

УДК 597-12 (268.45)

## Мониторинг внешних патологий у рыб Баренцева моря: методология и результаты

Т.А. Карасева, Т.В. Шамрай, Л.И. Пестрикова

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО)

**Аннотация.** Представлены результаты исследования, которое выполнялось в 1999-2011 гг. с целью оценки здоровья промысловых рыб и качества среды их обитания в Баренцевом море и прилегающих акваториях. Объектами изучения являлись внешние патологии рыб, которые исследовались при помощи клинического, патоморфологического и гистопатологического методов. Показано, что ежегодно у рыб Баренцева моря регистрировались патологии, относящиеся к шести группам, в том числе опухоли. Средняя частота встречаемости патологий у рыб Баренцева моря составила 0,7 %. В последние три года доминирующая роль принадлежит патологиям глаз, доля которых в спектре обнаруженных патологий достигла 97,5 %.

**Abstract.** The results of the study carried out in 1999-2011 have been presented. The aim was to evaluate the health of commercial fish and the quality of environment in the Barents Sea and adjacent waters. External pathologies studied by morphological, pathomorphological and histopathological methods have been used as bioindicators. It has been revealed that pathologies annually registered in fish of the Barents Sea refer to six groups, including tumors. The average prevalence of pathologies in fish was 0,7 %. During last 3 years eye pathologies were dominant and their fraction in the variety of revealed pathologies reached 97,5 %.

**Ключевые слова:** болезни, морские рыбы, некроз, опухоль, патология, скелетная деформация, частота встречаемости, язва  
**Key words:** diseases, marine fishes, necrosis, tumor, pathology, skeletal deformation, prevalence, ulcer

### 1. Введение

Биологический мониторинг, в котором для индикации изменений используются патологии, обычно рассматривается как часть экологического мониторинга водной среды (*Feist et al.*, 2004; *Sindermann*, 1979).

Патологии и болезни рыб, а также частота их встречаемости являются одним из показателей состояния экосистемы. Они отражают морфологические изменения, которые возникают при воздействии на организм определенных стрессирующих факторов. Под патологией подразумевается отклонение от нормального строения морфологических признаков организма. Болезнь же, согласно теории общего адаптационного синдрома, есть неправильно направленная или чрезвычайно интенсивная адаптационная реакция организма (*Селье*, 1972).

Живые организмы способны воспринимать низкие концентрации веществ и реагировать на их воздействие. Методология биотестирования, основанная на исследовании патологий и болезней, позволяет регистрировать негативные влияния естественных и антропогенных факторов раньше, чем многие инструментальные методы (*Мелехова и др.*, 2007). Внешние патологии рыб доступны для прямого наблюдения, поэтому широко используются в качестве биологических индикаторов при выполнении программ мониторинга окружающей среды. Как правило, эти исследования носят долговременный характер и выполняются в течение десятилетий (*Lang, Wosniok*, 2008; *Sindermann*, 1979; *Wosniok et al.*, 2001).

Баренцево море и прилегающие к нему морские акватории относятся к зонам интенсивного международного рыболовства и отличаются высокой степенью изученности. Вместе с тем, до последнего времени сведения о патологиях и болезнях рыб в этом регионе практически отсутствовали.

В связи этим Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО) впервые в истории изучения северных морей проводит мониторинг внешних патологий и болезней с целью оценки здоровья промысловых рыб и качества среды их обитания в Баренцевом море (*Karaseva, Donetskov*, 2003).

Основными задачами настоящего исследования являлись разработка методики проведения мониторинга, изучение патологий рыб и эпизоотической ситуации в Баренцевом море.

## 2. Материал и методика

Исследования проводились в 1999-2011 г. в открытой части Баренцева моря и прилегающих акваториях. Всего было проанализировано 880349 рыб, из которых основными видами являлись треска (*Gadus morhua morhua*), пикша (*Melanogrammus aeglefinus*), камбала-ерш (*Hippoglossoides platessoides*), морская камбала (*Pleuronectes platessa*), зубатки (*Anarhichas denticulatus*, *A. lupus*, *A. minor*), палтус (*Reinhardtius hippoglossoides*), сайка (*Boreogadus saida*), мойва (*Mallotus villosus*), путассу (*Micromesistius poutassou*), окунь-клювач (*Sebastes mentella*).

Сбор проб выполняли круглогодично на научных судах. Исследовали рыб, выловленных при помощи донных и пелагических тралов. Анализ внешних патологий совмещали с общим биологическим анализом рыб и выполняли при помощи клинического и патоморфологического методов. Больную рыбу измеряли, взвешивали, определяли пол, стадию зрелости, исследовали состояние кожного покрова, плавников и глаз. Обнаруженные патологии классифицировали по 6 учетным группам: язвы, некроз плавников, скелетные деформации, опухоли, патологии глаз и патологии внутренних органов. Первичные данные регистрировали в траловых карточках и журнале ихтиопатологического анализа. Внешний вид больных рыб и обнаруженных патологий подробно описывали и фотографировали. Образцы патологически измененных тканей отбирали для гистологического исследования.

Образцы фиксировали жидкостью Буэна или 10 % формалином. В лабораторных условиях при помощи микротомы из них изготавливались парафиновые срезы толщиной 3-5 мкм, которые окрашивали гематоксилин-эозином (*Ромейс*, 1953). Для изучения морфологии патогенных организмов изготавливали мазки тканей и крови, которые фиксировали в жидкости Никифорова и окрашивали по Романовскому-Гимза. Дальнейшие исследования гистологических срезов и мазков тканей проводились при помощи светового микроскопа.

Опухоли, обнаруженные у морских рыб, были классифицированы в Центре независимой экологической экспертизы РАН (г. Санкт-Петербург).

Основными статистическими показателями в анализе данных являлись частота встречаемости рыб с патологиями и доля каждой группы патологий. Частоту встречаемости рассчитывали в процентах от количества рыб во всех проанализированных пробах, независимо от того, были в них обнаружены больные особи или нет. Долю (процент) в спектре шести учетных патологий рассчитывали только для группы рыб, у которых они были обнаружены.

Средние значения показателей для различных градаций (вид рыбы, группа патологии, район и время лова) рассчитывали исходя из общей выборки рыб за рассматриваемый период. Статистическую обработку материала и сравнительный анализ проводили по законам альтернативного распределения, при котором учитывается наличие или отсутствие качественного признака (патологии), а также дискретность распределения рыб с патологиями. Различия, выявленные в многолетней динамике статистических показателей, установлены на 5 % уровне значимости.

## 3. Результаты

Результаты исследования показали, что в течение 1999-2011 гг. язвы, некроз плавников, скелетные деформации, опухоли, патологии внутренних органов и патологии глаз у рыб Баренцева моря наблюдались ежегодно. Однако частота их встречаемости и доля в спектре патологий каждый год были различными.

Язвы представляли собой поверхностные, ограниченные толщиной эпидермиса или более глубокие, развивающиеся с повреждением мышечной ткани дефекты кожного покрова (рис. 1). Как правило, они имеют инфекционную природу и вызываются вирусами или бактериями. В некоторых случаях у тресковых и камбаловых рыб язвы образовывались вследствие изъязвления различных опухолей. В связи с этим для дифференциальной диагностики все обнаруженные язвы и опухоли подвергались гистопатологическому исследованию. Новообразования, которые внешне выглядели как язвы, представлены в таблице.

Следует подчеркнуть, что по морфологии язвы у рыб Баренцева моря были острыми и прогрессирующими. Ни в одном случае не наблюдали заживающие язвы или регенерацию кожного покрова. Зачастую в язвах находились паразитические рачки, которые препятствовали их заживлению.

Наиболее часто язвы наблюдали у трески, пикши и камбалы-ерша. Периодически, в отдельные годы, они были зарегистрированы также у зубаток, сайки, сельди. Максимальная частота встречаемости язв у трески отмечалась в 1999 г. и составляла 0,9 %. В течение 2000-2009 гг. заболеваемость трески язвами постепенно снизилась до минимального уровня – 0,01 % (рис. 2).

У камбалы-ерша частота встречаемости язв подвержена более резким и значительным межгодовым колебаниям, чем у трески и пикши. Амплитуда колебаний составляла от 2,0 % (2004 г.) до 0,01 % (2009 г.).



Рис. 1. Острая язва у пикши

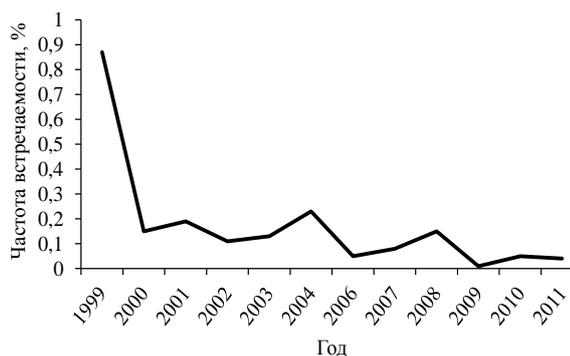


Рис. 2. Динамика частоты встречаемости язв у трески в 1999-2011 гг.

Опухоли рыб внешне имеют вид чрезмерного разрастания какой-либо ткани, как правило, с четко выраженной локализацией. В основе опухолевого процесса лежит рост (размножение) клеточных структур органа или ткани, характеризующийся морфологическим атипизмом (рис. 3 и 4).

В Баренцевом море опухоли рыб представляют собой редкое явление и характеризуются стабильно низкой встречаемостью – 0,01-0,05 %. Они свойственны донным рыбам, а у пелагических рыб не обнаружены.

У трески, пикши и камбалы-ерша наблюдались, в основном, опухоли эпителиального и соединительнотканного происхождения как доброкачественные, так и злокачественные. У зубаток встречались опухоли, происходящие из мышечной ткани (табл.).

Таблица. Новообразования, диагностированные у рыб Баренцева моря

Вид рыбы	Внешний вид и локализация опухоли	Название опухоли
Треска	Язва на боковой части тела	Эпителиоидный рак (анаплазированный плоскоклеточный рак)
Пикша	Язва на голове	Низкодифференцированная саркома (ретикулосаркома)
Пикша	Опухоль на хвостовом стебле	Низкодифференцированная саркома
Пикша	Опухоль печени	Низкодифференцированный рак из холангиоцитов
Пикша	Опухоль нижней челюсти	Фибросаркома с воспалительными и некротическими изменениями
Пикша	Опухоль жаберной крышки	Хондросаркома
Камбала-ерш	Опухоль кожного покрова	Фиброма
Камбала-ерш	Язва	Эпителиоидный рак
Зубатка синяя	Язва на боковой части тела	Рабдомиома
Зубатка синяя	Опухоль и язва на боковой части тела	Хондросаркома с некротическими изменениями

Микроскопически эпителиоидный рак у рыб представлял собой разрастания плоскоэпителиальных структур, расположенных в дерме и разделенных прослойками соединительной ткани. Отмечались участки из пластов веретенообразных клеток. Гистологическая картина обычно чрезвычайно полиморфна: от участков с выраженной дифференцировкой, похожих на аденокарциномы, до анаплазированных структур, которые встречались в каждом случае обнаружения данной опухоли. Многочисленными были кровоизлияния и очаги некроза. Наружная зона новообразований была сильно гиперемирована за счет многочисленных сосудистых разрастаний типа капиллярных ангиом, поэтому внешне опухоли могли быть похожими на язвы. Диаметр этих опухолей достигал 3 см (рис. 3).

В группу новообразований из соединительной ткани и ее производных у рыб Баренцева моря входят фиброма, фибросаркома, саркома, хондросаркома, ретикулосаркома (рис. 4).

Типичные фибромы встречались у камбалы-ерша и лиманды, саркомы – у пикши и синей зубатки. Опухоли у камбал состоят из волнообразных или лентовидных пучков соединительнотканых волокон, образующих местами "вихревые" или концентрические структуры. Клетки опухоли

мономорфные. Между клетками нередко встречаются участки фиброза и мелких сосудов капиллярного типа. Вместе с тем, в этих опухолях также наблюдались и очаги некроза ткани, сопровождаемые воспалительной реакцией с инфильтрацией окружающих тканей лимфоидными клетками.

В отличие от этого фибросаркома состоит из вытянутых, полиморфных, с высокой степенью анаплазии фиброцитов. В ткани опухоли встречались атипичные фигуры митозов и многоядерные уродливые гигантские клетки.

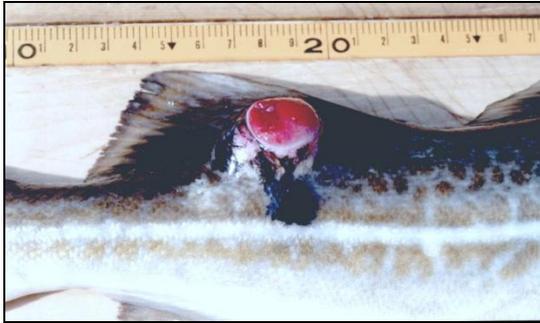


Рис. 3. Эпителиоидная опухоль у трески

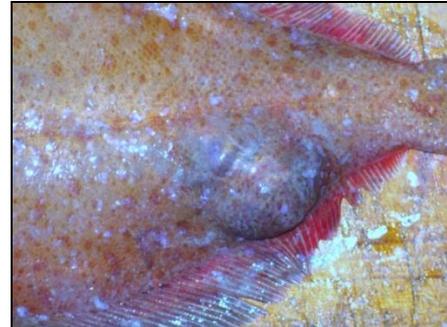


Рис. 4. Фиброма у камбалы-ерша

При сборе первичного материала в море у рыб наблюдали еще одну группу новообразований, которые по гистологическому строению не являлись "истинными" опухолями. Их возникновение и развитие ассоциировано с заражением рыбы простейшими внутриклеточными паразитами, преимущественно микроспоридиями. Примеры таких опухолей показаны на рис. 5 и 6. В зависимости от вида паразита они развивались в мышечной или соединительной ткани рыб и состояли из паразитических организмов на разных стадиях развития, которые замещали собственные клетки и ткани рыбы. При этом происходило также механическое сдавливание и некробиоз прилежащих к опухоли тканей.



Рис. 5. Опухоли у сеголетка трески, вызванные микроспоридиями *Pleistophora gadi*



Рис. 6. Опухоль в основании плавников у трески, вызванная *Protozoa incertae sedis*

К скелетным деформациям (аномалиям) нами относились S-образные горизонтальные или вертикальные искривления позвоночника, укороченный позвоночник, короткий хвостовой стебель, смещение позвонков, деформация костей головы (рис. 7). В 1999-2005 гг. эта группа патологий отмечалась у трех видов рыб: трески, пикши, сайки. В течение 2006-2010 гг. они были также зарегистрированы у камбалы-ерша, палтуса, пестрой и полосатой зубаток, сельди, мойвы и у молоди трески и сайки.

Средняя частота встречаемости скелетных деформаций по годам не превышала 0,2 %, а их доля в среднем составляла 16,0 % (7,0-23,5) от всех обнаруженных у рыб патологий, различаясь в разные годы в 3 раза. Межгодовые различия были связаны с эпизодическими случаями обнаружения искривления хвостового стебля у тех видов рыб, у которых они ранее не встречались, например, у камбал. Несмотря на это, скелетные деформации для трески, пикши и сайки остаются более характерными, чем для других видов рыб.

Более динамичной и изменчивой группой патологий, по сравнению с опухолями и скелетными деформациями, являлись некрозы. Некроз – это гниение и распад ткани в живом организме, которые возникают под воздействием повреждающих факторов различной природы. В соответствии с этим, клиническое проявление некроза у рыб Баренцева моря многообразно, но наиболее распространен некроз хвостового плавника (рис. 8).



Рис. 7. Искривление позвоночника у трески

В 1999-2004 гг. доля некрозов у рыб составляла 3-80 % от всех обнаруженных у рыб патологий, а средняя частота встречаемости – 1,2 %. В этот период по видам рыб некрозы распределялись неравномерно. Большое количество рыб с некрозом плавников встречалось среди окуней (6,1 %), зубаток (4,6 %), палтуса и пикши (1,8 %). Меньше пораженных некрозом особей было среди камбалы-ерша и трески, у которых частота встречаемости составляла 0,9 и 0,5 % соответственно. В 2009-2011 гг. некрозы наблюдали, главным образом, у пикши и камбалы-ерша. Их доля в спектре патологий в среднем составляла 2,0 %, а частота встречаемости – 0,01 %. Это свидетельствует о том, что с 2005 г. происходит снижение значимости некрозов в эпизоотической ситуации Баренцева моря.



Рис. 8. Некроз хвостового плавника у пикши (А) и зубатки (Б)

Характерной группой патологий у рыб Баренцева моря, по специфичности сопоставимой с опухолями, являются патологии глаз – внешние и внутренние изменения структуры и тканей глаза, обусловленные дистрофическими и некротическими процессами в роговице, хрусталике, склере и мышцах, окружающих глаз. У рыб, как и у других позвоночных животных, глаз имеет сложную структуру и состоит из разнообразных тканей. Некоторые из них, например ткани роговицы, хрусталика, сетчатки, являются специализированными. С особенностями строения глаза связано многообразие патологических изменений, которые наблюдаются в глазах рыб.

К основным патологиям относятся экзофтальмия, катаракта, утолщение роговицы, красный цвет глаз, дегенерация всех структур глаза, бельмо, выпадение хрусталика и глаза в целом. В настоящее время эти патологии рассматриваются нами как симптомы новой болезни с условным названием "синдром красных глаз". При этом период, в течение которого у рыб наблюдается красный цвет глаз, оценивается как стадия острого течения болезни. Дегенеративные изменения в глазах, по нашему мнению, свидетельствуют о переходе болезни в хроническую стадию (рис. 9).

В 1999-2000 гг. у трески и пикши были отмечены единичные случаи патологии глаз. В последующие годы их доля не превышала 20 % от всех обнаруженных патологий, а частота встречаемости составляла менее 0,1 %. Доминирующее значение патологии глаз приобрели в 2005 г., когда их доля в спектре патологий возросла до 60 % (рис. 10 и 11). Среди рыб с пораженными глазами 63 % приходилось на треску, 35 % – на пикшу и 2,0 % – на зубаток.

Как показано на рис. 11, доля патологий глаз изначально имела тенденцию к увеличению, но значительный рост числа рыб с пораженными глазами отмечался с 2005 г. В 2009 г. на долю "синдрома красных глаз" уже приходилось 96,8 %, в 2010 г. – 77,4 %, в 2011 г. – 97,5 % от всех обнаруженных патологий. Во многом это связано с обнаружением "синдрома красных глаз" у тех видов рыб, у которых эта болезнь раньше не встречалась. Если в 1999-2005 гг. патологии глаз наблюдались у трески, пикши и зубаток, то в настоящее время они известны для 16 видов донных и пелагических рыб, которые на

рис. 10 обозначены, как "другие виды". Частота встречаемости патологий глаз в этой группе рыб в 2009-2011 гг. была больше, чем у трески и пикши, и составляла 0,6-0,8 %.



Рис. 9. Красный цвет и дегенерация глаза у пикши

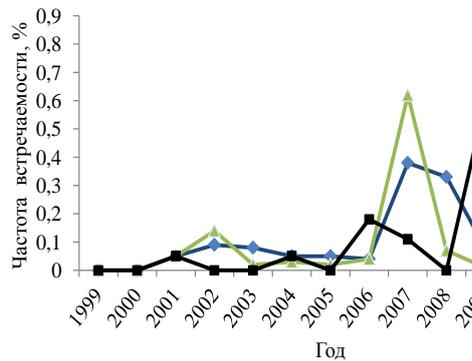


Рис. 10. Динамика частоты встречаемости патологий глаз у трески (1), пикши (2) и других видов рыб (3) в 1999-2011 гг.

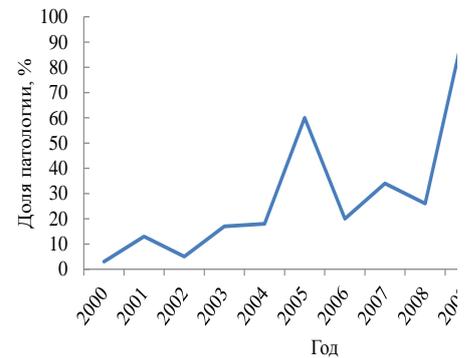


Рис. 11. Динамика доли патологий глаз у донных и пелагических рыб в 2000-2011 гг.

Следует подчеркнуть, что значительные различия в частоте встречаемости "синдрома красных глаз" существуют между донными и пелагическими рыбами. Так, в 2011 г. частота встречаемости болезни у мойвы составила 4,9 %, у сайки – 4,6 %, у путассу – 1,9 %. В то же время среди донных рыб (пикши, трески и морской камбалы) было обнаружено в среднем 0,4 % больных рыб.

Анализ многолетних данных показал, что средняя частота встречаемости патологий у донных рыб Баренцева моря колебалась от 0,2 % (2005 г.,  $n = 58601$ ) до 1,5 % (2002 г.,  $n = 45218$ ). Первый пик встречаемости патологий в 2002 г. был обусловлен большим количеством рыб, пораженных некрозом плавников. Средняя доля некроза в спектре патологий составляла 75 %, средняя частота встречаемости – 1,1 %. У трески, окуня-клювача и зубатки частота встречаемости некрозов составляла 5,0-6,1 %. Второй пик был отмечен в 2008-2009 гг. В эти годы частота встречаемости патологий составляла 0,7-0,8 % ( $n = 79964$ ) за счет увеличения количества рыб с патологией глаз (рис. 12).

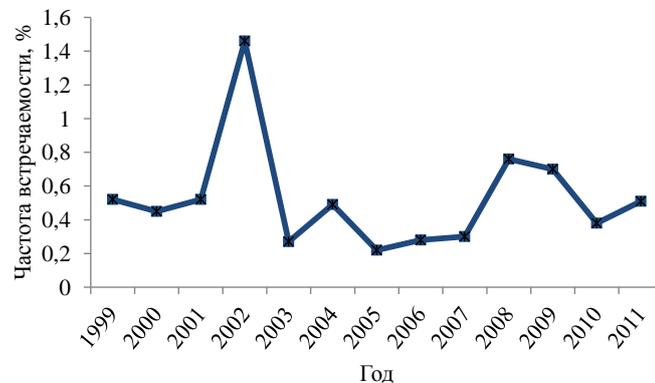


Рис. 12. Средняя частота встречаемости патологий у донных рыб Баренцева моря в 1999-2011 гг.

У пелагических рыб – мойвы и сайки, которые были включены в структуру мониторинга в 2007 г., наблюдался очень узкий спектр патологий. Болезнь "синдром красных глаз" у сайки является наиболее часто встречающейся, а у мойвы – единственной патологией.

Межгодовые колебания частоты встречаемости патологий у пелагических видов были более значительными, чем у донных видов рыб. У сайки она изменялась от 0,4 % в 2007 г. ( $n = 6312$ ) до 4,6 % в 2011 г. ( $n = 3067$ ), у мойвы – от 9,0 % в 2008 г. ( $n = 1085$ ) до 0,2 % в 2009 г. ( $n = 9168$ ).

С 2009 г. отмечается увеличение количества рыб с патологиями по сравнению с предыдущими годами. В 2011 г. средняя частота встречаемости патологий у донных рыб ( $n = 27598$ ) составляла 0,4 %, что соответствует уровню заболеваемости рыб в 2010 г. В то же время средняя частота встречаемости патологий у пелагических видов ( $n = 15225$ ) составила 6,1 %, что в 12 раз больше, чем в 2010 г. (0,5 %,  $n = 61396$ ).

В 2011 г. средняя частота встречаемости патологий у донных и пелагических рыб Баренцева моря составила 2,2 % при средней многолетней заболеваемости рыб 0,7 %. При этом количество особей с патологиями среди пелагических рыб было в 10 раз больше, чем среди донных рыб.

#### 4. Заключение

Таким образом, в течение 1999-2011 гг. состав патологий у рыб Баренцева моря оставался практически неизменным. Это свидетельствует о том, что шесть групп патологий, тестируемых нами, охватывали максимально возможное количество патологических изменений у промысловых рыб. Вместе с тем, процентное соотношение этих патологий изменялось каждый год. Наиболее вариabельными являлись язвы, некрозы и патологии глаз. Их возникновение и динамика ассоциированы нами с инфекционными агентами – вирусами, бактериями и грибами, которые в настоящее время находятся в процессе изучения в лаборатории ФГУП "ПИНРО".

В процессе выполнения мониторинга была подтверждена правомерность применения гистологического метода для диагностики патологий. Благодаря этому методу установлено, что некоторые язвы, обнаруженные при внешнем осмотре рыб, в действительности являлись опухолями.

Кроме того с помощью гистологического метода у морских рыб были подробно изучены патологии глаз и внутренних органов. В отдельных случаях изучение гистологических срезов позволило обнаружить паразитические организмы и предварительно определить их систематическое положение.

В результате использования в анализе данных таких количественных показателей, как частота встречаемости и доля патологий, была получена полная картина распределения патологий по видам рыб, годам и районам исследования.

Показано, что опухоли и скелетные деформации представляли собой наиболее стабильные и редко встречающиеся в Баренцевом море патологии. В большинстве случаев этиология опухолей у рыб неизвестна, поэтому они являются предметом изучения во всем мире.

Как известно, опухолевый рост может быть следствием негативного воздействия на организм широкого ряда факторов. Агенты, вызывающие генетические повреждения клеток и их неопластическую трансформацию, разделяются на следующие основные категории: химические канцерогены, лучистая энергия, или радиация, и онкогенные вирусы. Однако результаты многочисленных исследований, выполненных в загрязненных водоемах и прибрежной зоне морей, указывают на то, что основную этиологическую роль в возникновении неоплазий у рыб, по-видимому, имеют химические вещества (Ильницкий и др., 1993; Плиссе, Худoley, 1979; Stentiford et al., 2003).

Скелетные деформации у морских рыб могут быть генетическими, обусловленными мутациями, эпигенетическими, приобретенными в течение эмбрионального развития, и постэмбриональными, возникающими в период личиночных стадий развития рыб. Большое значение придается также абиотическим факторам, в первую очередь, загрязнению среды пестицидами и тяжелыми металлами (Sindermann, 2000).

По мнению К. Синдерманна (Sindermann, 2000), загрязнение водной среды химическими веществами даже в малых концентрациях является основной причиной возникновения болезней и патологий у рыб. Они играют роль стресс-факторов, оказывающих как прямое трансформирующее воздействие на рыб, так и косвенное за счет активизации латентных форм патогенных организмов.

Как правило, в качестве тестируемых видов рыб в мониторингах болезней и патологий используются донные виды, например камбалы. Это связано с тем, что загрязняющие вещества в значительной мере концентрируются в грунтах и донных осадках, поэтому патологии камбал более достоверно отражают уровень антропогенного загрязнения акваторий, чем другие виды рыб (Bogovski et al., 1999; Wosniok et al., 2001).

Результаты наших исследований показали, что у донных рыб Баренцева моря – трески, пикши, камбал и зубаток – также наблюдался более широкий спектр патологий, чем у пелагических видов,

мойвы и сайки. У пелагических видов рыб "синдром красных глаз" был единственной болезнью. При этом дегенеративные хронические изменения в глазах, свойственные донным рыбам, не были отмечены у мойвы и сайки.

Увеличение количества рыб с патологиями глаз отмечается нами с 2005 г. Это свидетельствует о том, что в Баренцевом море получило распространение новое заболевание – "синдром красных глаз", которое является признаком ухудшения эпизоотической ситуации и может представлять опасность для водных биологических ресурсов.

По нашим многолетним наблюдениям, средняя частота встречаемости патологий (язвы, некрозы, скелетные деформации, опухоли, патологии глаз и внутренних органов) у рыб составила 0,7 %. При этом опухоли, которые являются показателями техногенного загрязнения водной среды, встречались редко. Частота встречаемости за годы наблюдений с 1999-2011 гг. не превышала 0,05 %.

В настоящее время нормативы, регламентирующие частоту встречаемости патологий у морских рыб, отсутствуют. Несмотря на это, полученные нами данные характеризуют Баренцево море как экологически благополучный водоем.

## Литература

- Bogovski S., Lang T., Møllgaard S.** Short communication: Histopathological examinations of liver nodules in flounder (*Platichthys flesus* L.) from the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science*, v.56, p.152-156, 1999.
- Feist S.W., Lang T., Stentiford G.D., Köhler A.** Biological effects of contaminants: Use of liver pathology of the European flatfish dab (*Limanda limanda* L.) and flounder (*Platichthys flesus* L.) for monitoring. *ICES Techniques in Marine Environmental Sciences*, v.38, 42 p., 2004.
- Karaseva T.A., Donetskov V.V.** Pathologies in demersal fishes of the Barents Sea and adjacent waters. "Aquatic and Marine Animal Health": Second Bilateral Conference. Shepherdstown, West Virginia, 21-28 September, p.2, 2003.
- Lang T., Wosniok W.** The fish disease index: A method to assess wild fish disease data in the context of marine environmental monitoring. *ICES CM*, D:01, 13 p., 2008.
- Sindermann C.J.** Ocean pollution: Effects on living resources and humans. *CRC Press*, 275 p., 2000. (Mar. sci. ser.)
- Sindermann C.J.** Pollution-associated diseases and abnormalities of fish and shellfish: A review. *Fish Bull. U. S.*, p.717-748, 1979.
- Stentiford G.D., Longshaw M., Lyons B.P., Jones G., Green M., Feist S.W.** Histopathological biomarkers in estuarine fish species for the assessment of biological effects of contaminants. *Marine Environmental Research*, v.55, p.137-159, 2003.
- Wosniok W., Lang T., Dethlefsen V., Feist S.W., McVicar A.H., Møllgaard S., Vethaak A.D.** Analysis of ICES long-term data on diseases of North Sea dab (*Limanda limanda*) in relation to contaminants and other environmental factors. *ICES CM*, F:02. (Annex 6), p.27, 2001.
- Ильницкий А.П., Королев А.А., Худoley В.В.** Канцерогенные вещества в водной среде. М., Наука, 222 с., 1993.
- Мелехова О.П., Егорова Е.И., Евсеева Т.И.** Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. Под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. М., Издательский центр "Академия", 288 с., 2007.
- Плиссе Г.Б., Худoley В.В.** Онкогенез и канцерогенные факторы у низших позвоночных и беспозвоночных животных. *Экологическое прогнозирование*. М., Наука, с.167-185, 1979.
- Ромейс Б.** Микроскопическая техника. М., Иностранная литература, 718 с., 1953.
- Селье Г.** На уровне целого организма. М., Наука, 121 с., 1972.