

Искусственное воспроизводство, как метод компенсации экологического ущерба популяции камчатского краба от разработки шельфа Баренцева моря

Д-р биол. наук Ковачева Н.П., канд. с.-х. наук Тырин Д.В., канд. биол. наук Чертопруд Е.С. – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), kovatcheva@vniro.ru; tyrin1983@gmail.com; horsax@yandex.ru

Ключевые слова: камчатский краб, экологический ущерб, разработка шельфа, искусственное воспроизводство, восстановление водных биологических ресурсов

В данной работе проведён анализ возможного экологического ущерба популяции камчатского краба *Paralithodes camchaticus* в Баренцевом море от нефтегазовой разработки шельфа. Предложены методические дополнения к базовой схеме оценки ущерба популяции камчатскому крабу, наносимого предприятиями нефтегазодобывающей отрасли. Представлены современные достижения и преимущества искусственного воспроизводства камчатского краба заводским способом.

Постановка проблемы

В последнее десятилетие проходит масштабное освоение месторождений полезных ископаемых в шельфовой зоне Баренцева моря (газо-нефтеносная Баренцево-Карская провинция). На данный момент открыто 11 месторождений – 4 нефтяных, 1 нефтегазоконденсатное, 3 газоконденсатных и 3 газовых [1]. Строительство платформ, трубопроводов и терминалов, сопутствующее добыче углеводородов приводит к негативному воздействию на среду обитания морских организмов, в том числе промысловых видов. При поисково-разведочных работах на нефть и газ наибольшую опасность для гидробионтов представляют нарушения донных осадков в ходе подготовительных и сопутствующих бурению работ (подвод трубопроводов, расчистка площадок для установки опор), повышение мутности вод и загрязнение среды производными нефти в районах буровых платформ. Характерно, что более 70% территорий, планируемых к освоению и уже эксплуатируемых месторождений, находится в зоне повышенной биологической продуктивности и активного рыболовства, где формируются и воспроизводятся основные запасы промысловых гидробионтов [11]. Негативное влияние нефтегазовой индустрии на окружающую среду усугубляется тем, что арктические воды характеризуются низкой интенсивностью естественной биологической очистки из-за низких температур [12], что в случае аварийных разливов нефти может привести к длительному загрязнению. Ущерб биоресурсам может выражаться как в прямой гибели особей от неблагоприятных воздействий, так и через истощение кормовой базы, а также разрушение местообитаний, характерных для промысловых видов [10].

Имеющиеся на сегодняшний день правовые и нормативные документы декларируют оценку ущерба природе в понятиях и категориях экономических потерь, а также в последствиях для социальной сферы человека. При этом экологические последствия – снижение биоразнообразия и из-

менение структуры экосистем – практически не учитываются [1]. Очевидно, что для объективной оценки экологического ущерба надо разделять понятия «ущерба рыбному хозяйству» и «ущерба природной среде». Ущерб рыбному хозяйству определяется стоимостью продукции, которая не будет получена после реализации проекта или в результате аварий. Ущерб природной среде (потеря биосферных функций) – это оценка запаса животных и растений, гибнущих или теряющих места обитания и размножения в результате строительства и эксплуатации объектов или аварий на них. В современной российской экологической нормативно-правовой базе отсутствует унифицированный методический документ, формулирующий процедуру и механизм расчёта ущерба, наносимого объектам живой природы и биоресурсам хозяйственной деятельностью [13]. Это обусловлено тем, что в современных правовых и нормативных актах не содержится приемлемого стоимостного эквивалента, который мог бы использоваться при расчётах ущерба структуре и функциям экосистем. Чаще всего в официально принятых методиках при расчёте экологического ущерба используется размер минимальной оплаты труда, как единица отсчёта штрафов или величины компенсации объектам живой природы. Эта оценка удобна в нынешних условиях, когда производится периодическая индексация минимальной зарплаты с учётом инфляции, однако её размер никак не связан с оценкой реального ущерба объектам окружающей среды. Международная практика показывает, что именно переход к обязательной эколого-экономической оценке объектов живой природы и их биосферных функций, как основы исчисления компенсаций, позволяет внедрить эффективные экономические механизмы стимулирования охраны живой природы. При этом для ряда стран природные экосистемы становятся одним из ценных возобновляемых природных ресурсов, доходы от пользования которым могут превосходить таковые от экспорта сырья.

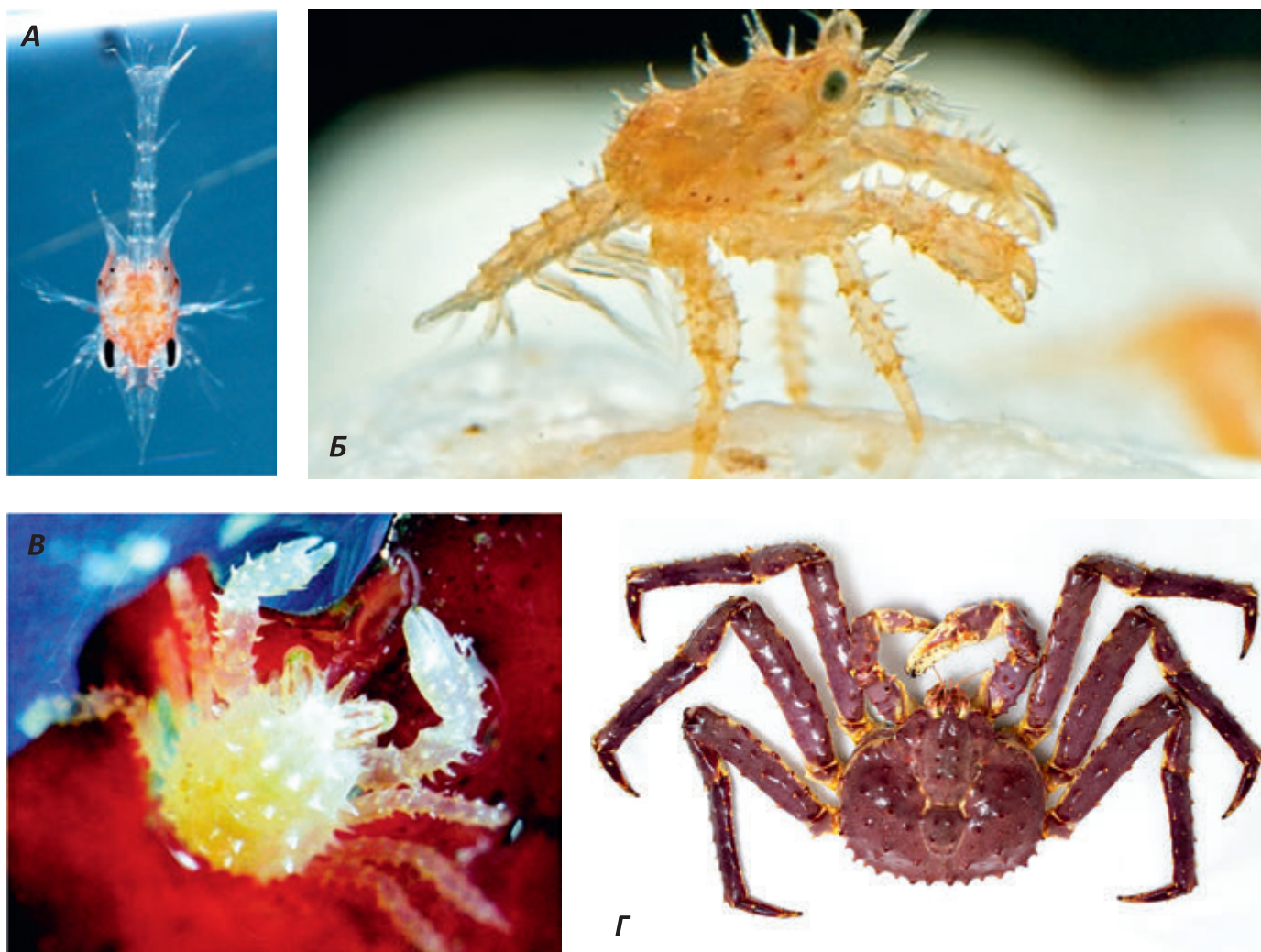


Рисунок 1. Основные этапы онтогенеза камчатского краба:
 А) личинка (зоэа), Б) постличинка (глаукотое), В) молодь, Г) взрослая особь

В данной статье проведён анализ общих принципов оценки экологического ущерба популяции камчатского краба (*Paralithodes camchaticus*) от разработки шельфа Баренцева моря. Предложена методика восполнения природных запасов вида методом искусственного воспроизводства. С одной стороны, эта работа может стать руководством для расчёта ущерба промысловым донным беспозвоночным от промышленной деятельности. С другой стороны, она характеризует методику искусственного воспроизводства десятиногих ракообразных как способ восстановления и поддержания природных запасов их видов.

Экологическая ниша камчатского краба в Баренцевом море

Оценка ущерба от промышленной деятельности отдельно взятому виду невозможна без анализа занимаемой им экологической ниши. Характеристика экологической ниши включает не только описание типичных для вида местообитаний, но и состав его кормовой базы, специфику жизненного цикла, поведенческие особенности и взаимодействия с другими членами экосистемы. Наиболее точно можно охарактеризовать пространственный (биотопический) и функциональный (трофический) сегменты экологической ниши камчатского краба.

Пространственная ниша. Камчатский краб – типичный обитатель морской литорали и сублиторали, встречающийся в диапазоне глубин от 2 до 200 м. Краб обитает при солёности воды 30-35‰ и диапазоне температур от +2 до +7°C, но

во время сезонных и возрастных миграций встречается при температурах от -2 до +18°C [7]. Из опубликованных ранее работ [7; 8; 15] можно сделать вывод, что первые годы жизни камчатский краб проходит пять этапов использования среды обитания.

Этап 1. Первые 3-4 месяца жизни, на стадии предличинки и личинки (презоэа и зоэа), особи ведут планктонный образ жизни и свободно переносятся течениями в пределах ареала.

Этап 2. Следующие 9-10 месяцев постличинка (глаукотое) и ранняя молодь предпочитают субстраты со сложной микроструктурой – зону красных водорослей, скалы и россыпи камней, богатые эпифауной. Молодь камчатского краба (в производственной среде её называют мальком) обитает в зоне водорослей *Desmarestia aculeata* и *D. viridis* на каменистых и валунно-галечных грунтах, в диапазоне глубин 3-12 м, а также среди красных водорослей *Lithothamnion murmanicum* на скальных и галечных грунтах глубин 12-40 м, при этом зона бурых водорослей *Fucus* своей нижней границей лимитирует распределение молоди.

Этап 3. В возрасте одного года особи краба встречаются среди относительно крупных ниш и укрытий (друзы мидий, скопления иглокожих) и часто занимают биотопы в трещинах на вертикальных субстратах. Молодь первого года жизни в Баренцевом море обитает круглогодично в сообществах офиур, мидий, модиол, гребешков, морских ежей, балянусов в зоне красных водорослей, а также на ракушечнике, крупных камнях и вертикальных скалах на глубинах от уреза воды до

50 м. Максимальная плотность камчатского краба наблюдается в биотопах с наличием большого количества убежищ, наименее всего им освоены участки ровного илистого грунта.

Этап 4. В возрасте около двух лет (ширина карапакса более 20-25 мм) крабы начинают покидать убежища и образовывать скопления (поддинги). Поддинговое поведение продолжается, по меньшей мере, до наступления половой зрелости (5,5 лет у самок камчатского краба). Поддинги в зоне сублиторали могут занимать площадь в сотни квадратных метров. Плотность особей в поддинге достигает 500 экз./м². Дисперсные поселения молоди второго года жизни встречаются во всех типах биотопов при наличии убежищ в диапазоне глубин от 5 до 70 м, средняя плотность особей – 0,01-0,05 экз./м². На рыхлых грунтах особи этого возраста встречаются значительно реже, чем на твёрдых субстратах.

Этап 5. Пререкруты краба (взрослые особи, не достигшие промысловых размеров по ширине карапакса) встречаются поодиночке преимущественно на поверхности рыхлых грунтов (ракушечник, песок, разлагающиеся водоросли) на глубине 10-50 м. Плотность их не превышает 1 экземпляр на 20-100 м². Глубина обитания, конкретный биотоп и плотность распределения взрослых особей в течение года существенно варьируют. В весенний репродуктивный период они скапливаются на мелководье, в течение летне-осеннего периода крабы находятся на глубинах более 100 м, а в следующем сезоне мигрируют обратно в прибрежную зону.

Промысловые крабы встречаются в широком спектре участков дна, расположенных в пределах шельфовой зоны и свала глубин – зоны красных и бурых водорослей, россыпи камней, песчаные и песчано-илистые грунты.

Таким образом, камчатский краб использует в ходе своего онтогенеза все основные типы местообитаний, встречающиеся от нижней литорали до нижней сублиторали Баренцева моря. При этом важную роль для успешного существования популяции играет возможность свободного перемещения особей между всеми ключевыми типами биотопов, так как камчатский краб совершает обширные сезонные миграции.

Функциональная ниша. Кормовая база личинок камчатского краба включает зоо- и фитопланктон [7]. Основу рациона ранней молоди краба составляют организмы мейобентоса и, в меньшей степени, микрофитобентоса, населяющие как грунт, так и поверхность талломов водорослей – перифитон [7]. Молодь второго года, пререкруты и взрослые особи на мягких грунтах поедают двустворчатых моллюсков и полихет, а на твёрдых – различных моллюсков, ракообразных и иглокожих [8]. Совершая кормовые миграции, крабы переходят из одного биотопа в другой, поэтому их рацион становится более разнообразным. Сезонные изменения температурного режима придонных вод не оказывают прямого влияния на интенсивность выедания бентоса молодь краба. Во многих случаях распределение как молоди, так и взрослых особей камчатского краба повторяет мозаику размещения пищевых ресурсов.

Дополнения к расчётам экологического ущерба популяции камчатского краба от разработок шельфа

В Баренцевом море большая часть акватории (60% от общей площади) имеет глубины более 300 м, а средняя глубина равна 220 м. Камчатский краб встречается преимущественно в диапазоне глубин от 0 до 300 м. Основные месторождения углеводородов также находятся на глубинах до 250 м [14]. Таким образом, на одной территории возникает конфликт интересов нефтегазовой промышленности и рыболовецкого промысла. На сегодняшний день для оценки ущерба от антропогенных

воздействий камчатскому крабу может быть применена методика исчисления размера вреда, причинённого водным биологическим ресурсам [10]. Предложенная в данной методике формула расчёта ущерба учитывает как площадь, так и степень негативных воздействий, а также разнокачественность тераемых территорий и биомассу обитающих на них видов.

Предлагаются следующие методические дополнения к базовой схеме оценки ущерба популяции камчатского краба от разработок шельфа.

1. При оценке стоимости особи камчатского краба, проводимой в ходе расчёта ущерба, необходимо учитывать её онтогенетическую стадию развития. Стоимость особи должна возрастать вместе с увеличением её возраста, то есть цена за личинку будет в несколько раз меньше, чем за взрослую особь репродуктивного возраста. Оптимально выделение пяти возрастных групп: личинки, молодь 1-2 года жизни (ширина карапакса до 2 см), молодь 3-5 года жизни (ширина карапакса до 10 см), пререкруты и взрослые особи. Предложенная схема ранжирования стоимости отражает динамику смертности разных возрастных групп камчатского краба в природных экосистемах – чем ниже смертность возрастной группы, тем выше стоимость входящих в неё особей.

2. Наиболее важными для развития молоди и нагула пререкрутов и взрослых особей камчатского краба являются зоны красных и бурых водорослей, ракушечник, а также крупнокаменистые грунты, богатые различными типами эпифауны. Илистые и песчаные грунты в наименьшей степени используются ранними возрастными группами. Данный факт необходимо учитывать при оценке степени использования разных местообитаний камчатским крабом.

3. Оценку численности возрастных групп камчатского краба в разных местообитаниях необходимо осуществлять по разным методическим схемам. Для учёта личиночных стадий, обитающих в толще воды, необходим сбор количественных планктонных проб с помощью сети Джеди. Для оценки численности молоди, имеющей малые размеры и населяющей донные биотопы, необходим сбор количественных проб с помощью дночерпателей различных типов – на мягких грунтах, и с помощью модифицированных скребков, применяемых для перифитона – на крупных валунах и скалах. Оценка численности в биотопе пререкрутов и взрослых особей должна проводиться с помощью краболовных ловушек или прямым учётом в ходе водолазных исследований.

Данные дополнения могут быть актуальны при оценке стоимости отдельной особи, при расчёте численности особей в биотопе, оценке значимости биотопа для онтогенеза вида, что важно как для видов с длительным жизненным циклом,



Рисунок 2. Этапы искусственного воспроизводства камчатского краба заводским способом



Рисунок 3. Выпуск молоди камчатского краба, полученной в искусственных условиях, в бухте Дальнезеленецкой Баренцева моря:

А) молодь в контейнере перед выпуском;
 Б) погружение садков с молодь, выполненных на основе пластиковых контейнеров;
 В) погружение садков с молодь, выполненных на основе краболовных ловушек.

так и для экосистемы в целом. При комплексной оценке ущерба всем возрастным группам камчатского краба во всех подверженных антропогенному воздействию типах биотопов значения ущерба, рассчитанные для отдельных стадий в отдельных биотопах, должны суммироваться.

Восстановление популяций камчатского краба методом искусственного воспроизводства

Экспериментальными работами сотрудников лаборатории марикультуры беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО» показана принципиальная возможность эффективного получения и выращивания личинок и молоди камчатского краба в бассейновых системах с проточным или замкнутым циклом водоиспользования. Разработаны биотехнические нормативы для искусственного воспроизводства вида заводским способом и рекомендации по увеличению жизнестойкости личинок и молоди при искусственном выращивании. В настоящее время лаборатория продолжает оптимизировать основные составляющие технологического цикла для комплексов на побережьях Баренцева и Японского морей. Все элементы биотехники искусственного воспроизводства камчатского краба защищены патентами РФ. С 2010 по 2012 гг. сотрудниками лаборатории осуществлён полный цикл работ по искусственному воспроизводству камчатского краба на побережье Баренцева моря в бассейновом комплексе с проточной системой водоиспользования, спроектированном лабораторией, и принадлежащем ООО «Дальние Зеленцы». Этапы биотехники воспроизводства камчатского краба заводским методом представлены на рис. 2 и описаны в работах лаборатории [2; 5].

Выпуск молоди камчатского краба в естественную среду осуществляют через 10-15 суток после линьки со стадии глаукотоз и примерно через 60 суток после выхода из икры (рис. 3). Для транспортировки до места выпуска применяют пластиковые ёмкости с субстратом. Выпуск молоди в море проводится в садках,

содержащих синтетические волокна по периферии и «ядро» субстрата с молодь в центральной части. Садки для выпуска молоди обшивают мелкочаеистой сеткой изнутри и сеткой с ячейкой 5-10 мм снаружи, чтобы предотвратить проникновение хищников. В лаборатории создано и апробировано несколько типов таких садков, выявлены конструктивные преимущества разных моделей. В результате работ по искусственному воспроизводству камчатского краба в Баренцево море выпущено около 600 тысяч жизнестойких ювенильных особей (200, 100, 300 тысяч в 2010, 2011, 2012 годах, соответственно) [3; 4; 6].

Большое значение при воспроизводстве краба с целью пополнения естественных популяций имеет выбор места выпуска молоди. Оно должно находиться в бухтах, заливах или у островов, расположенных недалеко от берега, где морфометрия береговой линии обеспечивает защиту садков с молодь от волн, так как шторма засыпают садки илом. Районы, расположенные вблизи эстуариев рек и ручьёв, следует исключить из-за нестабильной солёности воды. Необходимо избегать сильных течений, способных переместить садки в места, не пригодные для развития краба. Дно может быть скальным, галечным или песчаным, но илистые грунты для молоди не подходят. Биотоп, в который проводится выпуск молоди, должен содержать достаточное количество укрытий (заросли красных водорослей, различная эпифауна и т.д.). Оптимальная глубина расположения садков составляет от 5 до 15 м с учётом максимального отлива, что важно для проведения последующих водолазных исследований.

Результатами работ, проведённых в экспериментальных и полупромышленных условиях, доказан ряд преимуществ получения молоди камчатского краба в условиях бассейновых комплексов по сравнению с естественной средой:

- 1) в бассейновых комплексах с любым типом водоиспользования есть возможность создания и регулирования оптимальных условий для гидробионтов;
- 2) в искусственных условиях можно обеспечить полноценное питание гидробионтов;
- 3) продолжительность развития личинок в бассейновых комплексах сокращается в 2 раза по сравнению с природной средой;

4) повышается выживаемость ранних стадий развития с 0,001% в природе, до 30-35% в бассейнах.

При разработке месторождений углеводородного сырья на шельфе Баренцева моря наиболее рациональной представляется организация превентивных мероприятий по сохранению биоресурсов [9]. Эти мероприятия заключаются в строительстве или расширении предприятий по искусственному воспроизводству и должны осуществляться до начала освоения месторождений. Строительство, как специализированного бассейнового комплекса, так и отдельного цеха по воспроизводству камчатского краба при рыболовном заводе, является достаточно длительным процессом. До возникновения аварийной ситуации комплексы по искусственному воспроизводству должны работать на низких мощностях в режиме поддержки производственного цикла. В случае аварии интенсивность искусственного воспроизводства камчатского краба на предприятиях аквакультуры должна быть увеличена до уровня необходимого для восстановления популяции. Таким образом, компенсационные мероприятия, которые обязаны выполнять компании, осваивающие месторождения горючих ископаемых на шельфе Баренцева моря, могут быть частично выполнены путём строительства марикультурных хозяйств на побережье заливов Мурманской области, обладающих благоприятными условиями для развития искусственного воспроизводства камчатского краба.

Заключение

Возможный ущерб от нефтегазовой добычи для популяции камчатского краба Баренцева моря заключается в уничтожении кормовой базы, среды обитания молоди и взрослых особей и негативном влиянии на планктонные личиночные стадии в связи с повышением мутности вод. Предложенные методические дополнения к базовой схеме оценки ущерба камчатскому крабу позволят более детально проанализировать воздействие на популяции вида с учётом их возрастной структуры и биотопического распределения. Наиболее перспективный метод восстановления и поддержания популяции камчатского краба – это искусственное воспроизводство данного вида в промышленных масштабах. Итогом работ по искусственному воспроизводству является выпуск молоди на экологически оптимальных как для краба, так и для экосистемы, участках природных акваторий. Полный контроль выживаемости и физиологического состояния гидробионтов на всех этапах развития в искусственных условиях позволит в десятки тысяч раз снизить смертность краба на ранних стадиях. Выполненные лабораторией марикультуры беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО» в сотрудничестве с ООО «Дальние Зеленцы» работы по воспроизводству камчатского краба являются ярким примером частно-государственного взаимодействия в решении вопроса восстановления биоресурсов Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Исправников В.О., Куценко В.В., Уриновский Е.И. Проблемы обеспечения экологической безопасности при освоении нефтегазовых месторождений Баренцева моря. // Материалы «круглого стола» Совета Федерации РФ 17.02.2011 г. «Экологически безопасные технические и технологические решения при освоении нефтяных и газовых месторождений в Баренцевом море», 2011.
2. Ковачева Н.П. Аквакультура ракообразных отряда Decapoda: камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* и гигантская пресноводная креветка *Macrobrachium rosenbergii*. М.: ФГУП «ВНИРО», 2008. 240 с.
3. Ковачева Н.П. Достижения и перспективы воспроизводства и культивирования камчатского краба на береговых комплексах. Материалы Всероссийской научной конференции, посвящённой 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО». Петропавловск-Камчатский: ФГУП «КамчатНИРО», 2012. С. 573-580.
4. Ковачева Н. П., Борисов Р.Р., Кряхова Н.В., Лебедев Р.О., Паршин-Чудин А.В., Назарцева М.Ю. Достижения искусственного воспроизводства камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) на Дальневосточном и Северном рыбохозяйственных бассейнах. Рыбное хозяйство, №3, 2012. С. 63-67.
5. Ковачева Н.П., Калинин А.В., Эпельбаум А.Б., Борисов Р.Р., Лебедев Р.О. Культивирование камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815). Часть 1. Особенности раннего онтогенеза. Бионормативы и рекомендации по искусственному воспроизводству. М.: ФГУП «ВНИРО», 2005. 76 с.
6. Ковачева Н.П., Лебедев Р.О., Паршин-Чудин А.В., Загорский И.А., Борисов Р.Р., Кряхова Н.В. Успешный опыт искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* на побережье Баренцева моря. Рыбное хозяйство, №6, 2010. С. 70-72.
7. Павлов В.Я. Жизнеописание краба камчатского *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815). М.: ФГУП «ВНИРО», 2003. 110 с.
8. Переладов М.В. Особенности распределения и поведения камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) в прибрежной зоне Баренцева моря. Автореферат диссертации кандидата биологических наук. М.: ФГУП «ВНИРО», 2005. 24 с.
9. Правила организации искусственного воспроизводства водных биологических ресурсов. Постановление Правительства РФ № 99 от 12.02.2014 г.
10. Приказ ФАР № 1166 об утверждении «Методики исчисления размера вреда, причинённого водным биологическим ресурсам» от 25.11.2011.
11. Прищепа О.В., Титов О.В. Актуальные проблемы взаимодействия нефтегазовой и рыбохозяйственной отраслей промышленности при освоении ресурсов шельфа арктических морей. Материалы международной конференции «Рыболовство в условиях освоения углеводородных ресурсов континентального шельфа». Мурманск: ФГУП «ПИНРО», 2009.
12. Рубан Е.Л. Физиология и биохимия нитрифицирующих микроорганизмов. М., АН СССР, Институт микробиологии, 1961, 175 с.
13. Сборник нормативно-методических документов и аналитический обзор Государственного комитета РФ по охране окружающей среды, проект ГЭФ «Сохранение биологического разнообразия». М.: АО «ОКАЭКОС», 2000. 240 с.
14. Титов О.В., Прищепа Б.Ф., Пестрикова Л.И. Искусственное воспроизводство промысловых гидробионтов как способ компенсации ущерба от хозяйственной деятельности на шельфе в отношении водных биологических ресурсов. // «Нефть и газ арктического шельфа-2008», материалы IV международной конференции, секция «Экология, мониторинг и охрана окружающей среды», 12-14.11.2008, Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, 2008, 407 с.
15. Stevens B.G. King Crabs of the World: Biology and Fisheries Management. London: CRC Press, 2014. 636 p.

Artificial reproduction as a compensation method of the environmental damage for red king crab population from the development of the Barents Sea shelf

Kovatcheva N.P., Doctor of Sciences, **Tyrin D.V.**, PhD, **Chertoprud E.S.**, PhD – All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, kovatcheva@vniro.ru; tyrin1983@gmail.com; horsax@yandex.ru

In the article, an analysis of environmental damage to red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) population in the Barents Sea from oil and gas development on the shelf is performed. The methodical additions to the basic scheme to assess damage, caused by oil and gas industry to red king crab are presented. The achievements and benefits of artificial red king crab reproduction are demonstrated.

Key words: red king crab, environmental damage, oil and gas development on the shelf, artificial reproduction, restoration of aquatic biological resources