

УДК 574.64, 574.24

DOI 10.29039/2413-1725-2025-11-1-140-150

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРГЕНТА НА ЭМБРИОНАЛЬНОЕ И ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕВРЮГИ *ACIPENSER STELLATUS*

Руднева И. И.¹, Шайда В. Г.², Медянкина М. В.³

¹*ФГБУН Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Российская Федерация*

²*ООО «ЭкоСервис-А», Москва, Российская Федерация*

³*МГУТУ Московский государственный университет технологий и управления МГУТУ
им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), Москва, Российская Федерация
E-mail: svg-41@mail.ru*

Изучали влияние диспергента, применяемого при нефтяных разливах с целью снижения загрязнения акваторий, в концентрации 0,1; 0,5; 1; 5 и 10 мг/л на выживаемость оплодотворенной икры, предличинки и динамику их вылупления себрюги *Acipenser stellatus* в пресной и 5‰ соленой воде. Число вылупившихся предличинки в контрольных и опытных вариантах не имело различий. Начало вылупления предличинки при всех исследуемых концентрациях произошло одновременно с контролем. Выживаемость предличинки в растворах токсиканта при концентрации 0,1–1 мг/л не отличалась от контроля, но при концентрации препарата 5 и 10 мг/л была достоверно ниже. Обсуждается возможность использования эмбрионов рыб для оценки экологического состояния прибрежных вод в районах интенсивной добычи нефти и газа, а также в случае аварийных разливов нефти в морских акваториях.

Ключевые слова: загрязнение, токсичность, качество воды, разливы нефти, икра и предличинки рыб.

ВВЕДЕНИЕ

Функционирование нефтегазового комплекса связано с применением большого количества сложных химических препаратов, которые используются в процессе бурения скважин и возможных разливов нефти при ее добыче, транспортировке и переработке, что крайне негативно влияет на морские гидробионты. Предполагают, что в Мировой Океан ежегодно попадает 1,3 миллиона метрических тонн нефти как природного, так и антропогенного происхождения [1]. Проблема актуальна для Черного моря, где периодически происходят аварии танкеров в Керченском проливе, следствием которых является загрязнение значительных акваторий нефтью и нефтепродуктами. В частности, в результате аварии в 2007 г. в море вылилось около 2000 мазута, а в результате аварии двух танкеров 15 декабря 2024 г. разлив мазута в Керченском проливе вдвое превысил этот объем.

Диспергенты являются химическими реагентами, применяемыми для ликвидации разливов нефти на участках береговой линии [2]. Они ускоряют ее растекание в виде тонкой пленки, которая затем распадается на множество мелких капель, быстро разводящихся до безопасной концентрации и подвергающихся биodeградации. В их состав входят 30–40 % синтетических поверхностно-активных

веществ (СПАВ), уменьшающих поверхностное натяжение воды и рассеивающих нефтепродукты, 50–70 % растворителя (углеводороды, спирты, вода), 5–10 % стабилизатора образующейся эмульсии и различных добавок, повышающих рассеивающую способность [3]. Считается, что нефть, обработанная диспергентами, не оказывает вредного воздействия на морских обитателей. Применение диспергентов признано в мировой практике экологически приемлемым и эффективным способом быстрой ликвидации аварийных разливов нефти. [4, 5].

Несмотря на то, что диспергенты считаются относительно экологически безвредными, оценка их токсичности для водных объектов является непременным условием их применения в природных водоемах для обеспечения безопасности биоты и экосистемы в целом. Количество нефти, обработанной диспергентами, может значительно уменьшиться на песчаных субстратах прибрежной зоны, что снизит ее вредное воздействие на морские организмы [6]. Хотя токсичность диспергентов для гидробионтов многократно изучалась перед их массовым применением, тем не менее вопрос этот остается актуальным, так как появляются новые вещества, требующие тщательного анализа [7, 8]. Поскольку диспергенты предназначены для усиления мобилизации нефти в толщу воды, это может вызвать дополнительные экологические риски в пострадавших районах из-за повышенных концентраций нефти. Кроме того, диспергенты и их компоненты являются чужеродными соединениями для морской среды и ее обитателей, поэтому оценка их возможной токсичности является важной и актуальной проблемой для обеспечения функционирования нефте-газового комплекса в прибрежной зоне морей и океанов.

Ранние стадии развития рыб подвержены негативному влиянию токсикантов и широко применяются в различных эмбриотоксических тестах при анализе качества пресных и морских вод [9]. Возрастающее развитие добычи нефти и газа в прибрежной зоне морей и океанов неизбежно увеличивает риски аварийных ситуаций, сопровождающихся разливом нефти в морской среде, что может привести к катастрофическим последствиям для экосистемы и ее обитателей. Если негативное действие нефти на гидробионтов достаточно подробно представлено в литературе, то информация о биологических эффектах диспергентов крайне ограничена, и исследование этих вопросов имеет важное теоретическое и практическое значение.

Севрюга (*Acipenser stellatus*) относится к осетровым рыбам, обитающим в Каспийском, Чёрном и Азовском морях. Нерест происходит в реках с апреля по сентябрь, плодовитость составляет 20–630 тыс. икринок (диаметр до 3 мм). Развитие икры при температуре 16° С продолжается 132 ч, при 23° С – 67,5 ч. После нереста взрослая севрюга и выклюнувшаяся молодь скатываются в море. Длина взрослых особей достигает 220 см, масса до 60 кг. В море молодь питается зоопланктоном, взрослые особи мелкой рыбой, беспозвоночными (черви, мизиды, бокоплавы и т.д.). Совершает длительные кормовые миграции. Ценный объект промысла и аквакультуры. Включена в Красную книгу МСОП [10, 11].

Целью данного исследования является определение токсичности диспергента в концентрациях 0,1; 0,5; 1; 5 и 10 мг/л для оплодотворенной икры и предличинок севрюги *Acipenser stellatus*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследуемый диспергент представляет собой жидкость светло-коричневого цвета, плотность при 20 °С – 0,9618 г/см³, динамическая вязкость при 20 °С – 152 мПа*с. Это смесевой препарат, в состав которого входят вода, соединения сорбитана, сульфонат натрия, 1,2-пропиленгликоль, нефтяной жидкий парафин.

Оплодотворенная икра севрюги на стадии 31–35, на которой хорошо просматривается эмбрион и его глаза, была получена на Темрюкском рыболовном заводе в мае 2022 года. Икринки помещали в стеклянные емкости по 10 экземпляров в каждую из расчета 1 икринка в 10 мл соответствующей инкубационной среды и выдерживали при температуре окружающей среды от +16,3 ° до +18,1 °С в течение эмбриогенеза, который составил 6 суток. Параллельно контроль за развитием эмбрионов осуществляли в стандартных емкостях, где выращивали рыб для промышленного разведения. Воду меняли один раз в 3 дня. Все эксперименты проводили в трехкратной повторности [12], продолжительность которых составила 5 дней. Контролем и фоновой средой в экспериментах служила природная пресная вода реки Кубань, прошедшая специальную водообработку на предприятии. Искусственную морскую воду готовили на той же пресной воде с добавлением морской соли в концентрации 5 ‰, что соответствует средней солености воды Азовского моря, где обитает севрюга. Концентрация диспергента составили 0,1; 0,5; 1; 5 и 10 мг/л. Анализировали процент живых икринок, из которых выклюнулись предличинки, их динамику выклева и выживаемость.

Результаты обрабатывали статистически с использованием общепринятых методов, рассчитывали среднее значение и ошибку средней ($M \pm m$). Индекс выживаемости определяли как отношение процента живых эмбрионов и предличинок в опытных группах к контрольным значениям. Достоверность различий анализировали с помощью критерия Манна-Уитни при уровне значимости $p < 0,05$. Для изучения взаимосвязи между концентрацией диспергента, вылуплением предличинок и их выживаемостью использовали компьютерную программу CURFVIT (версия L2).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как можно видеть на рис.1, вылупление предличинок из икринок, инкубированных в растворах диспергента, несколько увеличивалось по отношению к контролю при концентрации вещества 0,1 и 0,5 мг/л, но затем резко снижалось при возрастании концентрации токсиканта. Однако, различия были не достоверны по отношению к контролю.

Значения индекса, характеризующего отношение числа вылупившихся предличинок в экспериментальных группах к их количеству в обеих контрольных вариантах, представлены на рис. 2. Можно заключить, что тенденция вылупления предличинок из икринок как в пресной воде, так и в солоноватоводной среде одинакова: индекс увеличивался при содержании икринок в растворе диспергента с концентрацией 0,5 мг/л, но затем снижался при повышении его концентрации.

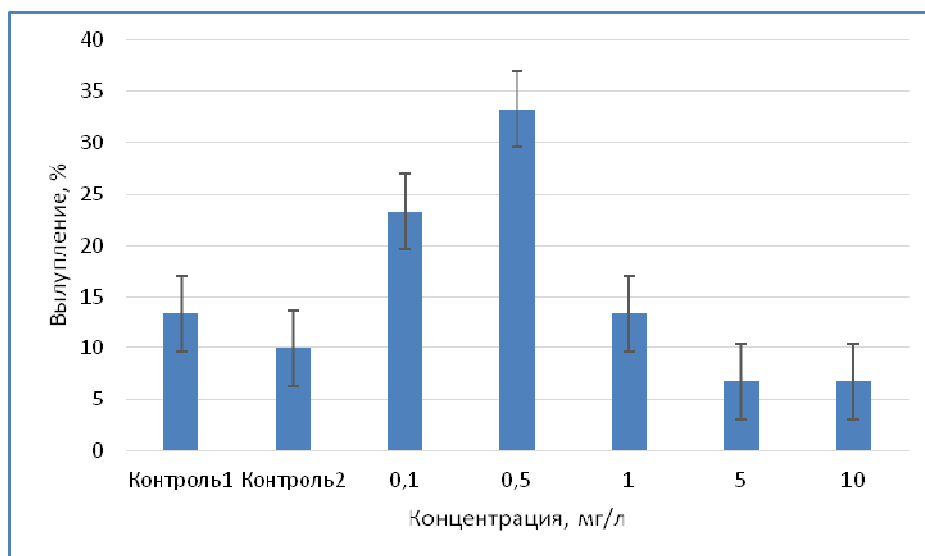


Рис. 1. Вылупление предличинки из икры севрюги (%), инкубированной в растворе диспергента.

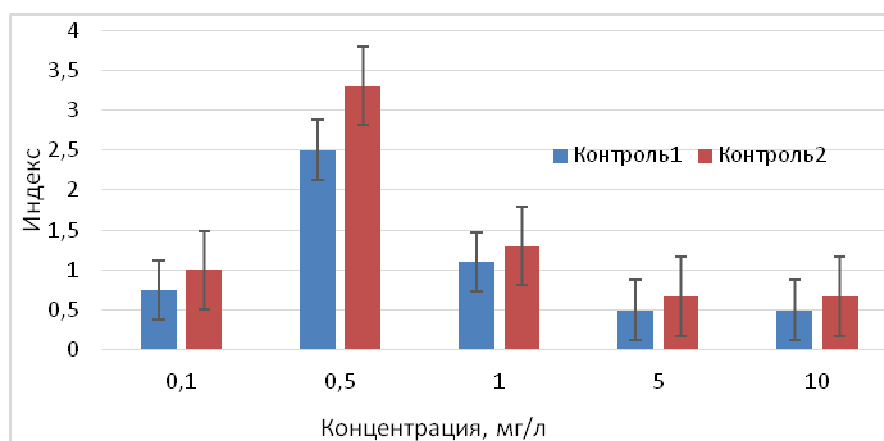


Рис. 2. Изменение индекса (отношение числа выклюнувшихся предличинок в опытных вариантах по отношению к показателям контроля 1 – в пресной воде, и контроля 2 – в соленой 5 ‰ воде).

Динамика вылупления предличинок из икринок рыб также имела особенности и зависела от концентрации вещества (рис. 3). Вылупление предличинок при всех исследуемых концентрациях диспергента произошло одновременно с контролем на 5-е сутки инкубации. При этом максимальный выход предличинок из икринок был отмечен на 6-е сутки при концентрации диспергента 0,5 мг/л.

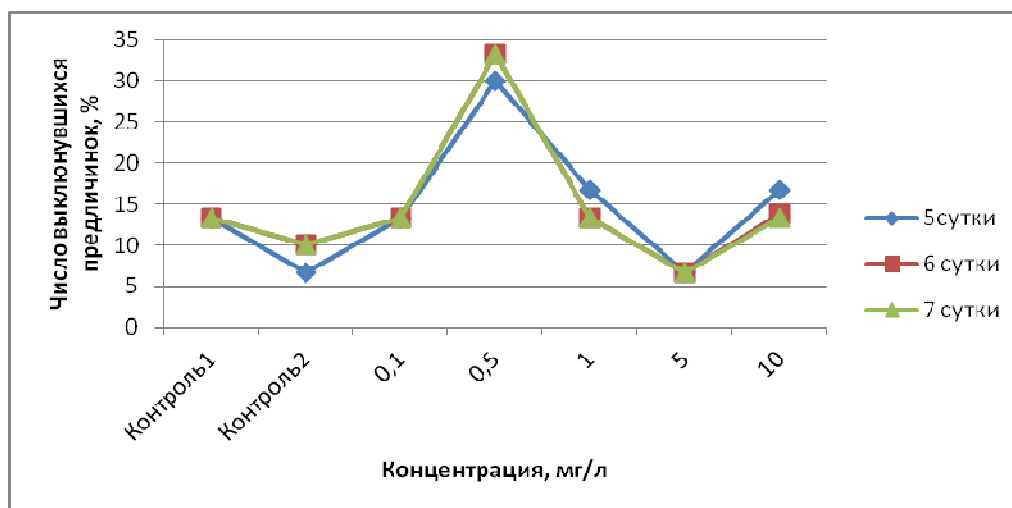


Рис. 3. Динамика вылупления предличинок из икринок, инкубированных в растворе диспергента.

Выживаемость вылупившихся предличинок в растворах вещества с концентрацией 0,1–1 мг/л не отличалась от контроля (рис. 4). Однако, этот показатель был достоверно ниже ($p < 0.01$) при содержании в растворах с концентрацией вещества 5 и 10 мг/л. При этом индекс, характеризующий отношение выживших личинок в опытных вариантах к их количеству в обеих контрольных группах, также снижался уже при концентрациях 0,5 и 1 мг/л, а при концентрациях 5 и 10 мг/л эти различия были достоверны ($p < 0.01$).

Таким образом, результаты исследований позволили выявить неоднозначную реакцию эмбрионов и предличинок севрюги на действие диспергента.

Наши исследования позволили установить модифицирующее влияние диспергента на развитие эмбрионов севрюги, что согласуется с данными других исследователей. Так например, токсическое действие диспергента Сликгона НС было обнаружено на *Artemia salina* (0,1 мг/л), на рыбах *Menidia* и мизид *Mysidopsis* [13]. Лабораторные исследования показали, что поверхностно-активные вещества, входящие в состав диспергентов, могут увеличивать концентрацию СПАВ сырой нефти в толще воды, в результате возрастает токсичность среды по сравнению с контролем, не содержащим СПАВ [14, 15]. Наличие в среде СПАВ изменяет химический состав воды и модифицирует протекающие в ней процессы, в том числе ухудшает кислородный режим и влияет на жизнедеятельность гидробионтов. Так например, при концентрациях 5–15 мг/дм³ у рыб теряется слизистый покров, при повышении содержания этих компонентов происходит кровотечение жабр, а при концентрациях свыше 25 мг/дм³ детергенты вызывают гибель многих рыб (для планктона эта величина близка к 1 мг/дм³). В меньших дозах СПАВ задерживают рост и развитие гидробионтов, ухудшают усвоение питательных веществ [16]

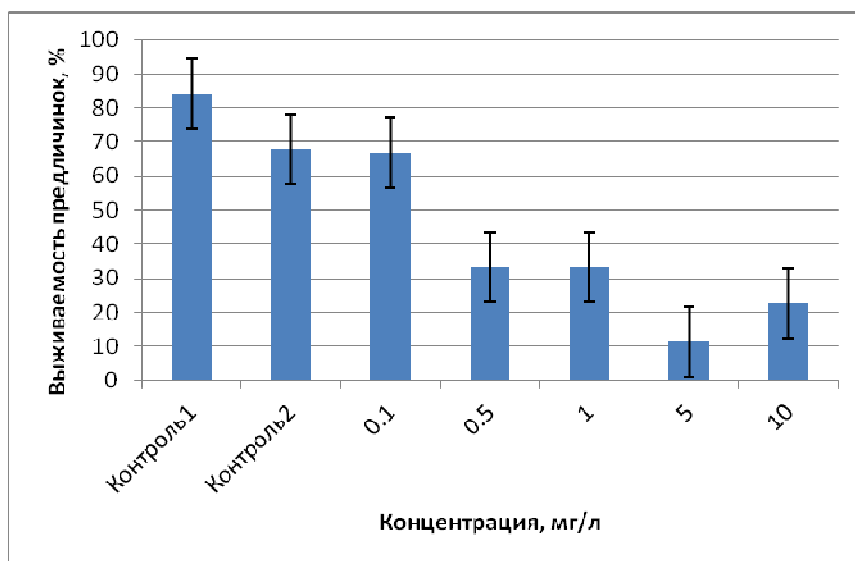


Рис. 4. Выживаемость предличинок (%), инкубированных в растворе диспергента

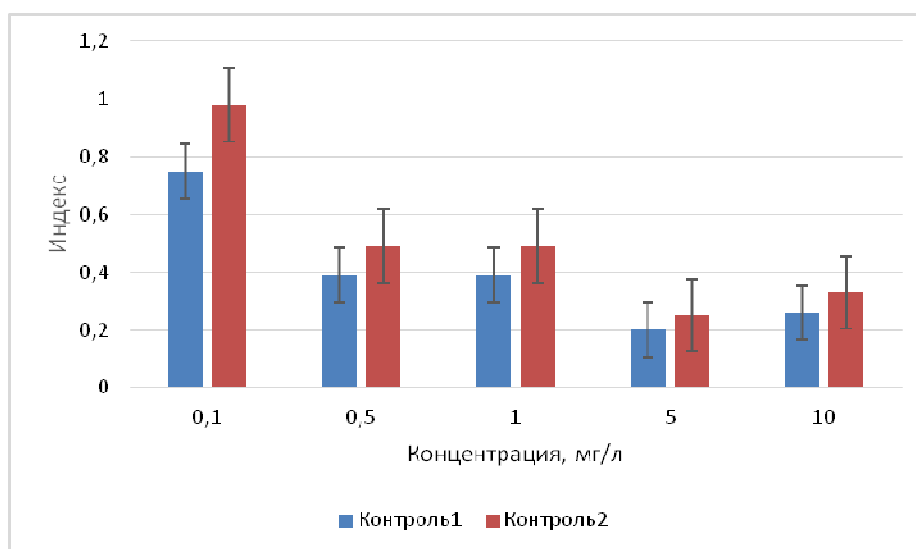


Рис. 5. Изменение индекса (отношение числа выклюнувшихся предличинок в опытных вариантах по отношению к показателям контроля 1 – в пресной воде, и контроля 2 – в соленой 5 ‰ воде)

Нами также установлены неоднозначные эффекты действия диспергента на развивающихся эмбрионов и предличинок севрюги. При небольших концентрациях диспергента (0,1–0,5 мг/л) наблюдалась некоторая тенденция стимуляции

вылупления предличинок, тогда как при повышении содержания токсиканта в среде происходило существенное снижение этого показателя. Это может быть связано с взаимодействием оболочки икры со СПАВ, изменением ее конфигурации, способствующей вылуплению предличинок. Следует отметить, что в данном случае проявляется нелинейный характер токсических эффектов, когда при определенных концентрациях происходит выраженное изменение анализируемых параметров, тогда как при других, даже близких по значению, этого не наблюдается. Вероятно, именно концентрация 0,5 мг/л оказалась эффективной, которая стимулировала вылупление личинок. При более низких концентрациях эффект был не столь выражен, а при более высоких наблюдалась обратная реакция. Неоднозначность действия детергентов, входящих в состав диспергентов, подтверждается результатами исследований действия этих веществ на эмбриогенез рыб: они ускоряли этапы эмбрионального развития, но повышали уровень смертности личинок радужной форели *Oncorhynchus mykiss* [17]. Другими исследователями также были отмечены изменения активности бактерий и нарушения их жизнедеятельности при действии поверхностно-активных веществ [18]. В то же время диспергент не оказал существенного влияния на динамику вылупления предличинок севрюги, которая соответствовала обоим контрольным вариантам.

Иная картина была отмечена при инкубации предличинок в растворах диспергента. Если их выживаемость при концентрации вещества 0,1–1 мг/л достоверно не отличалась от показателей обеих контрольных групп, то при увеличении содержания вещества до 5 и 10 мг/л значения были достоверно снижены ($p < 0.01$). Из этого следует, что предличинки оказались более чувствительными к действию диспергента, чем икра рыб. Это обусловлено защитной функцией оболочки икры, которая предохраняет развивающийся зародыш от неблагоприятных внешних факторов, включая токсиканты антропогенного происхождения. Ранее мы также отмечали, что чувствительность предличинок и личинок рыб к действию нефти значительно выше, чем икринок [19].

Диспергенты прямо и косвенно наносят вред гидробионтам, особенно рыбам и их ранним стадиям развития. В частности, наличие в воде этих веществ снижает содержание кислорода, нарушает газовый обмен, светопропускание, изменяет pH и соленость. Совершенно очевидно, что ухудшение условий среды обитания крайне негативно сказывается на ранних стадиях развития рыб. Помимо не прямых эффектов, эти вещества уменьшают поверхностное натяжение воды, что делает возможным поглощение личинками других органических токсикантов, присутствующих в воде [20].

Нефть оказывает крайне негативное влияние на развитие рыб даже в концентрациях значительно ниже ПДК (0,05 мг/л): Так например, при концентрации нефти в 10 раз ниже ПДК – 0,005 мг/л на 30–40 % снижается оплодотворяемость икры осетра и севрюги, а количество уродливых личинок может достигать 30 % [16]. На этом основании меры борьбы с нефтяным загрязнением являются актуальными и востребованными, в том числе разработка новых экологически безопасных диспергентов и способов их применения [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований влияния диспергента, применяемого для снижения последствий нефтяных разливов, на развивающихся эмбрионов и выклюнувшихся предличинок севрюги позволили установить, что вещество более токсично для предличинок, чем для икры. Если число вылупившихся предличинок севрюги при инкубации в растворах токсиканта не отличалось в опытных и контрольных вариантах, динамика вылупления также была одинаковой, то выживаемость предличинок при концентрации вещества 5 и 10 мг/л была существенно ниже, чем в контроле. В этом случае оболочка икры выполняет защитную функцию, которая предохраняет развивающийся зародыш от неблагоприятных внешних воздействий, вызванных присутствием диспергента в среде. Предличинки лишены этой защиты, и совокупность факторов, связанных с ухудшением условий обитания и непосредственным влиянием химических веществ, входящих в состав диспергента, приводит к их повышенной гибели. Проведение исследований по определению токсичности диспергентов необходимо для разработки новых экологически безопасных препаратов и методов их применения.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают благодарность сотрудникам Темрюкского рыбоводного завода и лично А. В. Емельянову за помощь в организации и проведении экспериментальных работ

Список литературы

1. Fuller C. Comparative toxicity of oil, dispersant and oil plus dispersant to several marine species / C. Fuller, J. Bonner, C. Page [et al.] // Environ. Toxicol. Chem. – 2004. – Vol. 23(12). – P. 2941–2949.
2. Voskoboinikov G. M. Participation of the green algae *Ulvaria obscura* in bioremediation of sea water from oil products / G. M. Voskoboinikov, G. G. Matishov, L. O. Metelkova, [et al.] // Doklady Akademii Nauk. – 2018. – Vol. 481(1). – P. 139–141.
3. Морской энциклопедический словарь
https://sea_enc_reference.academic.ru/911/%D0%94%D0%98%D0%A1%D0%9F%D0%95%D0%A0%D0%93%D0%95%D0%9D%D0%A2%D0%AB?ysclid=m3h510hu9f222149902 (дата обращения 15.08.2024)
4. Чурсин Ф. В. Аварийные разливы нефти: средства локализации и методы ликвидации / Ф. В. Чурсин, С. В. Горбунов, Т. В. Федотова // Пожарная безопасность. – 2004. – №3. – С. 176–189.
5. Мочалова О. С. Методы борьбы с аварийным загрязнением водоёмов нефтью / О. С. Мочалова, Л. М. Гурвич, Н. М. Антонова // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2004. – №3. – С. 20–25.
6. Page C. A. Behavior of a chemically-dispersed oil and a whole oil on a near-shore environment / C. A. Page, J. Bonner, P. Sumner [et al.] // Water Res. – 2000. – Vol. 34. – P. 2507–2516.
7. Брадик Д. И. Токсичность диспергентов, применяемых при ликвидации разливов нефти / Д. И. Брадик, Е. А. Мазлова, О. А. Куликова // Материалы V Международной научно-практической конференции (XIII Всероссийской научно-практической конференции) Нефтепромысловая химия 28 июня 2018 года. Москва, 2018. – С. 95–96.
8. Edwards K. R Toxicity comparison of biosurfactants and synthetic surfactants used in oil spill remediation of two estuarine species / K. R. Edwards, J. E. Lepo, M. A. Lewis // Mar Pollut Bull. – 2003. – Vol. 46. – P. 1309–1316.
9. Beyer J. Environmental effects of the Deepwater Horizon oil spill: A review. / J Beyer, H. C. Trannum, T. Bakke [et al.] // Mar. Pollut. Bull. – 2016. – Vol. 110 (1). – P. 28–51.

10. Vecsei P. Threatened fishes of the world, *Acipenser stellatus*, Pallas, 1771 (Acipenseridae) / P. Vecsei, D. Peterson, R. Suciu [et al.]. // *Environmental Biology of Fishes*. – 2007. – Vol. 78. – P. 211–212.
11. Moghim M. Determination of sex and maturity in *Acipenser stellatus* by using ultrasonography / M. Moghim, A. R. Vajhi, A. Veshkini [et al] // *J. Appl. Ichthyol.* – 2002. – Vol. 18. – P. 325–328.
12. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов от 04.08.2009 г. рыбохозяйственного значения, утв. приказом Росрыболовства № 695
13. Симаков Ю. Г. Оценка токсичности диспергентов на организмы зоопланктона / Ю. Г. Симаков, Д. Л. Никифоров-Никишин, П. Ю. Татаренко // Сборник статей Второй международной конференции «Инновационное развитие. Потенциал науки и современного образования». Пенза, 20 апреля 2018. – № 29. – С. 23–25.
14. Etkin D. Oil Spill Dispersants: From Technology to Policy / D. Etkin // *Cutter Information*, Arlington, MA, USA. – 1999. – 306 p.
15. Kanga S. A. Solubilization of naphthalene and methyl-substituted naphthalenes from crude oil using biosurfactants / S. A. Kanga, J. S. Bonner, C. A. Page [et al.]. // *Environ. Sci. Technol.* – 1997. – Vol. 31. – P. 556–561.
16. Барабашин Т. О. Методическое обеспечение мониторинга загрязнения водных объектов Азово-Черноморского бассейна. / Т. О. Барабашин, И. В. Кораблина, Л. Ф. Павленко [и др.]. // *Водные биоресурсы и среда обитания*. – 2018. – Т. 1(3–4). – С. 9–27.
17. Soleimanpour M. Effect of some detergents (Anionic surfactants) on embryogenesis, hatch percentage, larvae abnormalities, and cortisol levels in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). / M. Soleimanpour, B. M. Amiri, H. Farahmand [et al.] // *Journal of Fisheries*. – Vol. 75 (1). – P. 1–16.
18. Антипова К. А. Влияние поверхностно-активных веществ на рост и деструктивную активность углеводородокисляющих микроорганизмов / К. А. Антипова, А. С. Мурадян // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2014. – Т. 17 (3) – С. 24–27.
19. Rudneva I. I. Interspecies peculiarities of biomarkers response of marine fish embryos to oil pollution. / I. I. Rudneva // *Pollution*. – 2023. – Vol. 9 (1). – P. 243–253.
20. Khan R. A. Chapter 7 - Detergents, Editor(s): Muhammad Zaffar Hashmi, Shuhong Wang, Zulkifil Ahmed / R. A. Khan // *In Advances in Pollution Research, Environmental Micropollutants*, Elsevier. – 2022. – P. 117–130.
21. Иванова М. А. Ликвидация нефтяных загрязнений / М. А. Иванова, Н. С. Чикина, Л. А. Зенитова // *Бутлеровские сообщения*. – 2012. – Т. 29 (3). – С. 1–12.

INFLUENCE OF DISPERSANT ON EMBRYONIC AND POST-EMBRYONIC DEVELOPMENT OF STELLATED STURGEON ACIPENCER

Rudneva I. I.¹, Shaida V. G.², Medyankina M. V.³

¹*Marine Hydrophysical Institute, Sevastopol, Russia*

²*Company "EcoService-A", Moscow, Russia*

³*Moscow State University of Technology and Management MSUTU. K. G. Razumovsky (First Cossack University), Moscow, Russia*

E-mail: sv-g-41@mail.ru

The functioning of the oil and gas complex is associated with the use of a large number of complex chemicals that are used in the process of drilling wells and possible oil spills during its extraction, transportation and processing, which has an extremely negative impact on marine aquatic organisms. To reduce the consequences of oil accidents, special substances are used – dispersants, which are sprayed in the marine environment and help accelerate the degradation of oil. At the same time, dispersants and their components are

xenobiotic compounds for the marine environment and its inhabitants, therefore, the assessment of their possible toxicity is an important and urgent problem for ensuring the functioning of the oil and gas complex in the coastal zone of the seas and oceans. The effect of a dispersant used in oil spills to reduce pollution of water areas was studied at concentrations of 0.1; 0.5; 1; 5 and 10 mg/l on the survival rate of fertilized eggs, prelarvae and the dynamics of their hatching of stellate sturgeon *Acipenser stellatus* in fresh and 5‰ salt water. The results observed, that hatching of prelarvae from eggs incubated in dispersant solutions increased slightly in relation to the control at a substance concentration of 0.1 and 0.5 mg/l, but then sharply decreased with an increase in the concentration of the toxicant. Hatching of prelarvae at all studied concentrations of dispersant occurred simultaneously with the control on the 5th day of incubation. In this case, the maximum output of prelarvae from eggs was noted on the 6th day at a dispersant concentration of 0.5 mg/l. The survival rate of hatched prelarvae in solutions of the substance with a concentration of 0.1–1 mg/l did not differ from the control. However, this indicator was significantly lower ($p < 0.01$) when kept in solutions with a concentration of the substance of 5 and 10 mg/l. Therefore, our studies also allowed us to establish a certain effect of the dispersant on the development of stellate sturgeon embryos. It was found that at low dispersant concentrations (0.1–0.5 mg/l), there is a certain tendency to stimulate the hatching of prelarvae, whereas with an increase in the content of the toxicant in the medium, a significant decrease in this indicator occurred. This may be due to the interaction of the shell of the eggs with the surfactant, a change in its configuration, facilitating the hatching of prelarvae. Other researchers also noted changes in the activity of bacteria and disruption of their vital functions under the action of surfactants. At the same time, the dispersant did not have a significant effect on the dynamics of hatching of stellate sturgeon prelarvae, which corresponded to both control variants. A different picture was noted during the incubation of prelarvae in dispersant solutions. If their survival at a substance concentration of 0.1–1 mg/l did not differ significantly from the indicators of both control groups, then with an increase in the substance content to 5 and 10 mg/l, the values were significantly reduced ($p < 0.01$). It follows from this that the prelarvae were more sensitive to the action of the dispersant than the fish eggs. This is due to the protective function of the egg shell, which protects the developing embryo from unfavorable external factors, including toxicants of anthropogenic origin. Earlier, we also noted that the sensitivity of prelarvae and larvae of fish to the action of oil is significantly higher than that of eggs. The possibility of using fish embryos to assess the ecological state of coastal waters in areas of intensive oil and gas production, as well as in the event of emergency oil spills in water areas is discussed. this parameter. The possibility of using fish embryos to assess the ecological state of coastal waters in areas of intensive oil and gas production and well drilling is discussed. Conducting studies to determine the toxicity of dispersants is necessary for the development of new environmentally safe preparations and methods of their use.

Keywords: pollution, toxicity, water quality, oil spills, fish embryos and prelarvae.

References

1. Fuller C., Bonner J., Page C., Ernst A., McDonald T., and McDonald S. Comparative toxicity of oil, dispersant and oil plus dispersant to several marine species, *Environ Toxicol Chem*, **23** (12), 2941 (2004).
2. Voskoboinikov G. M., Matishov G. G., Metelkova L. O., Zhakovskaya Z. A., Lopushanskaya E. M. Participation of the Green Algae *Ulvaria obscura* in Bioremediation of Sea Water from Oil Products. *Doklady Akademii Nauk*, **481** (1), 139 (2018).
3. Marine encyclopedic dictionary
https://sea_enc_reference.academic.ru/911/%D0%94%D0%98%D0%A1%D0%9F%D0%95%D0%A0%D0%93%D0%95%D0%9D%D0%A2%D0%AB?ysclid=m3h510hu9f222149902
4. Chursin F. V., Gorbunov S. V., Fedotova T. V. Oil spills: localization means and liquidation methods *Fire Safety*, **3**, 176 (2004).
5. Mochalova O. S., Gurvich L. M., Antonova N. M. Methods of combating accidental oil pollution of water bodies. *Environmental protection in the oil and gas complex*, **3**, 20 (2004).
6. Page C. A., Bonner J., Sumner P., McDonald T., Autenrieth R., Fuller C. Behavior of a chemically-dispersed oil and a whole oil on a near-shore environment. *Water Res.* **34**, 2507 (2000).
7. Bradik D. I., Mazlova E. A., Kulikova O. A. Toxicity of dispersants used in oil spill response. Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference (XIII All-Russian Scientific and Practical Conference, Oilfield Chemistry, Moscow, June 28, 2018) 95 (2018).
8. Edwards K. R., Lepo J. E., Lewis M. A. Toxicity comparison of biosurfactants and synthetic surfactants used in oil spill remediation of two estuarine species. *Mar Pollut Bull.* **46**, 1309 (2003).
9. Beyer J., Trannum H. C., Bakke T., Hodson P., Collier T. Environmental effects of the Deepwater Horizon oil spill: A review. *Mar. Pollut. Bull.* **110** (1), 28 (2016).
10. Vecsei P., Peterson D., Suci R., Artyukhin E. Threatened fishes of the world, *Acipenser stellatus*, Pallas, 1771 (Acipenseridae) *Environ.l Biol. Fishes.* **78**, 211 (2007).
11. Moghim M., Vajhi A. R., Veshkini A., Masoudifard M. Determination of sex and maturity in *Acipenser stellatus* by using ultrasonography *J. Appl. Ichthyol.* **18**, 325 (2002).
12. *Methodological recommendations for the development of the legal levels of water quality of water bodies of fishery production including legal levels of harmful substances in the waters of water bodies of fishery*, The Declaration of Rosrybolovstvo № 695 of 04. 08. 2009 (in Russian)
13. Simakov Yu. G., Nikiforov-Nikishin D. L., Tatarenko P. Yu. *Assessment of dispersant toxicity on zooplankton organisms*. Collection of articles of the Second International Conference "Innovative Development. Potential of Science and Modern Education". Penza, April 20, 2018. **29**, 23(2018).
14. Etkin D. *Oil Spill Dispersants: From Technology to Policy*, 306 (Cutter Information, Arlington, MA, USA, 1999).
15. Kanga S. A., Bonner J. S., Page C. A., Mills M. A., Autenrieth R. L. Solubilization of naphthalene and methyl-substituted naphthalenes from crude oil using biosurfactants. *Environ Sci Technol.* **31**, 556 (1997).
16. Barabashin T. O., Korablina I. V., Pavlenko L. F., Skripnik G. V., Korotkova L. I. Methodological support for monitoring pollution of water bodies of the Azov-Black Sea basin. *Aquatic bioresources and habitat*, **1** (3–4), 9 (2018).
17. Soleimanpour M., Amiri B. M., Farahmand H., Mirvaghefi A., Dastar Y. Effect of some detergents (anionic surfactants) on embryogenesis, hatch percentage, larvae abnormalities, and cortisol levels in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Fisheries*, **75** (1), 1 (2022).
18. Antipova K. A., Muradyan A. S. Effect of surfactants on the growth and destructive activity of hydrocarbon-oxidizing microorganisms. *Bulletin of the Kazan Technological University*, **17**(3), 24 (2014).
19. Rudneva I. I. Interspecies peculiarities of biomarkers response of marine fish embryos to oil pollution. *Pollution*, **9** (1), 243 (2023).
20. Khan R. A. Chapter 7 – Detergents, Editor(s): Muhammad Zaffar Hashmi, Shuhong Wang, Zulkfil Ahmed, In Advances in Pollution Research, *Environmental Micropollutants*, Elsevier, 117 (2022).
21. Ivanova M. A., Chikina N. S., Zenitova L. A. Liquidation of oil pollution, *Butler's messages*, **29** (3), 1 (2012).