

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ НА РЕЗУЛЬТАТЫ АКУСТИЧЕСКИХ СЪЕМОК В АТЛАНТИЧЕСКОЙ РЫБОЛОВНОЙ ЗОНЕ МАРОККО

С.М. Касаткина, Н.М. Тимошенко, А.П. Малышко

*ФГБНУ «АтлантНИРО», г. Калининград
ks@atlantniro.ru; timoshenko@atlantniro.ru*

Касаткина С.М., Тимошенко Н.М., Малышко А.П. Анализ влияния пространственно-временной изменчивости распределения пелагических рыб на результаты акустических съемок в атлантической рыболовной зоне Марокко // Труды АтлантНИРО. 2018. Том 2, № 1(5). Калининград: АтлантНИРО. С. 89–95.

Исследовано соответствие между схемой галсов акустической съемки и пространственно-временной изменчивостью распределения промысловых пелагических рыб на атлантическом шельфе Марокко между 21° и 26° с.ш. с целью совершенствования планирования акустических съемок. Объектом исследований были расстояние между галсами как фактор, влияющий на продолжительность проведения съемки, с одной стороны, и надежность получаемых результатов – с другой. Использованы данные промысловой статистики за июль–август 2010–2015 гг. и материалы съемок, выполненных НИС «Атлантида» в этот же период 2014–2015 гг. при межгалсовом расстоянии 10 миль. Генеральное направление перемещений промысловых судов и направление обследования галсов съемки – с юга на север. Время, затрачиваемое выполняющим съемку судном на обследование одного галса, составляло в среднем 8 часов. При этом промысловые суда, перемещаясь вслед за косяками, смещались на расстояние 10 миль преимущественно за 6 и менее часов. Во многих случаях скопления успевали переместиться к следующему галсу съемки к моменту появления там НИС. Показано, что в случае увеличения межгалсового расстояния до 15 миль оценка биомассы могла быть ниже. Моделирование процессов оценок биомассы при разных межгалсовых расстояниях показало, что смещение результатов при этом происходило в наибольшей степени для сардинеллы и в меньшей степени для скумбрии. Показано, что постепенная миграция скоплений рыб в период съемки с юга на север может быть причиной различий между оценками величин акустического индекса, получаемого при разных значениях межгалсового расстояния.

Ключевые слова: пелагические рыбы, распределение, биомасса, миграции, акустическая съемка, Атлантическое побережье Марокко

Kasatkina S.M., Timoshenko N.M., Malyshko A.P. Analysis of influence of spatial-temporal variability of pelagic fish distribution on results of acoustic surveys in the Atlantic fishing zone of Morocco // Trudy AtlantNIRO. 2018. Vol. 2, № 1(5). Kaliningrad: AtlantNIRO. P. 89–95.

The correspondence between the scheme of acoustic survey transects and the spatial-temporal variability of distribution of commercial pelagic fishes on the Atlantic shelf of Morocco between 21° and 26° N was investigated with the aim of improving the planning of acoustic surveys. The subject of the research was the spacing between the transects as a factor influencing the duration of survey, on the one hand, and the reliability of the results obtained – on the other hand. The fishing statistics data for July-August 2010–2015 and materials of surveys performed by

the research vessel «Atlantida» during the same period of 2014–2015 at a 10 mile inter-transect spacing were used. The general direction of fishing vessels movement and the direction of transects survey is from the south to the north. The time spent by the surveying vessel to survey one transect made up 8 hours on average. At the same time, fishing vessels moving after the schools shifted to the distance of 10 miles primarily for 6 or less hours. In many cases the concentrations managed to move to the next transect of survey by the time the research vessel appeared there. It is demonstrated that in the case of an increase of inter-transect spacing to 15 miles, the biomass estimate could be lower. Modelling of the biomass estimation processes at different inter-transect spacing has shown that the shift in the results occurred the most for sardinella and to a lesser extent for mackerel. It is shown that the gradual migration of fish concentrations during the survey from the south to the north can cause differences between estimates of the acoustic index values obtained at different values of the inter-transect spacing.

Key words: pelagic fishes, distribution, biomass, migrations, acoustic survey, Atlantic coast of Morocco

Введение

Акустические съемки – общепринятый инструментальный метод количественной оценки рыбных запасов. Их результаты позволяют получать как непосредственные данные о распределении, численности и биомассе объектов промысла, так и индексы для настройки моделей оценки запасов. Практическое решение вопросов планирования съемок определяется характером обследуемого полигона, особенностями поведения и распределения оцениваемых объектов. Поэтому, несмотря на общую методологическую основу и стратегию акустических съемок, в различных районах Мирового океана последние имеют принципиальные особенности и различия по своему дизайну и практической реализации большинства этапов [ICES, 2004].

Акустическая съемка призвана обеспечить получение информации приемлемого качества на основе ограниченных временных и материальных ресурсов. Это обуславливает необходимость оптимального планирования с учетом особенностей поведения и распределения рыбы на полигоне съемки.

Современный дизайн акустических съемок, как правило, отдает предпочтение различным схемам параллельных галсов. Такие галсы используются в любом из общепринятых подходов к планированию съемок, основанных на принципах как систематического, так и рандомизированного размещения акустических выборок в пределах полигона съемок. Достоинством параллельных галсов является возможность исключить пространственную корреляцию между акустическими выборками при определенных условиях проектирования съемки [Методическое руководство ..., 2006]. Параллельные галсы были основой дизайна съемок, выполняемых НИС «Атлантида» в Центрально-Восточной Атлантике.

При интерпретации результатов данной работы следует учитывать важное обстоятельство: в летние месяцы на акваторию полигона съемки с юга постепенно во всё большем количестве смещаются скопления стайных пелагических рыб, продолжая нагульную миграцию в северном направлении и становясь здесь объектом промысла [Доманевский, 1998].

Объектом исследований являлось расстояние между галсами как фактор, влияющий на продолжительность проведения съемки, с одной стороны, и на надежность получаемых результатов – с другой.

Материал и методика

Исследования выполнялись на участке шельфа от мыса Кап-Блан до мыса Бохадор (полигон 26°00'–21°00' с.ш.) в июле-августе 2010–2015 гг. Используются данные акустических съемок и данные промысловой статистики траулеров России, участвовавших в промыс-

ле на участке данного полигона съемки. Была проанализирована изменчивость расположения участков промысла. Предполагалось, что динамика дислокации траулеров отражает перемещение рыбы (рис. 1). В соответствии с используемой схемой съемки расстояние между акустическими галсами составляло 10 миль, поэтому были выполнены оценки затрат времени промысловых судов на 10-мильное перемещение по широте вслед за мигрирующей рыбой.

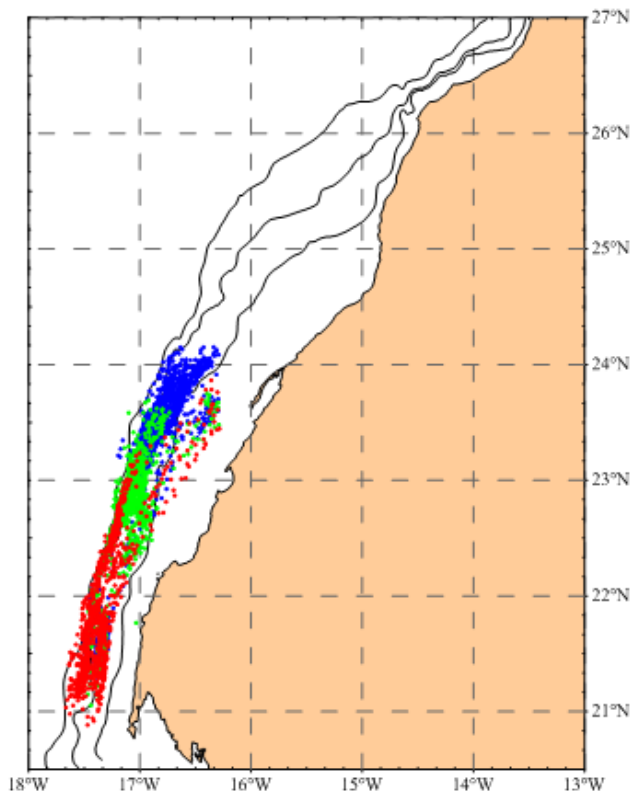


Рис. 1. Расположение участков промысла в ИЭЗ Марокко с 15 июля по 15 августа 2010–2015 гг. подекадно. Красным цветом показано начало, синим – конец периода
Fig.1. Location of fishing grounds in the Moroccan EEZ from 15 July to 15 August 2015–2010 by decades. Beginning of the period is marked by red, its end – by blue

По данным акустических съемок НИС «Атлантида» исследована точность оценки плотности биомассы для основных видов промысловых рыб (в виде акустического индекса) как функция количества акустических выборок и расстояния между галсами на полигоне съемки. Эта зависимость моделировалась на основе бутстреп-реализаций с последующим вычислением оценок средней плотности и ее статистических характеристик. В исследованиях был использован непараметрический бутстреп, когда в качестве функции распределения используется эмпирическая функция распределения акустического индекса [Efron, Tibshirani, 1993].

Акустические съемки осуществлялись в соответствии с методическими указаниями по планированию и проведению тралово-акустической съемки в промысловых районах Северо-Западной Африки [Методическое руководство ..., 2006]. Сбор и обработка акустических данных выполнялись с использованием научного эхолота ЕК-6 0 (фирма Симрад, Норвегия) и программного пакета SonarData Echoview. Каждая съемка предварялась инструментальной калибровкой эхолота ЕК60 (рабочая частота 38 кГц), проводимой в акватории ИЭЗ Марокко, южнее п. Агадир.

Исследования точности оценки плотности биомассы были выполнены по данным акустических съемок 2014 и 2015 г. НИС «Атлантида» выполняло съемки по регулярной схеме галсов в светлое время суток. Сбор акустической информации сопровождался выполнением

тралений, гидрологических (СТД) и планктонных станций (рис. 2, табл. 1). Протяженность галсов на полигоне акустической съемки изменяется от 10 до 80 миль (рис. 3).

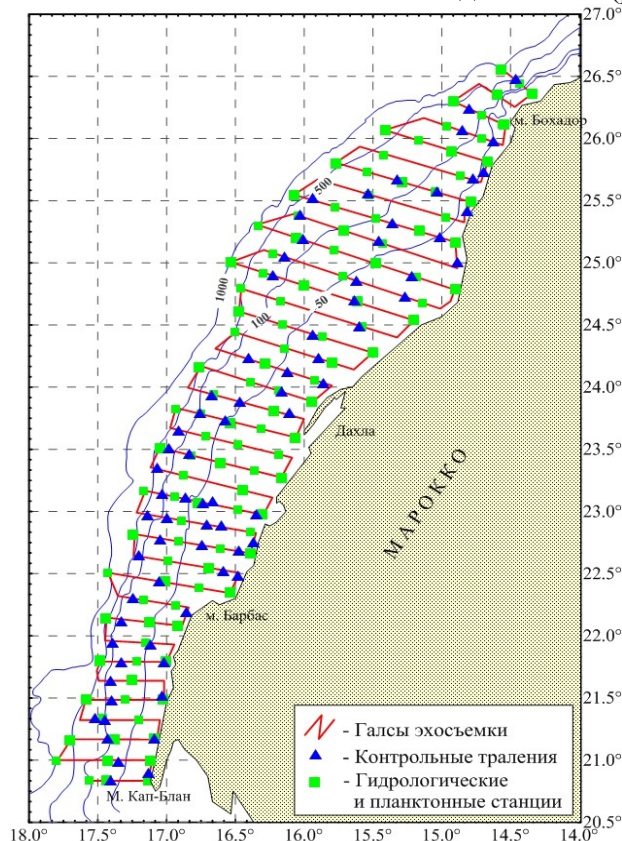


Рис. 2. Схема галсов акустической съемки НИС «Атлантида» от мыса Кап-Блан до мыса Бохадор
 Fig.2. Scheme of transects of acoustic survey of the research vessel «Atlantida» from Cape Blanc to Cape Bojador

Таблица 1

Объем выполненных работ на акустических съемках в 2014 и 2015 гг.
Scope of the work performed during the acoustic surveys in 2014 and 2015

Виды работ	количество	
	2014	2015
Пройдено миль с акустическим зондированием	2130	2817
Выполнено тралений	74	61
Выполнено гидрологических станций	118	75

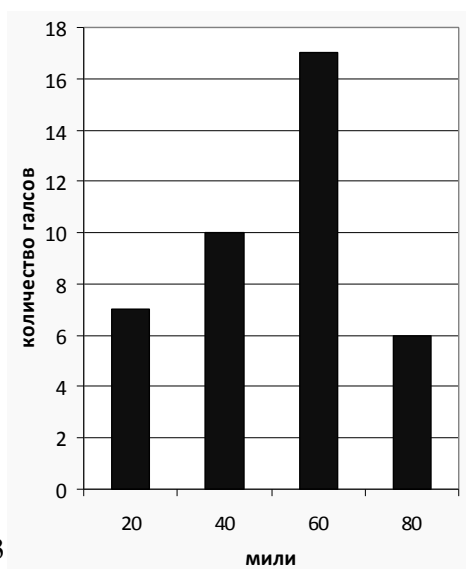


Рис. 3. Распределение протяженности галсов акустической съемки на шельфе Марокко при межгалсовом расстоянии 10 миль (см. рис. 2)

Fig.3. Distribution of extension of acoustic survey transects on the shelf of Morocco at 10-mile inter-transect spacing (see Fig.2)

Результаты

В летние месяцы на полигон съёмки с юга постепенно во всё большем количестве поступают, продолжают нагульную миграцию в северном направлении и становятся объектом промысла скопления стайных пелагических рыб [Доманевский, 1998].

При анализе изменчивости расположения участков промысла в пределах полигона акустической съёмки в июле–августе 2010–2015 гг. были выявлены значительные широтные перемещения судов (рис. 1). Смещение, как правило, происходит от 21 до 24° с.ш., составляя около 180 миль в широтном направлении. Указанное смещение участков промысла происходит за 30–40 суток. В генеральном направлении с юга на север среднее смещение промысловых участков составляет до 6 миль ежедневно. В этом же направлении выполнялись галсы съёмки.

Пооперационная промысловая статистика показывает, что при общем направлении смещения промысла на север на полигоне съёмки имеет место значительная изменчивость суточной дислокации промысловых судов, когда суда могут в течение суток передвигаться как на север, так и на юг, смещаясь за скоплениями рыбы. Такое смещение может превышать межгалсовое расстояние на акустической съёмке. Анализ затрат времени на 10-мильное перемещение по широте каждого промыслового судна показывает, что на такое передвижение суда затрачивают до 10 часов, но в большинстве случаев около двух часов, что свидетельствует о наличии значительной суточной динамики смещения промысловых скоплений.

Результаты акустических съёмок в 2014 и 2015 г. показывают, что на значительной части полигона съёмок, выполняемых с межгалсовым расстоянием в 10 миль, затраты времени на выполнение каждого галса превышают 8 часов (рис. 4). Это, прежде всего, касается широкой части шельфа, где протяженность галсов составляет свыше 50 миль (рис. 2). В то же время анализ данных о пространственном перемещении промысловых судов, следующих за скоплениями рыбы, показал, что в большинстве случаев перемещение рыбы на расстояние свыше 10 миль по широте происходило менее чем за 6 часов (рис. 4). Поэтому на значительной части полигона съёмки возможна как недооценка, так и переоценка (за счет повторной регистрации одних и тех же скоплений) биомассы рыб. Одним из способов снизить эту неопределенность может быть увеличение межгалсового расстояния.

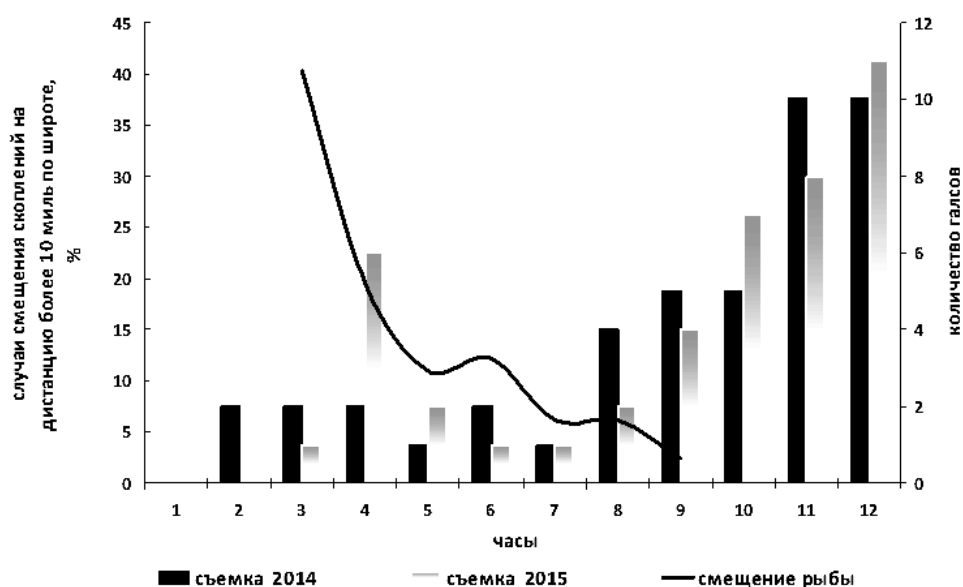


Рис. 4. Затраты времени при выполнении галсов на акустических съёмках (полигон 26°00' –21°00' с.ш., на примере съёмок, выполненных в 2014 и 2015 г.) и перемещение рыбы в процессе проведения съёмки

Fig.4. Time spent for performing transects in the acoustic surveys (ground 26°00'–21°00'N, on the example of the surveys carried out in 2014 and 2015)

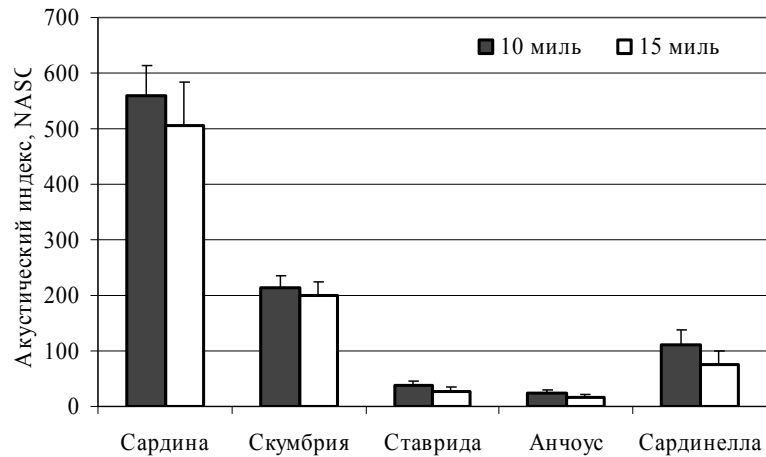


Рис. 5. Средние значения и стандартные отклонения оценок акустического индекса при разном расстоянии между галсами по данным съемки 2014 г.
 Fig.5. Average values and standard deviations of acoustic index estimates at different spacing between transects based on the data obtained in the survey in 2014

Анализ оценок плотности основных промысловых видов рыб при разном межгалсовом расстоянии был выполнен путем моделирования на основе бутстреп-процедуры при 500 реализациях. Объектом моделирования были оценки акустического индекса плотности (NASC) при 10-мильном и 15-мильном расстояниях между галсами. Моделирование было выполнено на примере данных акустических съемок 2014 и 2015 гг. Результаты моделирования представлены средними значениями и доверительными интервалами индексов плотности для целевых видов съемки (рис. 5, 6). Согласно выполненным расчетам, изменение расстояния между галсами (переход с 10 миль на 15 миль) приводит к изменению оценок акустического индекса плотности для основных промысловых рыб: сардины – до 10%; скумбрии – до 6%; ставриды европейской и сардинеллы – до 17 % и анчоуса – до 25%.

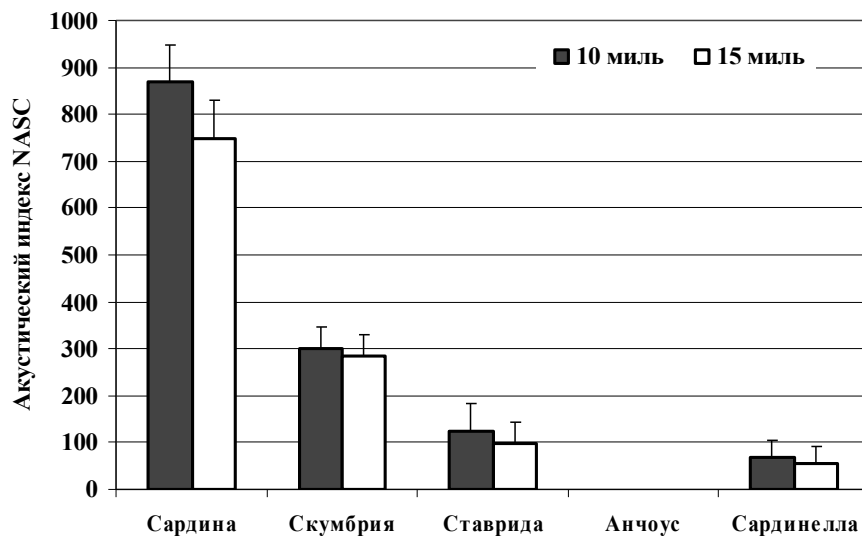


Рис. 6. Средние значения и стандартные отклонения оценок акустического индекса при разном расстоянии между галсами по данным съемки 2015 г.
 Fig.6. Average values and standard deviations of acoustic index estimates at different spacing between transects based on the data obtained in the survey in 2015

Во всех случаях увеличение межгалсового расстояния вело к снижению среднего значения акустического индекса. По-видимому, при 10-мильном расстоянии было больше случаев повторного учета двигавшихся на север косяков, и при осуществлении съемки с севера на юг смещение могло быть противоположным по знаку.

Обсуждение

Результаты исследования показали, что пространственная динамика распределения рыбы, прослеживаемая в перемещении рыбы с юга на север в период проведения съемки, может быть источником смещения в результатах акустических съемок при межгалсовом расстоянии 10 миль. На значительной части полигона съемки, прежде всего охватывающей широкую часть шельфа, время, затрачиваемое на выполнение акустического галса, может превышать время перемещения скоплений рыбы в широтном направлении между галсами, т.е. на расстояние, превышающее 10 миль. Вследствие последнего возможна как недооценка, так и переоценка (за счет повторной регистрации одних и тех же скоплений) величин биомассы и численности рыб. Полученные результаты свидетельствуют, что увеличение межгалсового расстояния сказывается в разной степени на оценках промысловых рыб, пространственное распределение которых различается. Изменение межгалсового расстояния с 10 на 15 миль сказалось в меньшей степени на оценках индекса плотности сардины и скумбрии (не более 10 %). В большей степени оно отразилось на оценках индекса плотности сардинеллы и анчоуса (рис. 5, 6).

Представляется целесообразным продолжить исследования влияния динамики распределения и миграции рыб на результаты съемки. При этом следует иметь в виду, что расстояние между галсами является фактором, влияющим как на результаты съемки, так и на ее продолжительность. В данном случае суточная и сезонная динамика распределения судов рассматривались без учета видовой направленности промысла. Детализация дислокации и поведения промысловых судов с учетом видовой направленности лова может позволить получить информацию о специфике миграций и распределении разных видов рыб.

Анализ данных промысла и акустических съемок будет способствовать разработке оптимального дизайна съемок с позиций как надежности результатов, так и оптимизации затрат на их проведение. Использованный подход для моделирования влияния расстояния между галсами акустических съемок на их результаты представляется полезным при планировании подобных исследований, принимая во внимание невозможность проведения прямых наблюдений за перемещениями объекта учёта.

Список литературы

Доманевский Л.Н. Рыбы и рыболовство в неритической зоне Центрально-Восточной Атлантики. Калининград: АтлантНИРО, 1998. 196 с.

Методическое руководство по планированию и проведению морских экспедиционных исследований запасов промысловых гидробионтов в Атлантическом океане, Юго-Восточной части Тихого океана и в Балтийском море (районы сферы деятельности АтлантНИРО). Калининград: АтлантНИРО, 2006. 182 с.

ICES, 2004. Report of Workshop on Survey Design and Data Analysis. ICES CM 2004 / В:07. 261 p.

Efron B., Tibshirani R.J. An introduction to the Bootstrap. New York: Chapman and Hall, 1993. 436 p.