

УДК 574.583.591.9

**СОСТОЯНИЕ ИХТИОПЛАНКТОННОГО  
КОМПЛЕКСА В ЗАЛИВЕ НЕВЕЛЬСКОГО (ЮГО-  
ЗАПАДНЫЙ САХАЛИН) ПОСЛЕ АВАРИЙНОГО  
РАЗЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ С ТАНКЕРА  
«НАДЕЖДА»**

**О. Н. Мухаметова (olga.sakhniro@gmail.com)**

Сахалинский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии (Южно-Сахалинск)

**Мухаметова, О. Н.** Состояние иктиопланктонного комплекса в заливе Невельского (юго-западный Сахалин) после аварийного разлива нефтепродуктов с танкера «Надежда» [Текст] / О. Н. Мухаметова // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды «СахНИРО». – Южно-Сахалинск : «СахНИРО», 2019. – Т. 15. – С. 202–223.

В работе представлены результаты изучения иктиопланктона после аварийного разлива нефтепродуктов с танкера «Надежда». Для иктиопланктонного сообщества были характерны сезонные изменения видового состава и численности и мозаичность распределения, не зависящая от локализации по отношению к месту разлива. Визуально регистрируемые повреждения у икры и личинок отсутствовали. Увеличение смертности икры наблюдалось в местах основных скоплений I стадии развития, наиболее подверженной влиянию внешних факторов различной природы.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** порт Невельск, танкер «Надежда», разлив, нефтепродукты, иктиопланктон, численность, выживаемость.

**Табл. – 3, ил. – 8, библиогр. – 42.**

**Moukhametova, O. N.** The condition of ichthyoplankton complex in Nevelskoy Bay (south-east Sakhalin) after the emergency oil spill from the tanker “Nadezhda” [Text] / O. N. Moukhametova // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of the “SakhNIRO”. – Yuzhno-Sakhalinsk : “SakhNIRO”, 2019. – Vol. 15. – P. 202–223.

The results of ichthyoplankton studies after the emergency oil spill from the tanker “Nadezhda” are presented in this paper. Ichthyoplankton community was characterized both by the seasonal changes in species composition and abundance and by mosaic spatial distribution, independent of the site of oil spill. Visually detectable damages of eggs and larvae were not found. The increase in eggs’ mortality was observed in places with the high concentrations of those at the 1st stage of maturity, which are most sensitive to the influence of external factors of different genesis.

**KEYWORDS:** port of Nevelsk, tanker “Nadezhda”, spill, petrochemicals, ichthyoplankton, abundance, survival.

**Tabl. – 3, fig. – 8, ref. – 42.**

## ВВЕДЕНИЕ

Аварийный разлив нефтепродуктов с танкера «Надежда» был зарегистрирован 28 ноября 2015 г. Западным прижимным ветром танкер выбросило на прибрежные рифы севернее порта Невельск примерно в 150 м от берега (**Разлив нефтепродуктов...**, 2015). Основному загрязнению подверглись прибрежная зона и береговая черта. Во второй половине дня 28 ноября смена ветра на северо-восточный привела к накоплению мазута во внутренней акватории порта и распространению его в южном направлении. По визуальным оценкам, загрязнение поверхности воды просматривалось сплошной полосой от уреза на удаление до 50–100 м от берега. По разным оценкам, было загрязнено побережье протяженностью от 11 до 20 км (**Марыжихин и др., 2016; Лисицын и др., 2017**). Объем нефтепродуктов, попавших в воду, точно установить не удалось. По очень приблизительным оценкам, в море попало 250–300 т мазута и 80–100 т дизтоплива.

В целях определения влияния нефтепродуктов на состояние морских сообществ ФГБНУ «СахНИРО» были организованы комплексные исследования биоты. Ранние стадии развития рыб, как наиболее уязвимые к внешним факторам и являющиеся надежным показателем экологической ситуации на акватории (**Климова, 2005; Давыдова, Черкашин, 2007; Архипов, 2015**), были выбраны одним из тест-объектов для оценки влияния последствий аварии на воспроизводство рыб.

В задачи исследований входило изучение видового состава, численности, пространственного распределения ихтиопланктона в районе разлива нефтепродуктов и на разном удалении от него через несколько дней и через несколько месяцев после аварии. Для получения данных по общей выживаемости ранних стадий развития рыб оценивали визуально регистрируемые повреждения икры и личинок рыб, включая патологии эмбриогенеза.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Первый сбор проб ихтиопланктона был организован с 8 по 17 декабря 2015 г. через десять дней после аварийного разлива. Ихтиопланктонная съемка охватила значительную часть района, который мог быть загрязнен нефтепродуктами, – акваторию вдоль юго-западного Сахалина от г. Холмск до м. Крильон с глубинами до 200 м и прибрежную зону залива Анива от м. Крильон до м. Анива с глубинами до 100 м. Отбор проб был выполнен на 40 станциях ихтиопланктонной сетью ИКС-80 с площадью входного отверстия 0,5 м<sup>2</sup> вертикальным тралением от дна до поверхности (**рис. 1**).

Исследования были продолжены в весенне-летний период, когда возросла вероятность вторичного загрязнения акватории в результате активизации жизнедеятельности нефтеокисляющих микроорганизмов и вертикальной миграции осевших на дно тяжелых фракций нефтепродуктов (**Марыжихин и др., 2016**). Исходя из полученных оценок загрязнения акватории, по данным химического анализа воды и грунтов, сбор ихтиопланктона ограничили прибрежной зоной до глубины 10 м в районе аварийного разлива и двумя контрольными полигонами, один из которых находился в 10,6 км к северу, другой – в 18,3 км к югу от места аварии. В июле на северном контрольном полигоне по техническим причинам пробы собрать не удалось.

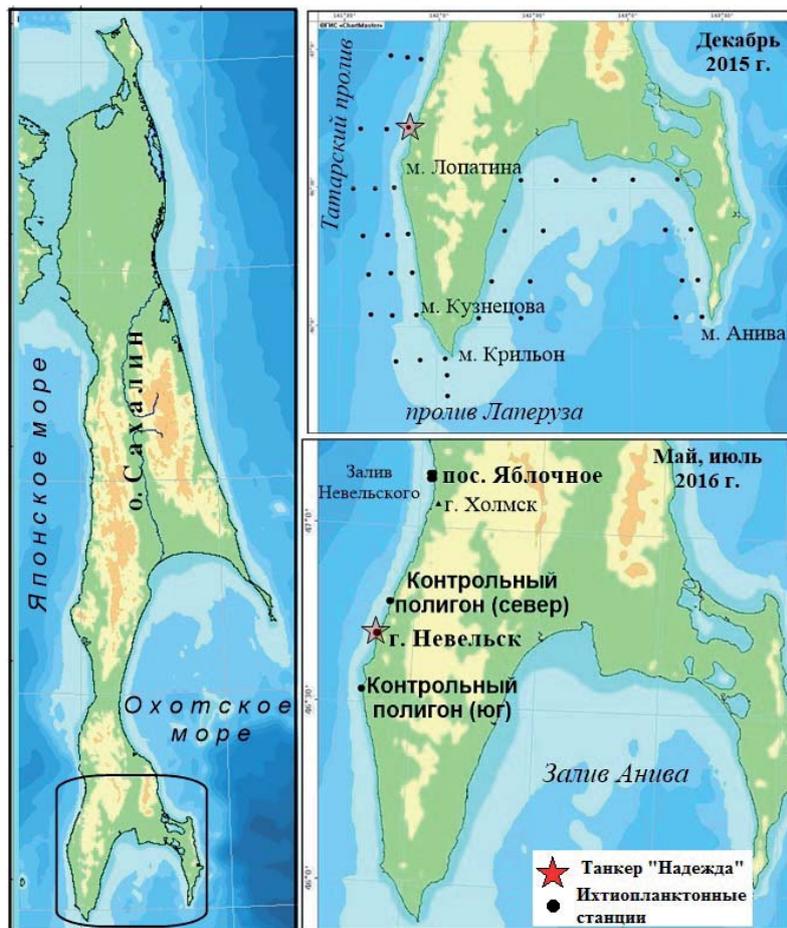


Рис. 1. Схема отбора проб иктопланктона  
 Fig. 1. Scheme of ichthyoplankton sampling

Для характеристики variability фоновых характеристик иктопланктонного сообщества зал. Невельского в районе с. Яблочное был выполнен дополнительный отбор проб. Пробы отбирали в мае (25 проб) и в июле (20 проб). На каждой станции выполняли два типа лова – вертикальный от дна до поверхности и горизонтальный буксировкой сети в поверхностном слое на протяжении 100 м. Для облова использовали сеть ИКС-50 с площадью входного отверстия 0,2 м<sup>2</sup>. На мелководье (0,5 м) вблизи танкера для единичного облова личинок рыб использовали бентометр Леванидова.

Обработку и анализ проб выполняли по стандартным методикам с использованием бинокля Olympus SZX10 (Расс, Казанова, 1966; Методические рекомендации..., 2016).

По результатам зимней съемки численность иктопланктона пересчитывали под 1 м<sup>2</sup> площади поверхности, поскольку глубина облова была значительной и точный слой распределения организмов не известен. В прибрежной зоне, учитывая активную гидродинамику и небольшие глубины, для сравнения концентраций иктопланктона в разных типах ловов численность была рассчитана на единицу объема (1 м<sup>3</sup>).

Для определения состояния ихтиопланктона у живых личинок визуально оценивали поведенческие реакции; в фиксированных пробах – загрязненность и целостность оболочек икры и внешних покровов личинок, наличие патологий у эмбрионов, предличинок и личинок. Индикаторами состояния ихтиопланктонного сообщества являлись такие характеристики, как видовой состав и численность. Коэффициент видового сходства рассчитывали по формуле, предлагаемой **А. Ю. Тереховым (1994)**. Картирование распределения ихтиопланктона выполнено в программах ГИС «Картмастер» и Golden Software Surfer.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

### Зимний период (декабрь 2015 г.)

В декабре, через десять дней после аварии ихтиопланктонный комплекс характеризовался обедненным видовым составом и низкой численностью, что типично для присахалинских вод в зимний период (**Бетешева, 1954**). В уловах были представлены личинки всего 2 видов рыб – пестрого лучешуйника *Hemilepidotus gilberti* Jordan & Starks, 1904 и японского волосозуба *Arctoscopus japonicus* (Steindachner, 1881).

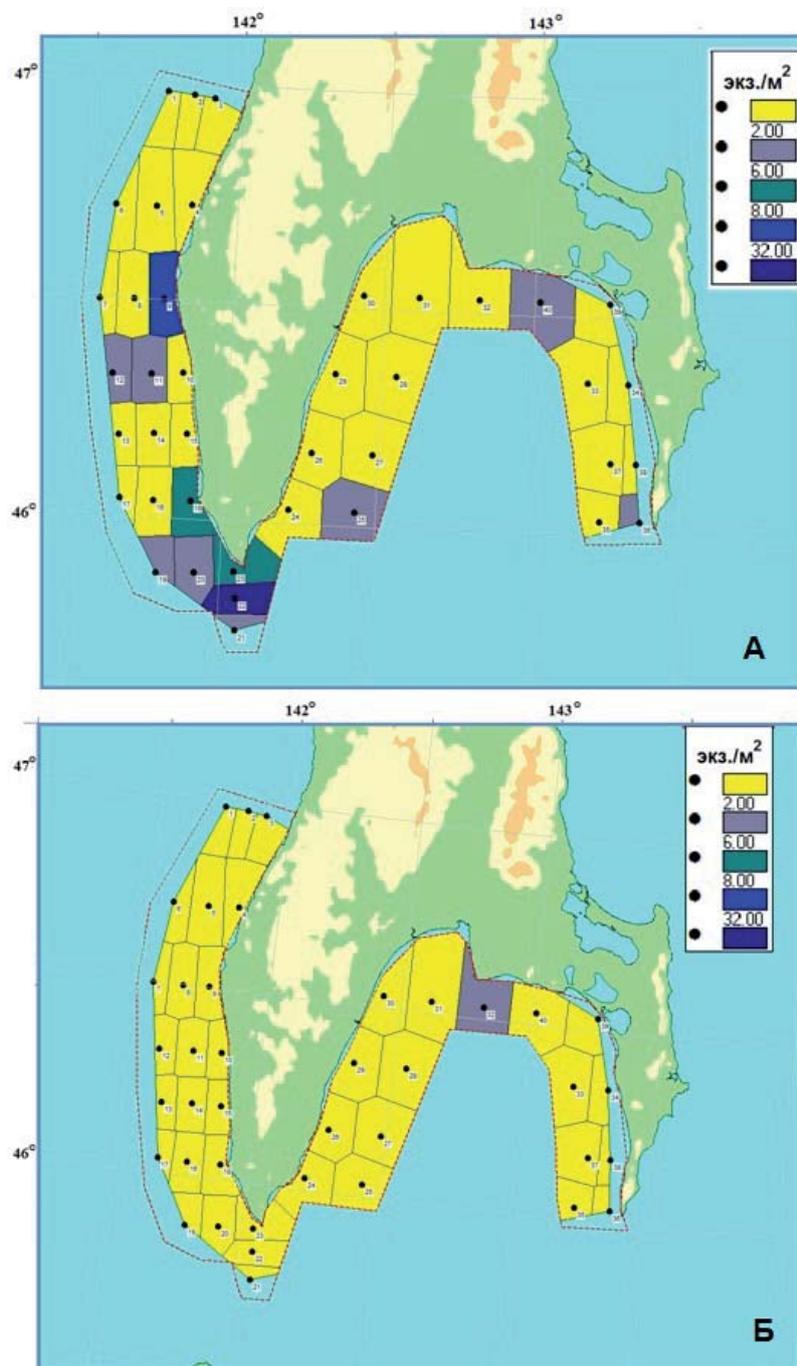
Основные скопления личинок лучешуйника были зарегистрированы у юго-западной оконечности о. Сахалин и в районе м. Крильон. Максимальная плотность отмечена к югу от м. Крильон – до 32 экз./м<sup>2</sup>. Повышенные уловы – до 6–8 экз./м<sup>2</sup>, наблюдались также на траверзе мысов Лопатина и Кузнецова. На остальной акватории плотность личинок в результативных ловах не превышала 2 экз./м<sup>2</sup> (**рис. 2А**). Средняя плотность личинок лучешуйника в районе исследований составила около 1,7 экз./м<sup>2</sup>. В Татарском проливе эта величина была значительно выше (3,1 экз./м<sup>2</sup>), чем в зал. Анива (0,35 экз./м<sup>2</sup>).

В водах Сахалина размножение пестрого лучешуйника не изучено. Информация по другим районам сильно разнится от весенне-осеннего (**Горбунова, 1964; Соколовский, Соколовская, 2008**) до зимне-весеннего (**Григорьев, 2007**). В период нереста лучешуйник выходит на минимальные глубины – 10–40 м, где откладывает икру на каменистых и скальных грунтах (**Токранов, 2009; Ким, 2013**).

В 2015 г. у юго-западного побережья Сахалина личинки лучешуйника встречались в районе 46°30' с. ш. и южнее – в диапазоне глубин от 36 до 136 м при обследованном диапазоне 17–209 м. Большая часть личинок была распределена над изобатами от 40 до 80 м. За пределами этого района отмечали вынос единичных особей (**рис. 3**). В заливе Анива редкие личинки также были распространены за пределами 30-метровой изобаты. Преобладали личинки, имеющие стандартную длину от 6,1 до 7,0 мм. Их суммарный вклад в общую численность достигал 67%. Доля личинок размерной группы 5,5–6,0 мм также была высока – порядка 20%.

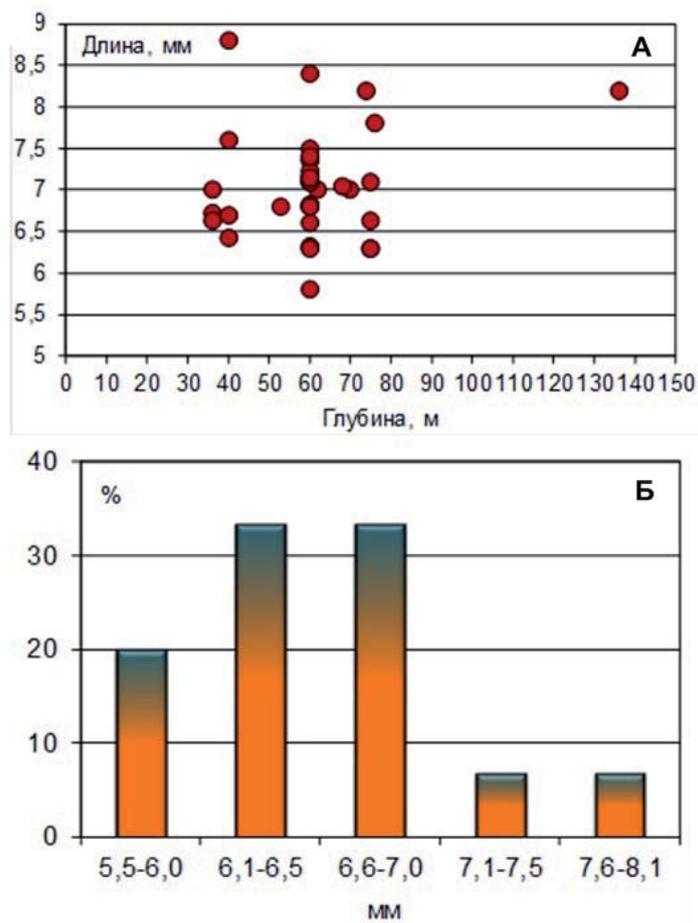
Стандартная длина личинок лучешуйника в Татарском проливе варьировалась от 5,6 до 7,8 мм при средней величине 6,51±0,53 мм. Около 29% от всех особей приходилось на долю предличинок с остатками желтка. Рассасывание желточного мешка у личинок лучешуйника завершалось по достижении стандартной длины около 7,0 мм, общей – более 7,1 мм, что близко к данным **Н. Н. Горбуновой (1964)**, согласно которым желточный мешок исчезает к длине 7,25 мм. В зал. Анива встречались более крупные личинки, имевшие

стандартную длину  $7,73 \pm 0,29$  мм. Увеличение средних размеров личинок и отсутствие предличинок с желточным мешком могли свидетельствовать о более раннем нересте получешуйника в данном районе.



**Рис. 2.** Распределение личинок пестрого получешуйника (А) и японского волосозуба (Б) в декабре 2015 г.

**Fig. 2.** Distribution of *Hemilepidotus gilberti* (А) and *Arctoscopus japonicus* (Б) larvae in December 2015



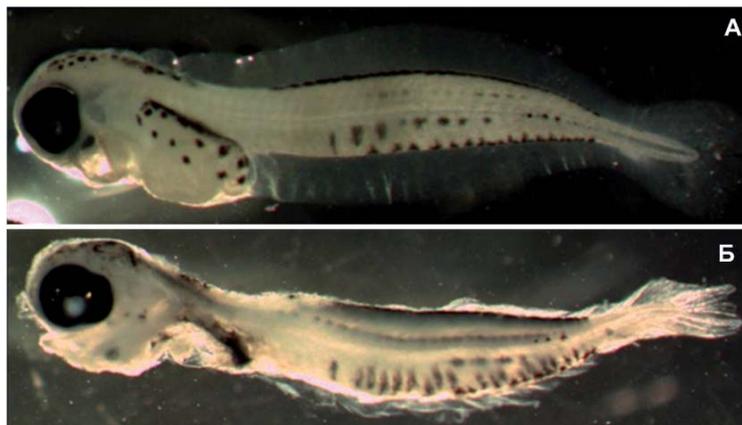
**Рис. 3.** Распределение по глубинам (А) и размерный состав (Б) личинок пестрого получешуйника в декабре 2015 г.

**Fig. 3.** Depth distribution (А) and size composition (Б) of *Hemilepidotus gilberti* larvae in December 2015

Районы распределения личинок получешуйника совпадали с участками скоплений молоди и половозрелых рыб. В водах юго-восточной части Татарского пролива такие участки расположены от м. Лопатина до м. Крильон (Ким, 2013). В водах зал. Анива половозрелых получешуйников регистрировали в прибрежных водах вблизи порта Пригородное и в районах мысов Крильон и Анива.

Личинка волосозуба длиной 9,6 мм в декабре 2015 г. была поймана в северной части зал. Анива в районе порта Пригородное (рис. 2Б). Средняя численность личинок в заливе составила 0,12 экз./м<sup>2</sup>. Биология японского волосозуба в водах Сахалина также изучена слабо. Икра крепится к саргассумам и цистозире на глубинах 1–10 м при температуре воды 4–8°C (Колпаков, 1999; Соколовская, Епур, 2001). Судя по размеру личинок, сроки его нереста в зал. Анива ориентировочно приходятся на сентябрь–октябрь. Период инкубации длительный – около 2–2,5 месяцев. Появление личинок в планктоне происходит с осени до весны.

Визуально следы загрязнения нефтепродуктами на личинках рыб обнаружены не были. Личинка волосозуба не имела повреждений. Из 34 личинок получешуйника одна, судя по внешнему виду и состоянию, погибла в естественных условиях. Характер повреждения тканей еще двух личинок свидетельствовал о травмировании во время лова. Остальные имели нормальное физиологическое состояние, чистые и целостные кожные покровы и соответствующую виду отчетливую пигментацию (рис. 4). Мертвые личинки были выловлены на значительном удалении от места разлива нефтепродуктов – напротив м. Крильон и в зал. Анива.



**Рис. 4.** Внешний вид личинок пестрого получешуйника. Личинка длиной 7,33 мм в нормальном состоянии (А) и личинка длиной 8,07 мм с повреждениями тканей, полученными при облове (Б)

**Fig. 4.** *Hemilepidotus gilberti* larvae. Normal condition of the larva of 7.33 mm (А) and the larva of 8.07 mm with tissue injuries obtained while sampling (Б)

О состоянии зимнего ихтиопланктонного комплекса до аварии данных мало. Единственная ихтиопланктонная съемка, затрагивающая юго-восточную часть Татарского пролива, была выполнена в январе–феврале 1950 г. В уловах были представлены личинки японского терпуга *Hexagrammos otakii*, пестрого получешуйника и липарисов *Liparis* sp. (Бетешева, 1954). Личинки пестрого получешуйника имели размеры от 8,0 до 17,5 мм. Их распределение было сходным с 2015 г. с той разницей, что встречались личинки в среднем над большими глубинами – от 86 до 3 000 м и придерживались богатых планктонном вод Цусимского течения.

Более разнообразный личиночный состав в 1950 г. был обусловлен как более масштабным охватом района (до глубины 4 км), так и применением вертикального и горизонтального способов облова сетями и тралами различной конфигурации.

В зал. Анива структура ихтиопланктонного комплекса в декабре не изучена. Наиболее поздние съемки были выполнены в начале ноября. По их результатам, видовой состав ихтиопланктона был значительно разнообразнее и не совпадал с данными 2015 г. В уловах встречались личинки минтая *Theragra chalcogramma*, бычка-бабочки *Melletes papilio*, восьмилинейного *Hexagrammos octogrammus* и южного одноперого *Pleurogrammus azonus* терпугов (Характеристика планктона..., 2012). Личинок облавливали мозаично в районе проникнове-

ния ветви Цусимского течения у м. Крильон, в водах Восточно-Сахалинского течения у м. Анива, а также в прибрежной зоне северной части зал. Анива.

Анализ видовой структуры и пространственного распределения ихтиопланктона рыб в декабре 2015 г. и состояния личинок свидетельствует об отсутствии прямого воздействия нефтепродуктов на ихтиопланктонные комплексы в ближайшие дни после разлива. Основному загрязнению подверглась береговая зона, что было подтверждено результатами обследования и химических анализов воды и грунта (**Марыжихин и др., 2016**). Западное и северо-западное направление ветра позволило сразу после аварии локализовать разнос нефтепродуктов сравнительно узкой вдольбереговой полосой, распространяющейся к югу и в меньшей степени – к северу от аварии.

На мелководьях юго-западного Сахалина пелагическая икра и личинки рыб зимой отсутствуют (**Moukhametova, 2012**). Личинки получешуйных бычков и терпугов сем. *Hexagrammidae*, формирующие основу осенне-зимних ихтиопланктонных комплексов, развиваются в открытых частях Татарского пролива (**Бетешева, 1954**). Такие факторы, как низкая температура воды в прибрежье и распределение выростных зон личинок за пределами района основного загрязнения, значительно снизили возможные негативные последствия аварийного разлива для воспроизводства рыб у юго-западного побережья о. Сахалин.

#### **Весенне-летний период (май и июль 2016 г.)**

В апреле в районе аварии уровень нефтепродуктов в воде еще достигал 4,5 ПДК. К маю этот показатель повсеместно упал ниже уровня ПДК для рыбохозяйственных водоемов – 0,05 мг/дм<sup>3</sup> (**Продолжается мониторинг..., 2016**). Уровень загрязнения донных отложений с апреля по май, напротив, возрос, что указывало на оседание тяжелых фракций нефти.

В летний период значительного вторичного загрязнения водной толщи зарегистрировано не было. Несмотря на повышенное содержание нефтепродуктов в воде в районе разлива, их уровень во всех точках отбора не превышал ПДК. Максимальная концентрация пришлась на сезонный пик температуры воды в августе (**СахНИРО продолжает..., 2016**).

Одним из показателей благополучия сообщества является уровень биоразнообразия, характерный для данного района (**Костюченко, 1976; Давыдова, Черкашин, 2007**). Воздействие загрязнения нефтепродуктами ведет к снижению численности и сокращению числа видов, как за счет увеличения смертности икры и личинок, так и за счет перераспределения нерестилищ рыб (**Касимов и др., 1989; Джаббаров и др., 1991; Катунин и др., 2000; Carls et al., 2002; Федорец, 2010; Incardona et al., 2012**).

Ожидаемого снижения числа видов в месте разлива в сравнении с контрольными полигонами зарегистрировано не было. В весенне-летний период 2016 г. этот показатель был повсеместно низким – по 4–5 видов, за исключением акватории вблизи с. Яблочное, отличавшейся более разнообразным составом. В июле максимум разнообразия был отмечен непосредственно в месте разлива. На южном контрольном полигоне число видов мало изменилось по сравнению с маем. Вблизи с. Яблочное произошло сокращение таксономического списка до 4 видов (**табл. 1**).

Таблица 1

**Структура ихтиопланктонного комплекса в заливе Невельского  
в мае и июле 2016 г.**

Table 1

**A structure of ichthyoplankton complex in Nevelskoy Bay  
in May and July 2016**

| Видовой состав                                                                 | Фаза* | Май           |          |       |             | Июль          |             |             |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------|----------|-------|-------------|---------------|-------------|-------------|
|                                                                                |       | Место разлива | Контроль |       | с. Яблочное | Место разлива | Контроль-юг | с. Яблочное |
|                                                                                |       |               | юг       | север |             |               |             |             |
| Сем. Osmeridae – Корюшковые                                                    |       |               |          |       |             |               |             |             |
| <i>Hypomesus japonicus</i> (Brevoort, 1856) – морская малоротая корюшка        | Л     |               |          |       | +           |               |             |             |
| <i>Mallotus villosus</i> (Müller 1776) – дальневосточная мойва                 | Л     |               |          |       | +           |               |             |             |
| Сем. Gadidae – Тресковые                                                       |       |               |          |       |             |               |             |             |
| <i>Theragra chalcogramma</i> (Pallas, 1811) – минтай                           | И     | +             | +        | +     | +           |               |             |             |
| Сем. Agonidae – Лисичковые                                                     |       |               |          |       |             |               |             |             |
| <i>Brachyopsis segaliensis</i> (Tilesius, 1809) – сахалинская лисичка          | Л     |               | +        |       |             |               |             |             |
| Сем. Hemitripterae – Волосатковые                                              |       |               |          |       |             |               |             |             |
| <i>Blepsias cirrhosus</i> Pallas, 1814 – усатый бычок                          | Л     |               |          |       | +           |               |             |             |
| Сем. Cottidae – Рогатковые                                                     |       |               |          |       |             |               |             |             |
| <i>Porocottus allisi</i> (Jordan & Starks 1904) – бахромчатый бычок Эллиса     | Л     | +             |          |       |             |               |             |             |
| <i>Myoxocephalus stelleri</i> Tilesius, 1811 – дальневосточный керчак          | Л     |               |          | +     |             |               |             |             |
| Сем. Stichaeidae – Стихеевые                                                   |       |               |          |       |             |               |             |             |
| <i>Alectrias benjamini</i> Jordan & Snyder 1902 – зеленобрюхий морской петушок | Л     |               |          |       |             | +             |             |             |

| Видовой состав                                                                   | Фаза* | Май           |          |       |             | Июль          |             |             |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------|----------|-------|-------------|---------------|-------------|-------------|
|                                                                                  |       | Место разлива | Контроль |       | с. Яблочное | Место разлива | Контроль-юг | с. Яблочное |
|                                                                                  |       |               | юг       | север |             |               |             |             |
| <i>Opisthocentrus ocellatus</i> Tilesius, 1811 – глазчатый опистоцентр           | Л     |               |          |       | +           |               |             |             |
| <i>Stichaeus nozawae</i> Jordan & Snyder 1902 – стихей Нозавы                    | Л     |               |          |       |             | +             |             |             |
| Сем. Ammodytidae – Песчанковые                                                   |       |               |          |       |             |               |             |             |
| <i>Ammodytes hexapterus</i> Pallas 1814 – тихоокеанская песчанка                 | Л     |               |          | +     |             |               |             |             |
| Сем. Gobiidae – Бычковые                                                         |       |               |          |       |             |               |             |             |
| Gobiidae gen. sp.                                                                | Л     |               |          |       |             |               | +           |             |
| Сем. Pleuronectidae – Камбаловые                                                 |       |               |          |       |             |               |             |             |
| <i>Cleisthenes herzensteini</i> (Schmidt 1904) – остроголовая камбала            | И     |               |          |       |             | +             |             | +           |
| <i>Glyptocephalus stelleri</i> (Schmidt 1904) – дальневосточная длинная          | И     |               |          |       |             | +             | +           |             |
| <i>Hippoglossoides dubius</i> Schmidt, 1904 – япономорская палтусовидная камбала | И     | +             | +        | +     | +           |               |             |             |
| <i>Limanda aspera</i> Pallas, 1811 – желтоперая камбала                          | И     |               |          |       |             | +             |             | +           |
| <i>Limanda punctatissima</i> (Steindachner 1879) – длиннорылая камбала           | И     |               |          |       |             | +             | +           | +           |
| <i>Liopsetta obscura</i> (Herzenstein 1890) – темная камбала                     | И     |               |          |       | +           |               |             |             |
|                                                                                  | Л     |               |          |       | +           |               |             |             |
| <i>Limanda sakhalinensis</i> Hubbs 1915 – сахалинская лиманда                    | И     |               |          |       | +           | +             |             |             |

| Видовой состав                                                                         | Фаза* | Май           |          |       |             | Июль          |             |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------|----------|-------|-------------|---------------|-------------|-------------|
|                                                                                        |       | Место разлива | Контроль |       | с. Яблочное | Место разлива | Контроль-юг | с. Яблочное |
|                                                                                        |       |               | юг       | север |             |               |             |             |
| <i>Platichthys stellatus</i> Pallas, 1787 – звездчатая камбала                         | И     | +             | +        | +     | +           |               |             |             |
| <i>Pseudopleuronectes herzensteini</i> (Jordan et Snyder, 1901) – желтополосая камбала | И     |               |          |       | +           | +             | +           | +           |
|                                                                                        | Л     |               |          |       |             | +             |             |             |
| Итого, видов                                                                           |       | 4             | 4        | 5     | 10          | 8             | 3           | 4           |

\* И – икра, Л – личинки.

\* И – eggs, Л – larvae.

Для всех участков в мае выделялись три массовые формы – икра минтая *Theragra chalcogramma*, япономорской палтусовидной *Hippoglossoides dubius* и звездчатой *Platichthys stellatus* камбал, являвшиеся типичными элементами весеннего ихтиопланктонного комплекса Татарского пролива (Нуждин, 1994; Moukhametova, 2012). Видовой состав ихтиопланктона в разных местах отбора имел много общего. Максимальное значение индекса видового сходства было отмечено между районом разлива и южным контрольным полигоном – 75%. Сходство между местом разлива и северным контрольным полигоном, а также между северным и южным контрольными полигонами находилось на уровне 67%.

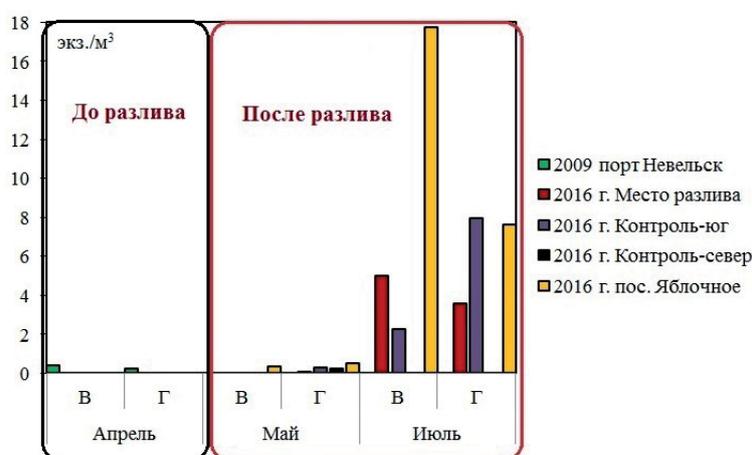
В июле район разлива характеризовался более разнообразным составом. В уловах были отмечены икра и личинки 8 видов рыб, тогда как на южном контрольном полигоне – всего 3 видов. На северном полигоне пробы отобраны не были. Состав незначительного числа преобладавших форм был представлен икрой длиннорылой *Limanda punctatissima*, желтополосой *Pseudopleuronectes herzensteini* и длинной *Glyptocephalus stelleri* камбал. Индекс видового сходства между местом разлива и южным контрольным полигоном снизился до 54,6%.

В северной части зал. Невельского, в районе с. Яблочное структура ихтиопланктона существенно отличалась от района разлива и контрольных полигонов, находящихся в его южной части. Максимум видового разнообразия здесь пришелся на май – 10 видов. Видовой состав ихтиопланктона в этот период отличался от района разлива и контрольных полигонов. Индекс видового сходства между с. Яблочное и местом разлива и между с. Яблочное и южным контрольным полигоном не превышал 43%, между с. Яблочное и северным контрольным полигоном – 40%. К июлю значения этого показателя возросли до 67% между районом с. Яблочное и местом разлива и до 57% между районом с. Яблочное и южным контрольным полигоном.

Численность ихтиопланктона в мае была повсеместно низкой. В толще воды (данные вертикальных тралений) нулевые уловы наблюдались как в районе разлива, так и на контрольных полигонах. Результативные ловы, дающие среднюю численность 0,4 экз./м<sup>3</sup>, были зарегистрированы только в районе с. Яблочное. В поверхностном слое (данные горизонтальных тралений) на всех обследованных участках численность ихтиопланктона имела значения одного

порядка. Максимальная величина – 0,5 экз./м<sup>3</sup>, также приходилась на район с. Яблочное, минимальная – около 0,1 экз./м<sup>3</sup> – на район разлива. К северу и к югу концентрации также были невысокими – 0,2 и 0,3 экз./м<sup>3</sup> соответственно.

Единственная ихтиопланктонная съемка до аварийного разлива была выполнена в районе порта Невельск в апреле 2009 г. В уловах были встречены икра и личинки 13 видов рыб из 5 семейств при преобладании представителей семейства рогатковых Cottidae, на долю которых приходилось более 46% от общего числа видов. Совпадение видов с 2016 г. было нулевым, что, в первую очередь, связано с различием периодов отбора, синхронизация которых чрезвычайно важна для быстро меняющегося ихтиопланктонного сообщества. При более обширном видовом составе численность ихтиопланктона в апреле 2009 г. была сравнительно низкой, как в вертикальных, так и в горизонтальных ловах, – 0,4 и 0,2 экз./м<sup>3</sup> соответственно, и вполне сопоставима с аналогичными показателями, полученными в мае 2016 г. (рис. 5).



**Рис. 5.** Средняя численность ихтиопланктона до (2009 г.) и после (2016 г.) разлива нефтепродуктов (В – вертикальные ловы, Г – горизонтальные ловы)

**Fig. 5.** The average abundance of ichthyoplankton before (2009) and after (2016) the oil spill (B – vertical trawling, Г – horizontal trawling)

В июле 2016 г. численность ихтиопланктона на всех обследованных участках существенно увеличилась. В районе разлива вертикальные ловы показывали промежуточную величину – 5 экз./м<sup>3</sup>. Минимум – 2,3 экз./м<sup>3</sup>, приходился на южный контрольный полигон, максимум – 17,8 экз./м<sup>3</sup>, на район с. Яблочное. В горизонтальных ловах численность в районе разлива была наименьшей – около 3,6 экз./м<sup>3</sup>. На южном контрольном полигоне и в районе с. Яблочное концентрации были более высокими – около 8,0 и 7,6 экз./м<sup>3</sup>.

Низкая численность ихтиопланктона в мае 2016 г. на всех участках была обусловлена сезонными особенностями. В весенний период в верхних горизонтах сублиторали из-за низких температур нерест видов-пелагофилов, икра которых дает максимальные концентрации ихтиопланктона, отсутствует или только начинается. Встречающиеся весной личинки рыб придонного комплекса (преимущественно рогатковых, стихеевых Stichaeidae и маслюковых Pholidae, лисичковых Agonidae) распределяются довольно разреженно. Невысокие концентрации икры и личинок рыб в период гидрологической весны и

рост численности в летний период, в разной степени выраженный на разных участках, включая наиболее загрязненный, характерны и для других мелководных присахалинских акваторий (Давыдова, 1997; Структура, распределение..., 2012; Мухаметова, Мухаметов, 2013; Moukhametova, 2014).

Пространственное распределение ихтиопланктона на разных участках было достаточно разнородным. Значительно более высокие концентрации, полученные обловом ихтиопланктонной сетью, как в мае, так и в июле, были зарегистрированы вблизи с. Яблочное. В районе разлива и на ближайших контрольных полигонах не выявлено четкой закономерности изменения концентраций ихтиопланктона, в зависимости от расстояния до места аварии. Но в большинстве случаев прослеживалось снижение численности по направлению к севшему на мель танкеру, за исключением вертикальных ловов в июле, показавших рост численности ихтиопланктона по направлению с юга на север с образованием промежуточных по величине концентраций в районе аварии (рис. 6). В то же время облов бентометром Леванидова мелководной зоны вблизи севшего на мель танкера (0,5 м) дал максимальную численность скоплений личинок рыб – около 85 экз./м<sup>3</sup>.

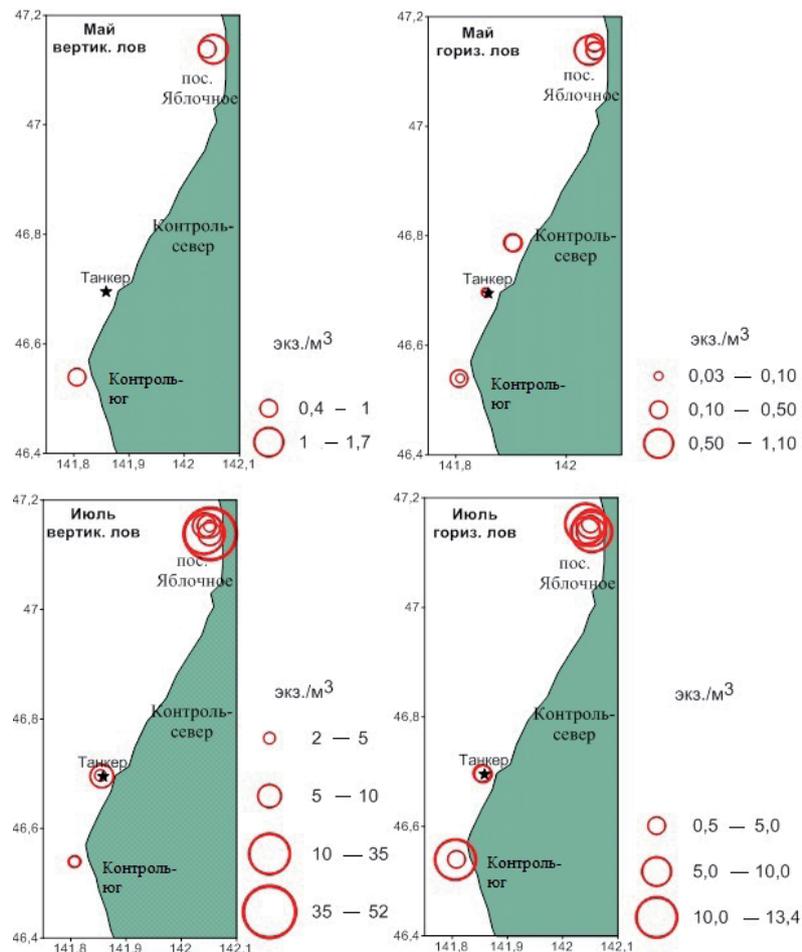


Рис. 6. Распределение ихтиопланктона в прибрежной зоне после аварийного разлива нефти  
 Fig 6. Distribution of ichthyoplankton in the coastal zone after the emergency oil spill

Отсутствие фоновых данных по распределению ихтиопланктона в водах западного Сахалина в целом и вблизи юго-западного побережья в частности не позволяет точно установить причины вариаций численности в пределах зал. Невельского и типичность формирования максимальных скоплений в северной части зал. Невельского вблизи с. Яблочное. Причиной высокой мозаичности в формировании ихтиопланктонных комплексов на отдельных участках зал. Невельского вполне мог стать сложный гидрологический режим. Учитывая близкие величины средних концентраций на всех участках в мае, а также значительное разнообразие видов и достаточно высокую численность ихтиопланктона в зоне максимального загрязнения в июле, можно говорить об отсутствии или очень слабом проявлении негативных последствий аварии танкера на воспроизводство рыб.

В мае на мелководных участках икра рыб имела низкую численность. Икра минтай встречалась преимущественно на южном контрольном полигоне, с меньшей численностью – на северном контрольном полигоне. В районе разлива и с. Яблочное икринки встречались единично. Минимальная выживаемость была отмечена на южном контрольном полигоне в местах с высокой концентрацией икры I стадии развития – 47,1% и вблизи с. Яблочное – 60,0% (табл. 2).

Таблица 2

Выживаемость икры рыб в мае

Table 2

Survival of fish eggs in May

| Участок        | Минтай          |             | Палтусовидная камбала |             | Звездчатая камбала |             |
|----------------|-----------------|-------------|-----------------------|-------------|--------------------|-------------|
|                | выживаемость, % | I стадии, % | выживаемость, %       | I стадии, % | выживаемость, %    | I стадии, % |
| Место разлива  | 100,0           | 66,7        | 100,0                 | –           | Нет икры           |             |
| Контроль–север | 100,0           | –           | 100,0                 | –           | 100,0              | –           |
| Контроль–юг    | 47,1            | 66,7        | 100,0                 | –           | 100,0              | –           |
| с. Яблочное    | 60,0            | 20,0        | 100,0                 | 25,0        | 29,4               | 94,1        |

Оболочки икринок не имели повреждений и следов загрязнения. Морфологические изменения на ранних стадиях были связаны в основном с нарушениями процессов бластуляции и гастрюляции, широко распространенных в природных условиях. Среди аномалий в развитии икры на ранних стадиях преобладали плазмолиз желтка и разрушение бластодиска. На поздних стадиях наблюдались дефекты роста и развития органов эмбрионов (рис. 7).

Большая часть икринок япономорской палтусовидной камбалы была выловлена вблизи с. Яблочное. На остальных полигонах, в том числе в районе разлива, зарегистрирован занос единичных икринок на II–III стадиях. Икринки с аномалиями эмбриогенеза повсеместно отсутствовали, что может быть связано с локализацией зон нереста и, соответственно, икры на I стадии развития на более глубоководных участках (Тарасюк, 1984, 1990), где и происходит ее основная элиминация.



**Рис. 7.** Икра и личинки рыб, пойманные в мае 2016 г.  
**Fig. 7.** Fish eggs and larvae sampled in May 2016

Икра звездчатой камбалы также концентрировалась преимущественно в районе с. Яблочное. Высокая доля икры на I стадии развития (94,1%) свидетельствовала о нахождении этого участка в пределах или вблизи района икрометания камбалы. Здесь же наблюдалась минимальная доля нормально развивающейся икры – 29,4% от общего количества. На остальных участках были отмечены единичные икринки с нормально протекавшим эмбриогенезом.

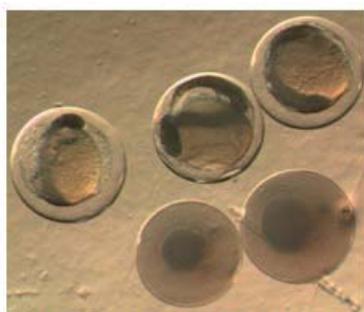
Таким образом, зависимость между смертностью икры и расстоянием до места аварийного разлива отсутствовала. В большинстве случаев увеличение доли патологий в развитии эмбрионов и общей смертности икры происходило в районах икрометания, характеризующихся высокими концентрациями икры на I стадии развития.

Разлив нефтепродуктов с севшего на мель танкера должен был сказаться прежде всего на прибрежном ихтиопланктонном комплексе. Высокой степени риска в данном случае были подвержены литоральные и сублиторальные виды. В мае из встреченных в зоне воздействия и на контрольных полигонах к таким видам относились сахалинская лисичка *Brachyopsis segaliensis* и бахромчатый бычок Эллиса *Porocottus allisi*, откладывающие донную икру на мелководных участках в зимне-весенний период (Соколовский, Соколовская, 2008, 2008а). В ходе наблюдения за живыми личинками сахалинской лисички и бахромчатого бычка во время облова изменений в поведенческих реакциях выявлено не было. Личинки лисички, образуя небольшие стайки, активно перемещались в поверхностном слое над глубиной 10 м. Стайки личинок бахромчатого бычка обитали в зарослях прибрежной растительности на глубинах около 0,5 м вблизи корпуса танкера. В их поведении также не было отмечено снижения активности и нарушений стайного инстинкта. Все пойманные

личинки рыб были нормально развиты и ярко пигментированы (см. **рис. 7**). Визуальный осмотр не выявил эрозии плавников, повреждений наружных покровов и морфологических изменений, характерных для личинок, появляющихся на загрязненных нефтью нерестилищах через несколько месяцев после аварийных разливов (**Incardona et al., 2012**).

В июле в зал. Невельского активно протекал нерест прибрежных видов камбал. На всех участках доминировала икра длиннорылой камбалы. Наиболее высокая численность икры была отмечена в районе с. Яблочное. Визуально в пробах не было замечено следов загрязнения нефтепродуктами. Как и во всех ихтиопланктонных сборах, в уловах встречались нормально развивающиеся икра и личинки и икра и личинки с нарушениями развития (**рис. 8**). Как и в мае, высокая выживаемость наблюдалась в скоплениях икры камбал с преобладанием поздних стадий развития. Максимальное значение этого показателя для всех видов была отмечена в районе разлива (**табл. 3**).

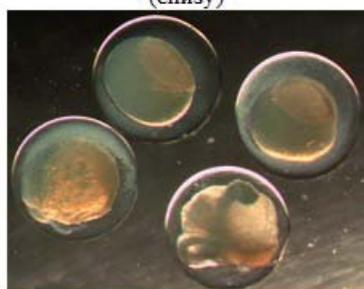
Выживаемость икры длиннорылой камбалы была достаточно высока на всех участках – от 61,5 до 74,3%. Минимум пришелся на южный контрольный полигон. Доля I стадии развития повсеместно находилась на низком уровне – не более 13–18%, что характерно для завершающих этапов нереста (**Расс, Казанова, 1966**). Выживаемость икры желтополосой камбалы варьировалась от 50 до 87% при вкладе I стадии от 4,3 до 38,8%. Минимум нормально развивавшихся икринок – около 50–52%, был отмечен в районе с. Яблочное и на южном контрольном полигоне с более высокой долей I стадии развития – от 29 до 39%.



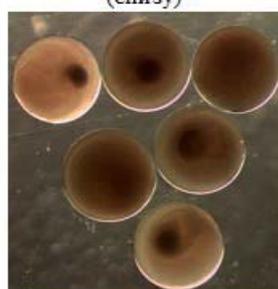
Икра желтополосой камбалы: нормальное развитие (сверху), с нарушениями эмбриогенеза (снизу)



Икра длиннорылой камбалы: нормальное развитие (сверху), с нарушениями эмбриогенеза (снизу)



Икра длинной камбалы  
Нормальное развитие



Икра длинной камбалы  
С нарушениями эмбриогенеза

**Рис. 8.** Икра камбал в июле 2016 г.

**Fig. 8.** Eggs of flounders sampled in July 2016

Таблица 3

## Выживаемость икры рыб в июле 2016 г.

Table 3

## Survival of fish eggs in June, 2016

| Участок       | Длиннорылая камбала |          | Желтополосая камбала |          | Остроголовая камбала |          | Дальневосточная длинная камбала |          |
|---------------|---------------------|----------|----------------------|----------|----------------------|----------|---------------------------------|----------|
|               | выживаемость, %     | I ст., % | выживаемость, %      | I ст., % | выживаемость, %      | I ст., % | выживаемость, %                 | I ст., % |
| Место разлива | 74,3                | 17,1     | 87,0                 | 4,3      | 94,4                 | –        | 100                             | –        |
| Контроль–юг   | 61,5                | 12,8     | 51,6                 | 29,0     | 57,1                 | 28,6     | 77,8                            | 55,6     |
| с. Яблочное   | 71,6                | 17,9     | 50,0                 | 38,8     | 48,8                 | 43,9     | –                               | 33,3     |

Выживаемость икры остроголовой камбалы изменялась по участкам от 48,8 до 94,4% при доле I стадии развития от 0 до 43,9%. Минимальная выживаемость зарегистрирована также в районе с. Яблочное, характеризующемся максимальной численностью I стадии.

Смертность рыб на ранних этапах онтогенеза зависит от многих причин. В природных условиях при отсутствии антропогенного воздействия высокую элиминацию икры и личинок могут вызывать резкие перепады температуры и солености, снижение содержания кислорода, сильные волнения (Перцева-Остроумова, 1961; Душкина, 1988; Тарасюк, 1994; Федорец, 2013). На ранних стадиях развития икра наиболее уязвима по отношению ко всему комплексу внешних факторов, включая антропогенное влияние (Костюченко, 1976; Ильин, Сергеева, 2014). С переходом на последующие стадии смертность икринок значительно снижается.

Диапазон благоприятных параметров среды для развития икры видоспецифичен. При неблагоприятных условиях развития, выходящих за пределы видового оптимума, смертность икры может достигать 90–100% (Давыдова, 1994; Федорец, 2013). Из-за чувствительности к внешним факторам на начальных этапах развития менее 1% жизнеспособной икры для I стадии является нормой (Давыдова, Черкашин, 2007). По мере развития процент гибели и образования уродств снижается и вновь возрастает перед выклевом (Федорец, 2013). Прибрежная зона в большей степени подвержена резким изменениям температурного режима и динамическому воздействию волн, что может негативно сказываться на развитии икры, предличинок и личинок рыб даже в отсутствие техногенного влияния.

Одним из показателей эффективности нереста рыб является появление жизнеспособных личинок. В июле 2016 г. в уловах единично встречались предличинки и личинки семейств стихеевых Stichaeidae, бычковых Gobiidae и 2 видов камбал – длиннорылой и желтополосой. В районе с. Яблочное личинки рыб в уловах отсутствовали; 60% от их общего числа было поймано вблизи места аварийного разлива, оставшиеся – на южном контрольном полигоне.

Все стихеевые были выловлены в районе разлива. Личинки и предличинки были жизнеспособны, нормально развиты, имели целостные кожные покровы и пигментацию, свойственную данному виду. Часть личинок желтополосой камбалы и предличинка длиннорылой камбалы, выловленные в непосредственной близости к месту аварии, были недоразвиты. Для одной из предличинок длиннорылой камбалы был отмечен преждевременный выход из

оболочки. Она имела мелкие размеры (менее 1,5 мм при норме около 1,8 мм), непрозрачную текстуру тканей и очень большой желточный мешок. Одна из двух пойманных в месте аварии личинок желтополосой камбалы также была недоразвита: имела слишком маленькие для свободного эмбриона этого вида размеры –1,7 мм при минимальной норме 2,0–2,2 мм (Перцева-Остроумова, 1961), непигментированные глаза. Желточный мешок при этом отсутствовал.

На южном контрольном полигоне были отмечены только предличинки длиннорылой камбалы. Патологии в развитии у всех особей отсутствовали. Их длина варьировалась от 1,9 до 2,2 мм. Структура тканей, пигментация, форма и размеры желточного мешка соответствовали нормальному развитию для данной фазы (Перцева-Остроумова, 1961).

Низкая численность личинок в июле 2016 г. не позволяет достоверно выявить общий уровень образования аномалий и смертности в районе аварийного разлива и сопоставить его с контролем. В присахалинских водах сходные дефекты развития на ранних стадиях онтогенеза неоднократно наблюдались у икры и личинок длиннорылой камбалы и других видов рыб в заливе Анива, в озере Изменчивое и в других районах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При аварийном разливе нефтепродуктов с танкера «Надежда» у юго-западного побережья о. Сахалин основному загрязнению подверглась береговая зона, что было подтверждено обследованием и химическими анализами воды и грунта. Результаты ихтиопланктонных съемок, выполненных вблизи порта Невельск через разные промежутки времени после разлива, в целом подтвердили отсутствие визуально регистрируемых последствий воздействия нефтяного загрязнения на воспроизводство рыб.

Снижению негативного влияния на прибрежные и морские ихтиопланктонные комплексы способствовали низкие температуры и первоначальное западное направление ветра, предотвратившие активное растворение в воде и разнос нефтепродуктов на значительные расстояния. В районе порта Невельск в зимний период нерест рыб на мелководьях не отмечен. Основные выростные зоны находятся на глубоководных участках Татарского пролива и залива Анива. В зимний период численность ихтиопланктона здесь низка, видовой состав обеднен. В декабре 2015 г. ихтиопланктон был представлен личинками двух видов рыб – пестрого получешуйника и японского волосозуба. Личинки пестрого получешуйника, типичные для зимнего ихтиопланктонного сообщества Татарского пролива формировали скопления к югу от места разлива. Личинки японского волосозуба единично встречались только в водах зал. Анива.

Через несколько месяцев после разлива в ихтиопланктоне были обнаружены характерные для данного района представители – икра минтая, япономорской палтусовидной и звездчатой камбал весной; икра и личинки длиннорылой, желтополосой, остроголовой, дальневосточной длинной камбал летом. Небольшое вторичное загрязнение, отмеченное в летний период, но не превышавшее ПДК нефтепродуктов, также по визуальным оценкам не сказалось на развитии ихтиопланктонных комплексов и выживаемости икры и личинок рыб. Динамика видового состава и численности носила сезонный характер. Локализация скоплений мало зависела от положения относительно места ава-

рии, в большей степени демонстрируя естественную мозаичность в пределах залива Невельского. В весенний период максимум разнообразия видов – 10, был зарегистрирован на наиболее удаленном от места разлива участке – вблизи пос. Яблочное. В июле наибольшее число видов в ихтиопланктоне – 8, было отмечено непосредственно в районе разлива. На контрольных полигонах количество видов не превышало 3–5, как весной, так и летом.

Увеличение смертности икры рыб происходило преимущественно в местах концентраций I стадии, в большей степени восприимчивой к воздействию внешних факторов, и не зависело от близости к загрязненному участку. В летний период в районе разлива нефти была отмечена максимальная выживаемость икры камбал.

Четкой закономерности увеличения концентраций ихтиопланктона по мере удаления от места аварии не отмечено. Весной и летом максимальные скопления ихтиопланктона приходились в основном на район пос. Яблочное, что может быть обусловлено естественным распределением нерестовых участков в пределах залива Невельского и гидрологическими особенностями района исследований.

Визуально регистрируемых проявлений от соприкосновения токсичных веществ с оболочками икры и внешними покровами личинок рыб не отмечено. Личинки рыб были активны. Нарушения поведенческих реакций, в том числе стайного инстинкта, отсутствовали. Морфологических аномалий, разрушений пигментации, повреждений покровов, эрозии плавников и других видимых патологий у личинок рыб обнаружено не было.

Полученные результаты довольно оптимистичны. Быстрое восстановление нормального воспроизводства рыб в районах нефтяного загрязнения (на донных нерестилищах сельди – на третий год) подтверждают и исследования иностранных авторов (*Incardona et al., 2012*). Тем не менее, исчерпывающая картина по состоянию ихтиопланктонных комплексов в районе порта Невельск не может быть получена по нескольким причинам. Фоновые данные по видовому разнообразию, численности и распределению ихтиопланктона до разлива нефтепродуктов в обследованном районе очень ограничены и несопоставимы по периодам с полученными в 2016 г.

Оценка пролонгированного воздействия на выживаемость икры и личинок через загрязнение половых продуктов производителей требует более детальных исследований. Также возможна передача токсичных веществ, которые могли накопиться в донных организмах, по пищевым цепям, что может отразиться на эффективности воспроизводства некоторых видов рыб только через несколько лет. Выявление возможных долговременных последствий аварии танкера требует продолжения мониторинговых работ в данном районе.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность заведующей лабораторией мониторинга рыбохозяйственных водных объектов Е. М. Латковской за оперативную организацию ихтиопланктонных съемок после аварийного разлива нефтепродуктов; старшему научному сотруднику Д. С. Заварзину; научному сотруднику Е. С. Корнееву и всем сотрудникам ФГБНУ «СахНИРО» – за качественный сбор материала в морских и береговых экспедициях.

## ЛИТЕРАТУРА

- Архипов, А. Г.** Применение результатов изучения раннего онтогенеза морских промысловых рыб в рыбохозяйственной деятельности [Текст] / А. Г. Архипов // Тр. ВНИРО. – 2015. – Т. 156 (Материалы Второй науч. школы ВНИРО для молодых ученых и специалистов. Ч. 1). – С. 16–37.
- Бетешева, Е. И.** Распределение личинок и мальков рыб в зимнее время в Японском море [Текст] / Е. И. Бетешева // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. – 1954. – Т. VIII. – С. 291–304.
- Горбунова, Н. Н.** Размножение и развитие получешуйных бычков (*Cottidae*, *Pisces*) [Текст] / Н. Н. Горбунова // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. – 1964. – Т. 73 (Биология и распространение рыб Тихого и Индийского океанов). – С. 235–251.
- Григорьев, С. С.** Ранние стадии рыб Северо-Востока России (прибрежные морские воды и внутренние водоемы) : Атлас-определитель [Текст] / С. С. Григорьев. – Владивосток : Дальнаука, 2007. – 331 с.
- Давыдова, С. В.** Встречаемость икры дальневосточной сардины и японского анчоуса в заливе Петра Великого (Японское море) [Текст] / С. В. Давыдова // Изв. ТИНРО. – 1994. – Т. 115. – С. 130–136.
- Давыдова, С. В.** Ихтиопланктон пелагиали бухт залива Петра Великого (межгодовая и сезонная изменчивость) : Дис. ... канд. биол. наук [Текст] / С. В. Давыдова. – Владивосток, 1997. – 154 с. – (Науч. арх. СахНИРО, инв. № 8952).
- Давыдова, С. В. Ихтиопланктон восточного шельфа острова Сахалин и его использование как индикатора состояния среды [Текст] / С. В. Давыдова, С. А. Черкашин // Вопр. ихтиологии. – 2007. – Т. 47, № 4. – С. 494–505.
- Влияние различных концентраций дизельного топлива на физиолого-биохимические показатели молоди белуги [Текст] / М. И. Джаббаров, С. М. Мусаев, Р. Ю. Аббасов, Р. Ф. Бабаева // Вторая Всесоюз. конф. по рыбовод. токсикологии, посвящ. 100-летию проблемы качества воды в России (СПб., нояб. 1991 г.) : Тез. докл. – СПб., 1991. – Т. 1. – С. 152–154.
- Душкина, Л. А.** Биология морских сельдей в раннем онтогенезе [Текст] / Л. А. Душкина. – М. : Наука, 1988. – 192 с.
- Ильин, О. И. Оценка убыли и продукции икры минтая (*Theragra chalcogramma*) в каньонах Авачинского залива [Текст] / О. И. Ильин, Н. П. Сергеева // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – 2014. – Вып. 34. – С. 81–86.
- Касимов, Р. Ю. Воздействие нефтяного загрязнения на физиолого-биохимические показатели жизнедеятельности молоди белуги [Текст] / Р. Ю. Касимов, В. И. Крючков, Р. Ю. Аббасов // Осетровое хоз-во водоемов СССР. – Астрахань, 1989. – Т. 1. – С. 131–133.
- Современное углеводородное загрязнение Каспийского моря и возможные последствия для экосистемы при широкомасштабном развешивании нефтедобычи на шельфе [Текст] / Д. Н. Катунин, Л. Л. Гераскин, Т. Ф. Курочкина и др. // Охрана вод. биоресурсов в условиях интенсивного освоения нефтегаз. месторождений на шельфе и внутр. вод. объектах РФ : Сб. материалов Междунар. семинара. – М., 2000. – С. 67–76.
- Ким, А. Ч.** Пространственное распределение и некоторые особенности биологии пестрого получешуйного бычка *Hemilepidotus gilberti* Jordan et Starks (*Scorpaeniformes*, *Cottidae*) в водах Татарского пролива [Текст] / А. Ч. Ким // Тр. СахНИРО. – 2013. – Т. 14. – С. 290–300.
- Климова, Т. Н.** Ихтиопланктон Черного моря как индикатор экологического состояния шельфовых вод Украины : Дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Т. Н. Климова. – Севастополь, 2005. – 156 с.
- Колпаков, Н. В.** Некоторые черты биологии японского волосозуба *Arctoscopus japonicus* из вод северного Приморья [Текст] / Н. В. Колпаков // Изв. ТИНРО. – 1999. – Т. 126, ч. 1. – С. 318–326.
- Костюченко, Л. П.** Ихтиопланктон шельфовой зоны северо-восточной части Черного моря и воздействие на него антропогенных факторов : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Л. П. Костюченко. – Севастополь : ИБЮМ АН УССР, 1976. – 20 с.
- Лисицын, Д. В. Чему научит нас «Надежда»? [Текст] / Д. В. Лисицын, Н. А. Лисицына, Н. А. Воробьев; РОО «Экологическая вахта Сахалина». – Ю-Сах., 2017. – 137 с.

Марыжихин, В. Е. Загрязнение прибрежных вод и донных отложений нефтепродуктами в районе аварии танкера «Надежда» [Текст] / В. Е. Марыжихин, Т. Г. Коренева, А. А. Ведерникова // Природ. катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз : VI Сах. молодеж. науч. школа (Ю-Сах., 3–8 окт. 2016 г.). – Ю-Сах., 2016. – С. 397–399.

**Методические** рекомендации по сбору и обработке материалов раннего онтогенеза рыб и инструкции к работе с базой данных «Ихтиопланктон» [Текст] / Сост.: Н. В. Мухина, Н. А. Ярагина, Н. А. Лепесевич, В. И. Разина. – Мурманск : ПИНРО, 2016. – 96 с.

Мухаметова, О. Н. Ихтиопланктон прибрежной зоны залива Анива [Текст] / О. Н. Мухаметова, И. Н. Мухаметов // Тр. СахНИРО. – 2013. – Вып. 14. – С. 180–197.

Нуждин, В. А. Видовой состав и распределение зимне-весеннего ихтиопланктона северной части Японского моря [Текст] / В. А. Нуждин // Изв. ТИНРО. – 1994. – Т. 115. – С. 92–107.

Перцева-Остроумова, Т. А. Размножение и развитие дальневосточных камбал [Текст] / Т. А. Перцева-Остроумова. – М. : Изд-во АН СССР, 1961. – 484 с.

**Продолжается** мониторинг прибрежных вод в районе аварии танкера «Надежда» 27.06.2016. <http://www.sakhniro.ru/news/488/> (электронный ресурс).

**Разлив** нефтепродуктов достиг берега в районе аварии танкера «Надежда». 28.11.2015. <http://ren.tv/novosti/2015-11-28/razliv-nefteproduktov-dostig-berega-v-rayone-avarii-tankera-nadezhda> (электронный ресурс).

Расс, Т. С. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб [Текст] / Т. С. Расс, И. И. Казанова. – М. : Пищ. пром-ть, 1966. – 43 с.

СахНИРО продолжает мониторинг загрязнения среды обитания гидробионтов в районе аварии танкера «Надежда». 15.09.2016. <http://www.sakhniro.ru/news/502/> (электронный ресурс).

Соколовская, Т. Г. Особенности раннего онтогенеза японского волосозуба *Arctoscopus japonicus* (Trichodontidae) в северо-западной части Японского моря [Текст] / Т. Г. Соколовская, И. В. Епур // Изв. ТИНРО. – 2001. – Т. 128, ч. 3. – С. 761–767.

Соколовский, А. С. Атлас икры, личинок и мальков рыб российских вод Японского моря [Текст] / А. С. Соколовский, Т. Г. Соколовская. – Владивосток : Дальнаука, 2008. – 223 с.

Соколовский, А. С. Ранний онтогенез сахалинской лисички *Brachyopsis segaliensis* (Osteichthyes: Agonidae) из залива Петра Великого Японского моря [Текст] / А. С. Соколовский, Т. Г. Соколовская // Биология моря. – 2008а. – Т. 34, № 3. – С. 221–224.

**Структура**, распределение и сезонная динамика ихтиопланктона в заливе Анива : Отчет о НИР (промежуточный) [Текст] / Исполн. О. Н. Мухаметова. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2012. – 113 с. – (Науч. арх. СахНИРО, инв. № 11670).

Тарасюк, С. Н. Особенности распределения икры палтусовидной камбалы (*Hippoglossoides elassodon dubius*) в Татарском проливе [Текст] / С. Н. Тарасюк // Итоги исслед. по вопр. рац. использ. и охраны биол. ресурсов Сах. и Курил. о-вов : Тез. докл. II науч.-практ. конф. Сах. отдела Географ. о-ва СССР (нояб. 1984 г.). – Ю-Сах., 1984. – С. 100–102.

Тарасюк, С. Н. Распределение и температурные условия развития икры япономорской палтусовидной камбалы в Татарском проливе [Текст] / С. Н. Тарасюк // Биология шельфовых и проходных рыб : Сб. науч. тр. – Владивосток, 1990. – С. 33–38.

Тарасюк, С. Н. О возможных причинах, обуславливающих урожайность поколений желтоперой камбалы [Текст] / С. Н. Тарасюк // Рыбохоз. исслед. в Сах.-Курил. р-не и сопред. акваториях : Сб. науч. тр. – Ю-Сах. : Сах. обл. книж. изд-во, 1994. – С. 23–32.

Терехов, А. Ю. Применение различных индексов видовой сходства при изучении ихтиоценозов [Текст] / А. Ю. Терехов // Изв. ТИНРО. – 1994. – Т. 115. – С. 154–157.

Токранов, А. М. Особенности биологии донных и придонных рыб различных семейств в прикамчатских водах : Дис. ... д-ра биол. наук [Текст] / А. М. Токранов; Тихоокеанский ин-т географии; Камчат. ф-л ДВО РАН. – П-Камчат., 2009. – 67 с.

Федорец, Ю. В. Экология ихтиопланктонных сообществ морского мелководья и эстуариев рек северной части залива Петра Великого : Дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Ю. В. Федорец. – Владивосток, 2010. – 192 с.

**Федорец, Ю. В.** Влияние абиотических факторов среды на эмбрионально-личиночный период развития *Konosirus punctatus* в Амурском заливе (залив Петра Великого) [Текст] / Ю. В. Федорец // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2013. – Т. 15, № 3. – С. 1157–1159.

**Характеристика** планктона и бентоса Татарского пролива в современный период : Отчет о НИР (промежуточный) [Текст] / Отв. исполн. В. С. Лабай, И. А. Немчинова. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2012. – 311 с. – (Науч. арх. СахНИРО, инв. № 11472).

Carls, M. G. Synthesis of the toxicological impacts of the Exxon Valdez oil spill on Pacific herring (*Clupea pallasii*) in Prince William Sound, Alaska, U. S. A. [Text] / **M. G. Carls, G. D. Marty, J. E. Nose** // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 2002. – Vol. 59. – P. 153–172.

Unexpectedly high mortality in Pacific herring embryos exposed to the 2007 Cosco Busan oil spill in San Francisco Bay / **J. P. Incardona, C. A. Vines, B. F. Anulacion et al.** // PNAS. – 2012. – Vol. 109, No. 2. – E51–E58.

**Moukhametova, O. N.** Ichthyoplankton as an indicator of fish reproduction in Tatarskiy Strait (Japan Sea) [Text] / O. N. Moukhametova // Proceedings of the 27th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice (Mombetsu, Hokkaido, Japan, 19–24 February 2012). – Mombetsu, 2012. – P. 133–136.

**Moukhametova, O. N.** Reproductive and nursery potential of nearshore area in the East of Tatarskiy Strait [Text] / O. N. Moukhametova // Proceedings of the 29th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice (Mombetsu, Hokkaido, Japan, 16–19 February 2014). – Mombetsu, 2014. – P. 288–291.