и выше. У катушки сублетальные эффекты не выявлены во всем диапазоне исследованных концентраций.

В настоящее время присутствие в водоемах пестицидов современных химических классов еще достаточно мало, чтобы оказывать стойкое негативное воздействие на морфофункциональное состояние гидробионтов, тем не менее, приведенные данные однозначно свидетельствуют о необходимости проведения систематических ежегодных мониторинговых наблюдений за содержанием имидазалиноновых гербицидов в воде рыбохозяйственных водоемов и их влиянием на гидробионтов для объективной оценки уровня экологического риска этих пестицидов для водных экосистем.

Список литературы

1. Брагинский Л.П. 1998. Принципы классификации и некоторые механизмы структурно-функциональных перестроек пресноводных экосистем в условиях антропогенного стресса // Гидробиология. Т. 34. №6. С. 72-94.
2. Врочинский К.К., Мухопад Л.Н. 1988. Эколого-гигиенические аспекты миграции пестицидов в водоемах // Влияние биологически активных веществ на гидробионтов. Сб. научных трудов – Л., Вып. 287. С. 31-37.
3. Гиляров А.М. 1987. Динамика численности пресноводных планктонных ракообразных – М.: Наука, 189 с.
4. Грапов А.Ф. 1995. Пестициды: новые препараты, механизм действия, метаболизм (по материалам VIII Международного конгресса по химии пестицидов) // Агрехимия. №3. С. 84-100.
5. Кокунин В.А. 1975. Статистическая обработка данных при малом числе опытов // Укр. биохим. Т.47. № 6. С. 776-777.
6. Лакин Г.Ф. 1980. Биометрия. М.: Высшая школа. 293 с.
7. Левина И.Л., Зинчук О.А., Щербакова Н.И., Федорова Е.А., Кузнецова Л.Я., Гумненкова Н.А., Карпушева Т.Н., Бессчетнова Л.М. 2013. Оценка синергического действия пестицидов современных химических классов, обнаруживаемых в водоемах

- Азовского бассейна, на промысловых рыб и их кормовую базу // Вопросы рыболовства. Т.14.№ 4 (56). С. 843-855.
8. Лисицын А.П. 2004. Потоки осадочного вещества, природные фильтры и осадочные системы «живого океана» // Геология и геофизика. Т. 45. № 1. С. 15-48.
 9. Материалы заявки на регистрацию гербицида Имзетапир, ВДГ фирмы «Цзянсу Институт оф Экомонес К., Лтд». 2005. 4 с.
 10. Методические рекомендации по установлению эколого-рыбохозяйственных нормативов (ПДК и ОБУВ) загрязняющих веществ для воды, водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение 1998. М.: ВНИРО. С. 38-78.
 11. Прозоровский В.Б. 1962. Использование метода наименьших квадратов для пробит анализа кривых летальности // Фармакология и токсикология. №1. С. 68–69.
 12. Строганов Н.С. Колосова Л.В. 1971. Методики биологических исследований по водной токсикологии. М.: Наука. С. 210-215.
 13. Федорова Е.А., Левина И.Л., Зинчук О.А. 2011. Сравнительная оценка токсичности фунгицидов новых поколений для дафний // Научный журнал КубГАУ. №4(10). 8с. <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/50.pdf>.
 14. Plimmer J.R. 1996. Analytical chemistry and the future of pesticides // Environmental Science and Health. В.31(4). P. 645-670.
 15. The Imidazolinone herbicide 1991 // editors Dall L., Shaner and Susan L. O'Connor. CRC Press Boca Raton Ann Arbor Boston London. 290p.

References

1. Braginskij L.P. 1998. Principy klassifikacii i nekotorye mehanizmy strukturno-funkcional'nyh perestroek presnovodnyh jekosistem v uslovijah antropogennogo stressa // Hidrobiologija. Т. 34. №6. S. 72-94.
2. Vrochinskij K.K., Muhopad L.N. 1988. Jekologo-gigienicheskie aspekty migracii pesticidov v vodoemah // Vlijanie biologicheski aktivnyh veshhestv na gidrobiontov. Sb. nauchnyh trudov – L., Vyp. 287. S. 31-37.
3. Giljarov A.M. 1987. Dinamika chislenosti presnovodnyh planktonnyh rakoobraznyh – М.: Nauka, 189 s.
4. Grapov A.F. 1995. Pesticidy: novye preparaty, mehanizm dejstvija, metabolizm (po materialam VIII Mezhdunarodnogo kongressa po himii pesticidov) // Agrohimiya. №3. S. 84-100.
5. Kokunin V.A. 1975. Statisticheskaja obrabotka dannyh pri malom chisle opytov // Ukr. biohim. Т.47. № 6. S. 776-777.
6. Lakin G.F. 1980. Biometrija. М.: Vysshaja shkola. 293 s.
7. Levina I.L., Zinchuk O.A., Shherbakova N.I., Fedorova E.A., Kuznecova L.Ja., Gumnenkova N.A., Karpusheva T.N., Besschetnova L.M. 2013. Ocenka sinergicheskogo dejstvija pesticidov sovremennyh himicheskikh klassov, obnaruzhivaemyh v vodoemah Azovskogo bassejna, na promyslovyh ryb i ih kormovuju bazu // Voprosy rybolovstva. Т.14.№ 4 (56). S. 843-855.
8. Lisicyn A.P. 2004. Potoki osadochnogo veshhestva, prirodnye fil'try i osadochnye sistemy «zhivogo okeana» // Geologija i geofizika. Т. 45. № 1. S. 15-48.
9. Materialy zajavki na registraciju gerbicida Imzetaпir, VDG firmy «Czjansu Institut of Jekomones K., Ltd». 2005. 4 s.
10. Metodicheskie rekomendacii po ustanovleniju jekologo-rybohozjajstvennyh normativov (PDK i OBUV) zagrjaznjajushhijh veshhestv dlja vody, vodnyh ob#ektov, imejushhijh rybohozjajstvennoe znachenie 1998. М.:VNIRO. S. 38-78.

11. Prozorovskij V.B. 1962. Ispol'zovanie metoda naimen'shikh kvadratov dlja probit analiza krivyh letal'nosti // Farmakologija i toksikologija. №1. S. 68–69.
12. Stroganov N.S. Kolosova L.V. 1971. Metodiki biologicheskikh issledovanij po vodnoj toksikologii. M.: Nauka. S. 210-215.
13. Fedorova E.A., Levina I.L., Zinchuk O.A. 2011. Sravnitel'naja ocenka toksichnosti fungicidov novyh pokolenij dlja dafnij // Nauchnyj zhurnal KubGAU. №4(10). 8s. <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/50.pdf>.
14. Plimmer J.R. 1996. Analytical chemistry and the future of pesticides // Environmental Science and Health. V.31(4). R. 645-670.
15. The Imidazolinone herbicide 1991 // editors Dall L., Shaner and Susan L. O'Connor. CRC Press Boca Raton Ann Arbor Boston London. 290p.