

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ГИДРОБИОНТОВ

DOI: 10.24143/2073-5529-2021-3-134-141
УДК 574.522 / 574.632

ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭМБРИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ПРУДОВИКА (*LYMNAEA STAGNALIS* L.) ПРИ АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НЕКОТОРЫХ ХЛОРИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ВОДЕ

А. В. Горбунов, Д. Л. Никифоров-Никишин, О. В. Горбунов

Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), Москва, Российская Федерация

Исследованы показатели эмбрионального развития гидробионтов под воздействием антропогенных факторов водных растворов хлорбензола и тетрахлорэтилена. Для выявления токсичности хлористых загрязнителей в пресноводном водоеме в качестве модельного организма использовали представителей бентосных моллюсков *Lymnaea stagnalis* L. (прудовик большой). В результате исследований установлено, что при концентрации 0,01 мг/л раствора хлорбензола наблюдаются отдельные аномалии эмбрионального развития прудовика, а при более высоких концентрациях его развитие задерживается на 5-6 стадий в сравнении с контролем. За интегральный параметр развития прудовика можно принять показатели биологического критерия токсичности: выклев молоди и ее выживание за 10-дневный период после выхода из яйцевых оболочек. Изменение физиологических показателей эмбрионов прудовика начинается с концентрации хлорбензола 0,01 мг/л; максимально допустимой концентрацией тетрахлорэтилена по рассматриваемым биологическим показателям следует считать 0,05 мг/л. Отмечено, что у прудовика большого (*Lymnaea stagnalis* L.) выклев молоди из яйцевых оболочек – наиболее чувствительный показатель при определении токсичности водного раствора; менее чувствительными показателями выступают количество отложенных яиц и выживаемость молоди в первые 10 дней после выклева. Используемый тест-объект прудовик большой показал высокую чувствительность к загрязнению водной среды хлористыми экотоксикантами и может быть рекомендован для комплексной оценки качества при биотестировании вод пресноводных водоемов.

Ключевые слова: токсичность, прудовик, моллюск, хлорбензол, тетрахлорэтилен, концентрация.

Для цитирования: Горбунов А. В., Никифоров-Никишин Д. Л., Горбунов О. В. Особенности показателей эмбрионального развития прудовика (*Lymnaea stagnalis* L.) при антропогенном воздействии некоторых хлористых соединений в воде // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 3. С. 134–141. DOI: 10.24143/2073-5529-2021-3-134-141.

Введение

К гидробионтам относится большая группа организмов водоема, включая водных беспозвоночных и позвоночных животных. Высокая чувствительность водных организмов к вредным веществам на стадиях эмбрионального развития была обнаружена при исследовании токсичности ряда органических и неорганических соединений. Например, выклев прудовика в 2 раза чувствительнее, чем у дафний, к трибутилоловохлориду, а выживаемость эмбрионов выюна была в 100 раз ниже по сравнению с выживаемостью дафний [1].

Многими исследователями отмечена высокая чувствительность отдельных стадий развития водных организмов к действию экотоксикантов – загрязнителей окружающей среды. Так, по мнению Н. С. Строганова, достаточно достоверным критерием при остром отравлении является

выживаемость [1]. Например, при действии малых доз некоторых токсикантов на организм он живет достаточно долгое время, и создается впечатление о его благополучии, но развивающееся нарушение размножения или развития в результате приводит к появлению неполноценного потомства. Исходя из этого Н. С. Строганов ввел понятие биологического критерия токсичности, за основу которого принято наблюдение за развитием и размножением гидробионтов, – параметрами, которые в настоящее время достаточно затруднительно прогнозировать с помощью существующих средств [2].

На сегодняшний день специалисты уже активно используют показатели нарушения эмбрионального развития в методиках по установлению рыбохозяйственных ПДК. Из области гигиенического нормирования выделилась в самостоятельное направление экспериментальная тератология, которая позволяет устанавливать отдаленный биологический эффект действия токсических веществ, попадающих в окружающую среду в малых концентрациях [3, 4].

Наиболее часто в водоемах рыбохозяйственного значения сегодня можно встретить загрязнители 3-го и 4-го классов опасности [5], по этой причине для изучения антропогенного воздействия веществ с различной токсичностью и мутагенностью в нашем исследовании использовались растворы хлористых веществ: хлорбензол и тетрахлорэтилен [6].

Проведенные ранее исследования позволили определить критерии токсичности различных загрязнителей в водной среде на эмбриональных стадиях развития гидробионтов, что сделало их излюбленным объектом водных токсикологов [4, 6, 7]. Тест-организм для наших исследований подбирался исходя из фактических возможностей определения показателей «биологического критерия токсичности» на различные периоды его онтогенеза.

Целью настоящего исследования было выявление особенностей эмбрионального развития прудовика *Lymnaea stagnalis* L. при воздействии некоторых хлористых соединений в воде в качестве экотоксикантов [8].

Материал и методы исследований

Для сравнительной оценки токсичного воздействия растворов хлорбензола и тетрахлорэтилена на критические периоды развития в опыт в качестве тест-объекта был взят представитель бентосных моллюсков – прудовик большой *Lymnaea stagnalis* L., который может быть отнесен к нейстонным организмам. Эмбриональное развитие прудовика и его стадии описаны сегодня достаточно подробно [7], а при наблюдении за его развитием в эмбриогенезе требуется только микроскоп типа МБС-10, другого специального оборудования не требуется.

Моллюсков отбирали из малых водоемов Московской области. Для определения наличия у них возможных промежуточных паразитов – диплостом – отобранные тест-объекты помещали на 3 дня по одной штуке в лабораторные сосуды емкостью 150 мл.

Адаптация прудовиков к лабораторно-экспериментальным условиям была организована в специальных стеклянных аквариумах объемом по 10 л каждый в течение 3-х недель (контроль), после чего прудовики помещались по 10 шт. в 5-литровые аквариумы (допустимая норма воды на одного прудовика – 0,5 л) при температуре воды 20–23 °С [9]. Раковина моллюсков, принятых в опыт, составляла в высоту 38–42 мм.

Опыт длился 15 дней, продолжительность хронического опыта – 45 дней. Опыты ставились в трехкратной повторности. Кормили прудовиков листьями одуванчика.

Отобранные кладки прудовиков помещали в чашки Петри с отстоянной водой и растворами различных исследуемых токсикантов в разной концентрации. Изучение кладок и эмбрионального развития проводили под лабораторным микроскопом.

В лабораторно-экспериментальных опытах с большим прудовиком были применены концентрации растворов хлорбензола 0,02; 0,01; 0,001; 0,0001 мг/л; концентрацию 0,1 мг/л решено было исключить из опытов, поскольку моллюски в этой концентрации гибли. Также было установлено, что при 48-часовой экспозиции прудовика в растворе тетрахлорэтилена концентрацией 30 мг/л выживает около 50 % тест-объектов, а потому определение летальной концентрации тетрахлорэтилена (LC_{50}) в хронических опытах производилось в растворах с концентрациями 0,5; 0,1; 0,05; 0,005 мг/л.

Характеристика исследуемых в опытах веществ приведена ниже [10].

Хлорбензол. Производное бензола; представляет собой прозрачную жидкость, растворимость в воде примерно 49 мг/100 мл при 20 °С. Относится к 3 классу опасности. Применяется в лакокрасочной промышленности и для получения взрывчатых веществ, как исходное сырье для синтеза пикриновой кислоты и динитрофенола. Оказывает выраженное токсическое воздей-

ствии на биосистемы организма позвоночных животных, главным образом на кровеносную и нервную; под воздействием этих веществ кровь может подвергаться гемолизу; обладает кумулятивным эффектом и провоцирует лейкемию. По лимитирующему показателю токсичности санитарный норматив для хлорбензола в воде (ПДК_в) – 0,02 мг/л, при этом низшие позвоночные менее устойчивы к хлорпроизводным соединениям [11].

Тетрахлорэтилен. Бесцветная жидкость с резким эфирным запахом, хлорорганический растворитель. Химическая формула: C₂Cl₄. Растворимость в воде примерно 0,015 г/100 мл при 20 °С. Относится к 3 классу опасности для водной среды. Применяется как растворитель и экстрагирующий агент в текстильной промышленности, в том числе для каучуков, пластмасс, жиров, для обезжиривания металлов, для производства хладона 113. Вещество представляет опасность для окружающей среды, особенно в воздухе в замкнутом объеме и воде (при контакте с влагой вещество медленно разлагается с образованием трихлоруксусной и соляной кислот). Вещество способно всасываться в организм через кожу и при дыхании через рот, оказывая токсическое действие на ЦНС, печень, почки; вызывать раздражение глаз, кожи и дыхательных путей уже при кратковременном воздействии [10, 11].

Результаты исследований

Воздействие хлорбензола. Эмбриональное развитие и выклев молоди в присутствии хлорбензола исследовались на развивающейся икре моллюсков в чашках Петри в растворах с концентрациями 0,02; 0,01; 0,001 и 0,0001 мг/л. Количество отложенных экспериментальными тест-организмами яиц оказалось выше на 18 % по сравнению с контролем; незначительный спад размножения наблюдался к концу опыта.

В ходе проведенных экспериментов установлено, что при воздействии хлорбензола в концентрации 0,01 мг/л имели место отдельные аномалии развития прудовиков: дробление blastomeres задерживалось; париетальные ганглии отставали в развитии от pedalных ганглиев, а презумптивные участки нервной системы дифференцировались с задержкой.

При характеристике органогенеза в целом, по сравнению с контролем, при высоких концентрациях хлорбензола происходила задержка развития эмбриональных стадий прудовиков примерно на 5-6 стадий, при этом влияния на эмбриогенез концентрации хлорбензола 0,001 мг/л и ниже не отмечено.

Показатели выклева и выживаемости в течение 10 дней после выхода из яйцевых оболочек – как интегральный биологический параметр эмбрионального развития тест-объекта – представлены ниже (табл. 1).

Таблица 1

Интегральные показатели биологического критерия токсичности в растворах хлорбензола у молоди прудовика

| Концентрация хлорбензола, мг/л | Выклев, дни опыта | | | Средний выклев за 45 дней | Выживаемость, % |
|--------------------------------|-------------------|-------|-------|---------------------------|-----------------|
| | 1–15 | 16–30 | 31–45 | | |
| 0,0001 | 79 | 91 | 94 | 89 | 98 |
| 0,001 | 79 | 85 | 84 | 81 | 100 |
| 0,01 | 68 | 72 | 77 | 71* | 89 |
| 0,02 | 75 | 71 | 74 | 73* | 67* |
| Контроль | 76 | 80 | 83 | 79 | 100 |

* Достоверная разница средних ($P \geq 0,95$; $t_{sr} = 2,75$; $t_d = 2,85$).

Инкубационный период зародышей прудовика зависел от концентрации хлорбензола: в контроле развитие занимало от 16 до 22 дней, а при концентрации хлорбензола 0,01 мг/л этот интервал увеличивался в 2 раза.

В качестве дополнительного информативного качественного показателя физиологического состояния эмбрионов прудовика в различных концентрациях хлорбензола контролировалась частота ударов сердца у зародышей на 28 стадии развития; в контроле средняя частота ударов сердца у зародышей составила 41; при воздействии хлорбензола в концентрации 0,0001 мг/л – 40; в концентрации 0,001 мг/л – 37; 0,01 мг/л – 34; 0,02 мг/л – 31, что указывает на изменяемые физиологические показатели у эмбрионов прудовика. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что выклев моллюсков из яйцевых оболочек за первые 10 дней более чувствительный показатель, чем выживаемость молоди.

Воздействие тетрахлорэтилена. Развитие прудовиков в эмбриогенезе изучалось в концентрациях раствора, которые применялись при определении воздействия токсиканта на выживаемость и число отложенных яиц (0,5; 0,1; 0,05; 0,005 мг/л) при этом концентрация 0,1 мг/л вызывала как рассинхронизацию дробления blastomeres, так и отклонения при образовании велигера и великонха в гастрюляции.

Исследования выклева и последующего развития молоди прудовика в течение 10 дней в растворах тетрахлорэтилена показали, что определенная общая закономерность сохраняется, а именно: выклев более чувствителен к токсическому воздействию, чем выживаемость. Результаты опыта представлены ниже (табл. 2).

Таблица 2

Интегральные показатели биологического критерия токсичности в растворах тетрахлорэтилена у молоди прудовика

| Концентрация тетрахлорэтилена, мг/л | Выклев (дни опыта) | | | Средний выклев за 45 дней | Выживаемость, % |
|-------------------------------------|--------------------|-------|-------|---------------------------|-----------------|
| | 1–15 | 16–30 | 31–45 | | |
| 0,005 | 74 | 80 | 76 | 78 | 100 |
| 0,05 | 77 | 82 | 74 | 76 | 98 |
| 0,1 | 55 | 54 | 47 | 53* | 93 |
| 0,5 | 31 | 23 | 17 | 25* | 65* |
| Контроль | 75 | 82 | 85 | 79 | 100 |

* Достоверная разница средних ($P \geq 0,95$; $t_{sr} = 2,75$; $t_d = 2,95$).

Максимально допустимой концентрацией тетрахлорэтилена по рассматриваемым биологическим показателям следует считать 0,05 мг/л.

Обсуждение результатов

При внимательном рассмотрении индивидуального развития гидробионтов становится очевидно, что поведение индивидуума и положение клеток в развивающемся организме зависит от межклеточного взаимодействия [12]. На важность такого взаимодействия развивающихся систем организма указывает и множество появившихся в печати за последнее время работ, позиционирующих организм как единое целое. Так, Б. Гудвин сформулировал важный вывод, что в организации индивидуального развития живого организма наиболее значимую роль играет так называемое «согласованное взаимодействие» отдельных систем организма [13]. Выявление механизмов контроля пропорционального соотношения различных частей организма при его развитии представляет собой малоисследованную область.

Объектом проверки всей сложной цепи сопряженных реакций этих систем организма, направленных на реализацию генетической информации, может служить как сам организм, так и популяция (при исследовании биоценоза как целого). Таким образом, при воздействии вредных веществ (экоотоксикантов) на гидробионтов за критерии токсичности следует брать не только размножение, но и степень реализации генетической программы, или ранний онтогенез [14].

По мнению Н. С. Строганова, в онтогенезе многих организмов необходимо отмечать как минимум 3 наиболее важных периода: до начала созревания, период размножения и старость. У каждого из этих периодов свои особенности и критерии токсичности [2] и различные популяционные особенности, например, одни организмы размножаются только половым путем, другие – половым и бесполом, у третьих образуются споры, латентные яйца и пр. в зависимости от жизненных условий [2]. Что следует считать периодами размножения или периодами старости в этих случаях – не вполне ясно.

Наиболее важными для водных токсикологов представляются исследования в периоды эмбрионального развития водных организмов, особенно на стадиях с морфогенетическими сдвигами и изменением регуляции формообразования [12]. Для рыб, например, стадиями развития с повышенной чувствительностью к токсикантам являются гастрюляция, выклев, начало работы сердца [15]. У гидробионтов встречаются практически все типы размножения и развития, известные в современной эмбриологии, и исследования в этой связи можно свести от реализации генетической пространственной информации в целом, к морфогенезу.

Особенно важными для водной токсикологии можно назвать эмбриональные стадии развития гидробионтов, когда у организмов происходят значительные морфогенетические сдвиги,

что обусловлено взаимодействием межклеточных систем [12]. Например, выклев молоди моллюсков и их эмбриональное развитие представляются более чувствительными показателями по сравнению с выживаемостью [16].

Тест-организмы в виде простейших и показатели их развития редко использовались ранее водными токсикологами в связи с недостаточностью достоверных методик культивирования многих видов [6]. Однако появление стандартов на токсикологические тесты, в первую очередь по морфологическим показателям, продемонстрировало высокую чувствительность простейших и их быстрое реагирование на изменение окружающей водной среды в присутствии ряда загрязнителей [14]. Размножение и взаимодействие клеток в токсикологических тестах на качество воды, например у *Paramecium caudatum*, *Amoeba proteus*, *Euglena gracilis*, имеют сегодня первостепенное значение [17, 18].

Взаимодействие клеток простейших организмов не является единственным информативным показателем при разработке методов определения экотоксичности химических соединений в водной среде, а сложные сопряженные взаимосвязи между организмами, например крабами, отмечены рядом экологов [19]. Сопряженные реакции, сопровождающие морфологические изменения индивидуальных жизненно важных параметров гидробионтов, также позволяют судить о степени токсичности исследуемого вещества [20].

Заключение

У брюхоногих моллюсков *Lymnaea stagnalis* выклев молоди из яйцевых оболочек является наиболее чувствительным показателем при определении токсичности вещества; менее чувствительными показателями являются количество отложенных яиц и выживаемость молоди в первые 10 дней после выклева.

Изменение физиологических показателей эмбрионов прудовика в присутствии загрязнителей начинается с концентрации хлорбензола 0,01 мг/л, когда наблюдались отдельные аномалии эмбрионального развития прудовика; при более высоких концентрациях его развитие задерживалось на 5-6 стадий по сравнению с контролем.

Максимально допустимой концентрацией тетрахлорэтилена по рассматриваемым биологическим показателям следует считать 0,05 мг/л.

Используемый тест-объект прудовик большой продемонстрировал высокую чувствительность к загрязнению водной среды хлористыми экотоксикантами и может быть рекомендован для комплексной оценки качества пресных вод методами биотестирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строганов Н. С., Путинцев А. И., Исакова Е. Ф., Шигин В. И. Метод токсикологического контроля сточных вод // Биологические науки. 1979. № 2. С. 90–96.
2. Строганов Н. С. Научные основы установления ПДК токсических веществ в открытых водоемах (биологические особенности) // Водные ресурсы. М., 1974. С. 110–121.
3. Wilson J. G. Environmental chemicals. Handbook of teratology. N. Y., London: Plenum press, 1977. V. 1. P. 47–75.
4. Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Федерального агентства по рыболовству от 04 августа 2009 г. № 695 (в ред. от 22 декабря 2016 г.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/902172637> (дата обращения: 04.09.2020).
5. Артюхова В. И., Дмитриева А. Г., Исакова Е. Ф., Ларин В. Е., Путинцев А. И., Филенко О. Ф. Мониторинг вод рек Подмосковья методами биотестирования // Водные ресурсы. 1991. № 1. С. 115–121.
6. Сотников Ф. И. Критические периоды в раннем онтогенезе гидробионтов и их роль в биотестировании и эколого-рыбохозяйственном нормировании: дис. ... канд. биол. наук. М., 2005. 148 с.
7. Мецряков В. Н. Прудовик *Lymnaea stagnalis* // Объекты биологии развития. М.: Наука, 1975. С. 53–92.
8. РД 52.24.669-2005. Унифицированные методы биотестирования для обнаружения токсического загрязнения поверхностных вод суши с использованием микрозоопланктона. М.: ГУ ЦКБ ГМП, 2005. 28 с.
9. Данильченко О. П. Сравнительная реакция эмбрионов и предличинок рыб на некоторые природные и синтетические соединения // Вопр. ихтиологии. 1982. Т. 22, вып. 1. С. 128–138.
10. Большая энциклопедия нефти и газа. URL: <https://ngpedia.ru/index.html> (дата обращения: 20.08.2020).
11. Канцерогенные вещества: справ. М.: Медицина, 1987. 332 с.
12. Никифоров-Никишин А. Л. Морфологические особенности хрусталика гидробионтов и их применение в водной токсикологии: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2005. 49 с.

13. Гудвин Б. Аналитическая физиология клеток и развивающихся организмов. М.: Мир, 1979. 285 с.
14. Горбунов А. В., Никифоров-Никишин Д. Л., Горбунов О. В. Изменение онтогенетических показателей у *Daphnia magna* под воздействием растворов некоторых бензольных соединений // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2021. № 2. С. 125–133.
15. Жукинский В. В. Влияние абиотических факторов на разнокачественность и жизнеспособность рыб в раннем онтогенезе. М.: Агропромиздат, 1986. 244 с.
16. Строганов Н. С., Колосова Л. В. Особенности размножения гидробионтов в хроническом опыте при воздействии металлоорганических соединений // Биофизические аспекты загрязнения биосферы. М.: Наука, 1973. С. 140–141.
17. Mills W. L. Water quality bioassay using selected protozoa // Environ. Sci. and Health. 1976. V. A 11. N. 7. P. 491–500.
18. Горбунов А. В., Горбунов О. В., Кочетков Н. И., Никифоров-Никишин Д. Л. Оценка состояния малых водоемов Сергиево-Посадского района по таксономическому разнообразию зеленых, сине-зеленых, диатомовых и динофитовых водорослей // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2021. № 1 (180). С. 18–31.
19. Ochme M., Bartonova A., Knutzen S. Estimation of polychlorinated dibenzofuran and dibenzo-p-dioxin contamination of a coastal region using isomer profiles in crabs // Environ. Sci. and Technol. 1990. V. 24. N. 12. P. 1836–1841.
20. Дрѐ Ф. Экология. М.: Атомиздат, 1976. 125 с.

Статья поступила в редакцию 22.10.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр Вячеславович Горбунов – канд. биол. наук; доцент кафедры биологии и ихтиологии; Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет); Россия, 109004, Москва; akvabiotex@rambler.ru.

Дмитрий Львович Никифоров-Никишин – канд. биол. наук; доцент кафедры экологии и природопользования; Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет); Россия, 109004, Москва; akvabiotex@rambler.ru.

Олег Вячеславович Горбунов – старший преподаватель кафедры экологии и природопользования; Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет); Россия, 109004, Москва; akvabiotex@rambler.ru.



SPECIFIC FEATURES OF EMBRYONIC DEVELOPMENT OF POND SNAIL (*LYMNAEA STAGNALIS* L.) UNDER ANTHROPOGENIC INFLUENCE OF CHLORIDE COMPOUNDS IN WATER

A. V. Gorbunov, D. L. Nikiforov-Nikishin, O. V. Gorbunov

*K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management
(the First Cossack University),
Moscow, Russian Federation*

Abstract. The article highlights the research of embryonic development of hydrobionts under the influence of anthropogenic factors of water solutions – chlorobenzene and tetrachloroethylene. To detect the toxicity of chloride pollutants in a freshwater reservoir, representatives of benthic mollusks (big pond snail *Lymnaea stagnalis* L.) were used as a model organism. According to the results of research, it was found that at a concentration of 0.01 mg/l of chlorobenzene solution indi-

vidual anomalies of embryonic development of the pond fish are observed, but at higher concentrations its development is delayed by 5-6 stages in comparison with the control. As an integral parameter of pond fish development, we can take indicators of the biological toxicity criterion: Hatching and its survival over a 10-day period after leaving the egg shells. Changes in the physiological parameters of pond fish embryos begin with a chlorobenzene concentration of 0.01 mg/l; the maximum permissible concentration for tetrachloroethylene for the considered biological indicators should be considered 0.05 mg/l. It is noted that in big pond snail (*Lymnaea stagnalis* L.) the hatch of juveniles from egg shells is the most sensitive indicator when determining the toxicity of an aqueous solution; and less sensitive indicators are the number of eggs laid and the survival of juveniles in the first 10 days after hatching. The test object used is a large pond, which has shown a high sensitivity to contamination of the water environment with chlorinated ecotoxicants and can be recommended for a comprehensive quality assessment when biotesting freshwater waters.

Key word: toxicity, pond snail, mollusk, chlorobenzene, tetrachloroethylene, concentration.

For citation: Gorbunov A. V., Nikiforov-Nikishin D. L., Gorbunov O. V. Specific features of embryonic development of pond snail (*Lymnaea stagnalis* L.) under anthropogenic influence of chloride compounds in water. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2021;3:134-141. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2021-3-134-141.

REFERENCES

1. Stroganov N. S., Putintsev A. I., Isakova E. F., Shigin V. I. Metod toksikologicheskogo kontrolya stochnykh vod [Method of control of toxicological waste water]. *Biologicheskie nauki*, 1979, no. 2, pp. 90-96.
2. Stroganov N. S. Nauchnye osnovy ustanovleniia PDK toksicheskikh veshchestv v otkrytykh vodoemakh (biologicheskie osobennosti) [Scientific basis for establishing maximum permissible concentration of toxic substances in open water (biological characteristics)]. *Vodnye resursy*. Moscow, 1974. Pp. 110-121.
3. Wilson J. G. *Environmental chemicals. Handbook of teratology*. N. Y., London, Plenum press, 1977. Vol. 1. Pp. 47-75.
4. *Ob utverzhdenii Metodicheskikh ukazanii po razrabotke normativov kachestva vody vodnykh ob'ektov rybokhoziaistvennogo znachenii, v tom chisle normativov PDK vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'ektov rybokhoziaistvennogo znachenii: prikaz Federal'nogo agentstva po rybolovstvu ot 04 avgusta 2009 g. № 695 (v red. ot 22 dekabria 2016 g.)* [On approval of Methodological Guidelines for the development of water quality standards for water bodies of fishery significance, including the MPC standards for harmful substances in the waters of water bodies for fishery significance: Order of the Federal Agency for Fisheries dated August 04, 2009 No. 695 (as amended on December 22 2016)]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902172637> (accessed: 04.09.2020).
5. Artiukhova V. I., Dmitrieva A. G., Isakova E. F., Larin V. E., Putintsev A. I., Filenko O. F. Monitoring vod rek Podmoskov'ia metodami biotestirovaniia [Monitoring river waters in Moscow region by biotesting methods]. *Vodnye resursy*, 1991, no. 1, pp. 115-121.
6. Sotnikov F. I. *Kriticheskie periody v rannem ontogeneze gidrobiontov i ikh rol' v biotestirovanii i ekologo-rybokhoziaistvennom normirovanii. Dissertatsiia ... kand. biol. nauk* [Critical periods in early ontogenesis of aquatic organisms and their role in biotesting and ecological-fishery rationing. Diss. ... Dr.Bio.Sci.]. Moscow, 2005. 148 p.
7. Meshcheriakov V. N. Prudovik *Lymnaea stagnalis* [Pond snail *Lymnaea stagnalis*]. *Ob'ekty biologii razvitiia*. Moscow, Nauka Publ., 1975. Pp. 53-92.
8. RD 52.24.669-2005. *Unifitsirovannye metody biotestirovaniia dlia obnaruzheniia toksicheskogo zagriazneniia poverkhnostnykh vod sushi s ispol'zovaniem mikrozooplanktona* [RD 52.24.669-2005. Unified biotesting methods for detecting toxic pollution of surface waters using microzooplankton]. Moscow, GU TsKB GMP, 2005. 28 p.
9. Danil'chenko O. P. Sravnitel'naia reaktsiia embrionov i predlichinok ryb na nekotorye prirodnye i sinteticheskie soedineniia [Comparative reaction of fish embryos and prelarvae to some natural and synthetic compounds]. *Voprosy ikhtiologii*, 1982, vol. 22, iss. 1, pp. 128-138.
10. *Bol'shaia entsiklopediia nefi i gaza* [Big encyclopedia of oil and gas]. Available at: <https://ngpedia.ru/index.html> (accessed: 20.08.2020).
11. *Kantserogennye veshchestva: spravochnik* [Carcinogenic substances: reference book]. Moscow, Meditsina Publ., 1987. 332 p.
12. Nikiforov-Nikishin A. L. *Morfologicheskie osobennosti khrustalika gidrobiontov i ikh primenenie v vodnoi toksikologii. Avtoferat dissertatsii ... d-ra biol. nauk* [Morphological features of lens of aquatic organisms and their use in aquatic toxicology. Diss. Abstr. ... Dr.Bio.Sci.]. Moscow, 2005. 49 p.
13. Gudvin B. *Analiticheskaia fiziologiiia kletok i razvivaiushchikhsia organizmov* [Analytical physiology of cells and developing organisms]. Moscow, Mir Publ., 1979. 285 p.

14. Gorbunov A. V., Nikiforov-Nikishin D. L., Gorbunov O. V. Izmenenie ontogeneticheskikh pokazatelei u *Daphnia magna* pod vozdeistviem rastvorov nekotorykh benzol'nykh soedinenii [Change of ontogenetic parameters in *Daphnia magna* under the influence of solutions of some benzene compounds]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2021, no. 2, pp. 125-133.
15. Zhukinskii V. V. *Vliianie abioticheskikh faktorov na raznokachestvennost' i zhiznesposobnost' ryb v rannem ontogeneze* [Influence of abiotic factors on different quality and viability of fish in early ontogenesis]. Moscow, Agropromizdat, 1986. 244 p.
16. Stroganov N. S., Kolosova L. V. Osobennosti razmnozheniia gidrobiontov v khronicheskom opyte pri vozdeistvii metalloorganicheskikh soedinenii [Special features of reproduction of aquatic organisms in chronic experiment under influence of organometallic compounds]. *Biofizicheskie aspekty zagriazneniia biosfery*. Moscow, Nauka Publ., 1973. Pp. 140-141.
17. Mills W. L. Water quality bioassay using selected protozoa. *Environ. Sci. and Health*, 1976, vol. A 11, no. 7, pp. 491-500.
18. Gorbunov A. V., Gorbunov O. V., Kochetkov N. I., Nikiforov-Nikishin D. L. Otsenka sostoiianii malykh vodoemov Sergievo-Posadskogo raiona po taksonomicheskomu raznoobraziiu zelenykh, sine-zelenykh, diatomovykh i dinofitovykh vodoroslei [Assessment of the state of small reservoirs of the Sergiev Posad district by the taxonomic diversity of green, blue-green, diatom and dinophyte algae]. *Rybovodstvo i rybnoe khoziaistvo*, 2021, no. 1 (180), pp. 18-31.
19. Ochme M., Bartonova A., Knutzen S. Estimation of polychlorinated dibenzofuran and dibenzo-p-dioxin contamination of a coastal region using isomer profiles in crabs. *Environ. Sci. and Technol.*, 1990, vol. 24, no. 12, pp. 1836-1841.
20. Dre F. *Ekologiya* [Ecology]. Moscow, Atomizdat, 1976. 125 p.

The article submitted to the editors 22.10.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexander V. Gorbunov – Candidate of Biology; Assistant Professor of the Department of Biology and Ichthyology; K. G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University); Russia, 109004, Moscow; akvabiotex@rambler.ru.

Dmitry L. Nikiforov-Nikishin – Candidate of Biology; Assistant Professor of the Department of Ecology and Nature Management; K. G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University); Russia, 109004, Moscow; akvabiotex@rambler.ru.

Oleg V. Gorbunov – Senior Lecturer of the Department of Ecology and Nature Management; K. G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University); Russia, 109004, Moscow; akvabiotex@rambler.ru.

