

Экономика, международное сотрудни-
чество и нормативные правовые основы
рыбохозяйственной деятельности

УДК 639.2.053.7(261.2)

**Сотрудничество России и Европейского Союза по
вопросам управления запасом пикши банки Роколл
и подготовки научного обоснования его эксплуатации**

В.Н. Хливной

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им.
Н.М. Книповича (ФГБНУ «ПИНРО»), г. Мурманск
Email: khlivn@pinro.ru

Показана история сотрудничества между Россией и Европейским Союзом по вопросам управления запасом пикши *Melanogrammus aeglefinus* банки Роколл и подготовки научного обоснования его эксплуатации. Вопрос выработки согласованных между Российской Федерацией и ЕС мер регулирования промысла пикши банки Роколл неоднократно поднимается в НЕАФК и на двусторонних переговорах. В 2003 г. НЕАФК приняла решение о совместной подготовке Россией и ЕС, как сторон, ведущих основной промысел, таких мер. В связи с тем, что управленческие решения должны строиться на научной базе специалистами двух сторон были выполнены исследования и проанализированы последствия введения различных мер регулирования промысла. При этом российские ученые акцентировали внимание на необходимости учёта особенностей биологии пикши банки Роколл при разработке данных мер. Был совместно разработан план управления запасом пикши банки Роколл. В процессе подготовки плана было установлено наличие периодов с высоким и низким уровнем пополнения запаса и различий для данных периодов в уровне эксплуатации, соответствующем предосторожному походу. Представлено обоснование стратегии изменения уровня эксплуатации запаса в зависимости от численности пополнения, которая учитывает изменения условий среды обитания пикши. На основе данной стратегии ИКЕС для пикши банки Роколл определил соответствующие концепции MSY биологические ориентиры отдельно для лет с низким и высоким пополнением.

Ключевые слова: банка Роколл, пикша *Melanogrammus aeglefinus*, сотрудничество России и ЕС, меры регулирования промысла, план управления запасом, минимальная промысловая длина, темпы полового созревания, зависимость запас-пополнение.

ВВЕДЕНИЕ

Западноевропейский промысел пикши (*Melanogrammus aeglefinus* (L., 1758)) на банке Роколл ведётся с 19 века [Анон, 2009; Blacker, 1963, 1982; Newton et al., 2008]. История отечественных исследований и про-

мысла в этом районе берет своё начало с конца 50-х годов 20 века [Винниченко, Хливной, 2006; Хливной, 2007; Чуксин, Гербер, 1976; Шестов, 1977]. После установления Великобританией в 1977 г. 200-мильной зоны вокруг скалы Роколл промысел здесь был прекращён.

Однако введение указанной зоны противоречило 3-й конвенции ООН по Морскому праву (1982 г.), которая не допускает использования небольших необитаемых островов в качестве объекта территориальных притязаний при отсутствии на них хозяйственной деятельности. В 1997 г. Великобритания официально оповестила страны ООН об изменении границ рыболовной зоны в районе банки Роколл. В результате этого юго-западная часть банки отошла к международным водам и стала доступна для работы рыбодобывающих флотов других стран. В 1999 г. российские исследования и промысел в этом районе были возобновлены.

Активизация промысла на банке Роколл стала причиной обеспокоенности Европейского союза (ЕС) и Комиссии по рыболовству в Северо-Восточной Атлантике (НЕАФК) относительно возможной неконтролируемой добычи пикши в этом районе. Начальным этапом работы по международному управлению запасом пикши стало организованное Международным советом по исследованию моря (ИКЕС) в 2001 г. совещание экспертов стран, участвующих в промысле этого вида, которое проводилось по инициативе ЕС. Вопрос выработки согласованных мер регулирования промысла пикши банки Роколл между Российской Федерацией и ЕС, как сторон, ведущих основной промысел, неоднократно поднимался по инициативе ЕС на двусторонних переговорах России и ЕС. В 2003 г., по рекомендации НЕАФК, было принято решение о совместной подготовке Россией и ЕС мер регулирования промысла пикши банки Роколл, после чего стороны приступили к их разработке. В связи с тем, что управленческие решения должны строиться на научной базе специалистами двух сторон были выполнены исследования, направленные на изучение биологии и динамики численности запаса пикши, а также проанализированы возможные меры регулирования промысла [Хливной, 2008, 2009; Хливной, Гаврилик, 2012; Аноп, 2009; Newton et al., 2008]. Результаты были изложены в отчёте Группы экспертов (ГЭ) ЕС и России, публикациях, отчётах Рабочих групп (РГ) ИКЕС и используются при анализе эффективности предлагаемых мер регулирования промысла.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Статья подготовлена по материалам двухсторонних консультаций России и ЕС, Рабочих групп ИКЕС, созданных с целью анализа эффективности предлагаемых ЕС и Россией мер по управлению запасом пикши банки Роколл, РГ ИКЕС по оценке демерсальных запасов северного шельфа и РГ ИКЕС по экосистеме Кельтских морей.

При анализе предложенного ЕС и Россией плана управления запасом пикши банки Роколл применялся вероятностный метод с многошаговой симуляцией динамики популяции и вылова с перспективой на 20 лет. При этом использовались две методики. В первой расчёт пополнения запаса осуществлялся методом генерации случайных чисел, соответствующих его наблюдаемым значениям [Khlivnoy, 2011]. Во второй — пополнение определялось в соответствии с зависимостью [Needle, Mosqueira, 2011] (1):

$$R_y = \exp\left(\frac{1}{n} \sum \ln(R_i) + \varepsilon_y^R\right), \quad (1)$$

где R_y — прогнозируемое пополнение запаса в год y ; R_i — фактическое значение численности пополнения, отмеченное в год i ; ε — стандартное отклонение пополнения, рассчитанное для всего периода наблюдений; n — количество наблюдаемых значений пополнения.

При анализе предложений по мерам регулирования промысла пикши использовались материалы по биотическим и абиотическим факторам. При построении зависимости запаса пополнение применялся экосистемный подход, при этом использованы данные по биомассе нерестового запаса, количеству планктонных организмов, являющихся основными объектами питания пикши, температурным условиям в период появления и развития пополнения и скорости ветра. За пополнение запаса принималась пикша в возрасте одного года. Биомасса нерестового запаса была взята из отчётов РГ ИКЕС по экосистеме Кельтских морей (WGCSE). Популяционная плодовитость рассчитывалась в соответствии с методиками В.Д. Спановской, В.А. Григораш [1976] и В.П. Серябрякова [Serebryakov, 1988] с использованием абсолютной индивидуальной потенциальной плодовитости (АИПП) и чи-

сленности самок каждой возрастной группы. В качестве индикаторов количества планктона были использованы данные по численности представителей семейства Euphasiidae и особей *Calanus finmarchicus*, полученные из фонда SANFOS (DOI, 10.7487/2017.51.1.1035).

Формирование численности пополнения пикши происходит в нерестовый и посленерестовый периоды, когда она распределяется в верхних слоях водной толщи, поэтому в качестве показателя температурных условий среды обитания были использованы данные по среднемесячной температуре поверхности океана (ТПО) в районе банки Роколл. Данные по ТПО получены с сайта Метеорологического офиса центра данных наблюдений Хадле [Met office ..., 2017].

Данные по скорости ветра получены с сервера Национального управления по исследованию океана и атмосферы США [National Oceanic ..., 2017].

Зависимость запас-пополнение была рассчитана с учётом четырёх вышеперечисленных факторов и биомассы нерестового запаса с использованием предложенного автором метода «переменные коэффициенты» (2), созданного на основе модифицированного уравнения Риккера [Ricker, 1954].

$$R = d * k_1 * SSB * \exp\left(\frac{-SSB}{k_2 * d}\right), \quad (2)$$

где R — пополнение запаса; SSB — биомасса нерестового запаса; k_1, k_2 — коэффициенты; d — коэффициент, описывающий влияние объектов питания и ветра на пополнение, рассчитанный по формуле (3):

$$d = c * k_3 * \rho * \exp\left(\frac{-\rho}{k_4 * c}\right), \quad (3)$$

где ρ — численность Euphasiidae и *Calanus finmarchicus*, разделанная на скорость ветра; k_3, k_4 — коэффициенты; c — коэффициент, описывающий влияние температуры окружающей среды на пополнение, рассчитанный по формуле (4):

$$c = k_5 * T * \exp\left(\frac{-T}{k_6}\right), \quad (4)$$

где T — температура поверхности океана; k_5, k_6 — коэффициенты.

Расчёт параметров состояния и эксплуатации запаса в соответствии с концепцией MSY был выполнен на основе принятой в ИКЕС методики с помощью компьютерной программы eqsim. При этом в расчётах использовались данные по общему вылову, включая выбросы выловленной рыбы.

Огивы селективности донных тралов с различной ячейей мешка были смоделированы на основе экспериментов, выполненных шотландскими учёными на промысле пикши в Северном море [Kunzlik, 2003]. Влияние промысла тралами с различной ячейей мешка на популяционную плодовитость были рассчитаны с учётом АИПП, количества выловленных особей различной длины тралом с определённым размером ячеей мешка и соотношения полов в различных классах.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Начальным этапом работы по международному управлению запасом пикши стало организованное ИКЕС в 2001 г. совещание экспертов стран, участвующих в промысле этого вида, которое проводилось по инициативе ЕС. С учётом рекомендаций этой группы на внеочередной сессии НЕАФК (март 2001 г.) в международных водах на мелководье банки Роколл был введён запрет тралового промысла. Основная цель запрета — охрана молоди пикши. Эта мера регулирования промысла действует по настоящее время. В 2002 г. ЕС установил аналогичный запрет на участке в 200-мильной зоне стран ЕС (Великобритании и Ирландии), однако, при этом основная часть акватории распределения молоди, расположенная в зоне этих стран, осталась доступной для промысла. Кроме того, в 2007–2008 гг. с целью защиты холодноводных кораллов НЕАФК установил несколько запретных участков на склонах банки Роколл.

На внеочередной сессии НЕАФК в мае 2003 г., учитывая заключение ИКЕС о депрессивном состоянии запаса пикши банки Роколл, было принято решение о совместной подготовке специалистами России и ЕС плана восстановления запаса, как сторон ведущих основной промысел, мер регулирования

промысла. После подготовки согласованный сторонами план был направлен в ИКЕС для экспертизы, однако в связи с недостатком исходной информации группа экспертов ИКЕС не смогла дать определённого заключения о возможности его реализации [ICES, 2004].

В последующий период разработка предложений по эксплуатации запаса пикши и согласование позиций по этому вопросу осуществлялись в рамках двухсторонних консультаций ЕС и России. В мае 2005 г. в Москве состоялись консультации России и ЕС по вопросам взаимоотношений в области рыболовства в Балтийском море, на котором дополнительно рассматривался и вопрос о регулировании промысла пикши банки Роколл. На этом заседании делегация Европейского союза предложила согласовать дополнительные меры регулирования её промысла. Было решено организовать совещание экспертов ЕС и России по пикше банки Роколл.

В апреле 2008 г. по итогам совещания экспертов и менеджеров России и Евросоюза было принято решение о подготовке отчёта, в котором научные эксперты двух стран изложат обоснование своих позиций относительно мер регулирования промысла пикши на банке Роколл. В ноябре 2008 г. на ежегодной сессии НЕАФК было принято решение о проведении в 2009 г. совещания экспертов и менеджеров с целью рассмотрения предложений по мерам регулирования промысла пикши банки Роколл, на котором должен быть рассмотрен отчёт группы научных экспертов. В отчёте были освещены следующие вопросы [Анон, 2009]:

1. Обзор имеющейся информации.
2. Рассмотрение вопроса о закрытых районах, введённых с целью защиты молоди пикши и холодноводных кораллов, и подготовка рекомендаций по изменению их границ с учётом имеющейся научной информации и рекомендаций ИКЕС.
3. Рассмотрение возможного эффекта от использования различной ячеи на специализированном промысле пикши Роколл с учётом травматизма и гибели рыбы, прошедшей через трал.
4. Рассмотрение последствий использования минимального промыслового размера для пикши района Роколл и подготовка предло-

жений по возможной величине минимального промыслового размера.

5. Анализ возможности применения ОДУ и регулирования с помощью промысловых усилий в условиях незаявленных выбросов и определение уровня промысловой смертности, позволяющего запасу оставаться стабильным в долгосрочной перспективе.

6. Рассмотрение возможных мер, направленных на сокращение выбросов и промысловой смертности молоди.

7. Определение районов, где недостаток научной информации не позволяет рекомендовать соответствующие меры управления.

8. Обсуждение научно-исследовательских программ, которые могут быть реализованы для исправления ситуации.

9. Приоритеты развития сотрудничества между Европейским сообществом и Российской Федерацией в отношении мер контроля и ведения промысла пикши.

В ходе дискуссий проявились противоречия в предлагаемых сторонами мерах регулирования промысла, которые были отражены в отчёте. Так, западноевропейскими специалистами было предложено ввести запретный участок на всей акватории российского промысла. При обсуждении мер по эксплуатации запаса представители ЕС исходили из необходимости расширения уже действующих в ЕС мер регулирования промысла: минимальная промысловая длина, равная 30 см, и промысел тралами с ячеей мешка 100 мм. По мнению российских экспертов, автоматическое перенесение на банку Роколл мер регулирования промысла, разработанных для других районов, где обитает более крупная пикша, без оценки их эффективности не правомерно. Анализ показал, что действующие в ЕС меры регулирования промысла не эффективны, т. к. они стимулируют выбросы выловленной пикши. По данным исследований незаявленные выбросы на западноевропейских траулерах достигают 70–80% от улова по численности [ICES, 2008; Хливной, 2006; Анон, 2009].

Российская сторона предложила разработать биогически обоснованные меры регулирования промысла с учётом особенностей биологии пикши, обитающей на банке Роколл. В частности, следует принимать во внимание,

что на банке Роколл обитает более мелкая, по сравнению с другими районами Северной Атлантики, пикша [Blacker, 1963; Blacker, 1982; Хливной, 2005; Винниченко, Хливной, 2007; Апоп, 2009; Хливной, 2010]. Основу популяции, наряду с сеголетками, составляют особи длиной 20–35 см, доля более крупной рыбы, как правило, мала (рис. 1). Массовое половое созревание происходит при длине 23,1 см, при длине 25 см практически все особи являются половозрелыми [Filina et al., 2009]. По мере роста и развития пикши значительно увеличиваются абсолютная индивидуальная потенциальная плодовитость и доля самок среди особей с одинаковой длиной (рис. 2). Следовательно, репродуктивный потенциал крупных особей значительно выше, и они в большей мере, чем мелкие особи, влияют на популяционную плодовитость.

По мнению российских экспертов, минимальная ячея мешка должна устанавливаться с учётом селективных характеристик тралов различных конструкций, особенностей размерного состава популяции и длины массового созревания рыбы. Результаты экспериментов свидетельствуют об отличии селективных характеристик, российских и западноевропейских тралов [Апоп, 2009]. Это объясняется различиями в конструкции и снаряжении тра-

лов, а также в размерах и типах судов, применяемых на промысле России и ЕС. В отчёте группы экспертов представители ЕС также сделали заключение, что существуют различия между российскими и западноевропейскими данными по селективности тралов и гибели прошедшей через них рыбы. Высказано мнение, что в силу этих причин определение оптимального размера ячеи затруднено [Апоп, 2009].

По мнению делегации ЕС, при существующей в настоящее время минимальной промысловой длине 30 см, для уменьшения выбросов на судах ЕС необходимо увеличить ячею мешка со 100 до 120 мм. Однако, как показали результаты исследований, выполненных в ходе рейсов по оценке выбросов, и данные расчётов, увеличение ячеи мешка до 120 мм не приводит к значительному сокращению выбросов, которые в этом случае достигают 40% от численности выловленной рыбы, вместе с тем, отмечается снижение производительности промысла. Также было показано, что увеличение ячеи приведёт к существенному росту гибели пикши после прохождения через трал и снижению производительности промысла.

Российскими экспертами было научно обосновано заключение о том, что для снижения выбросов целесообразно установить мини-

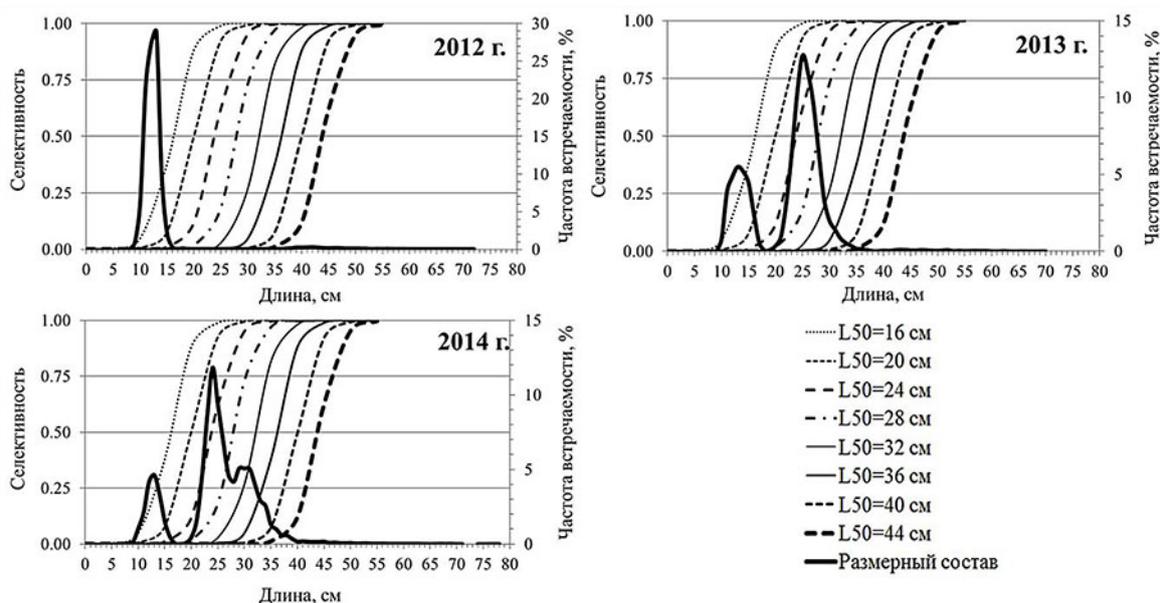


Рис. 1. Размерный состав пикши на банке Роколл в 2012–2014 гг. по отношению к кривым селективности трала с различной величиной длины 50%-ного удержания особей в трале (L50)

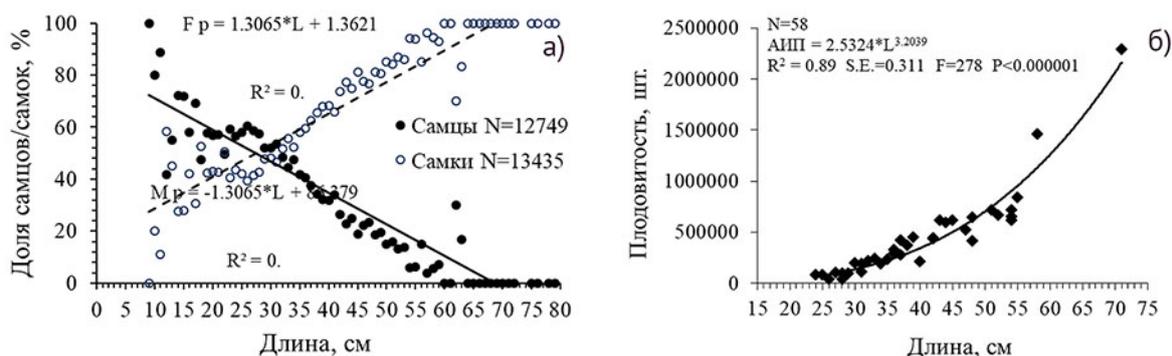


Рис. 2. Изменение соотношения полов (а) и индивидуальной потенциальной плодовитости (б) [Filina et al., 2009] пикши банки Роколл в зависимости от длины особей

мальную промысловую длину, равную 25 см, при которой практически вся пикша является половозрелой, и рекомендовать ячею мешка трала, при использовании которой основу уловов будет составлять половозрелая рыба [Анон, 2009].

Выполненные впоследствии расчёты показали, что при необоснованном увеличении ячеи мешка, помимо увеличения гибели рыбы, прошедшей через трал, могут возникнуть и другие негативные последствия. Для пикши банки Роколл характерны значительные колебания численности поколений, что вызывает межгодовые различия в размерном составе пикши [ICES, 2008; ICES, 2009; ICES, 2017]. Это обуславливает различия в эффективности применения тралов с одинаковой ячеей мешка и влиянии их на состояние запаса (см. рис. 1). В годы, когда доля крупной рыбы мала, растёт негативный эффект от увеличения ячеи мешка в результате изъятия крупных особей с максимальным репродуктивным потенциалом, что снижает популяционную плодовитость, и следовательно, численность пополнения. Моделирование показало, что увеличение ячеи мешка трала может привести к уменьшению популяционной плодовитости более чем в два раза. Например, при эксплуатации запаса на уровне $F=0,3$ и промысле тралом с ячеей мешка, соответствующей длине 50%-ного удержания (L_{50}), равной 24 см, останется 66% от потенциального количества выметанной икры, а при увеличении ячеи мешка до размера, соответствующего $L_{50}=36$ см, количество оставшейся икры сократится до 33% (расчёты произведены на примере размерного состава пикши,

отмеченного в 2006 г.). При $F=0,4$ эти показатели составляют 57 и 25%, соответственно. Моделирование промыслового изъятия на основе размерного состава пикши, отмеченного в 2014 г., показало, что если при $F=0,3$ и $L_{50}=24$ см популяционная плодовитость уменьшится до 67%, то при увеличении L_{50} до 36 см она уменьшается до 44% (рис. 3).

При обсуждении минимальной промысловой длины российская сторона поддержала заключение совещания группы экспертов по пикше банки Роколл, состоявшегося в 2004 г. [ICES, 2004], о том, что минимальная промысловая длина должна устанавливаться с учётом особенностей размерного состава популяции, длины массового полового созревания и селективных характеристик тралов.

Массовое половое созревание пикши на банке Роколл начинается при длине 21–22 см, при этом 50% особей пикши банки Роколл созревают при длине 23,1 см и практически все особи длиной 25 см и более являются половозрелыми [Filina et al., 2009]. По данным шотландских съёмов доля рыбы длиной более 30 см в популяции, как правило, не превышает 9%, однако, в различные годы этот показатель варьирует. В 2001 г. доля особей более 30 см составляла 2%, в 2004 г. — 4% [Анон, 2009; Винниченко, Хливной, 2010; Хливной, 2006, 2010]. Расчёты показали, что при применении на банке Роколл тралов ЕС с ячеей 100–120 мм доля пикши длиной менее 30 см составляет 40–69%, а длиной менее 25 см — 11–19%. В связи с действующими в ЕС ограничениями по минимальной промысловой длине пикша менее 30 см выбрасывает-

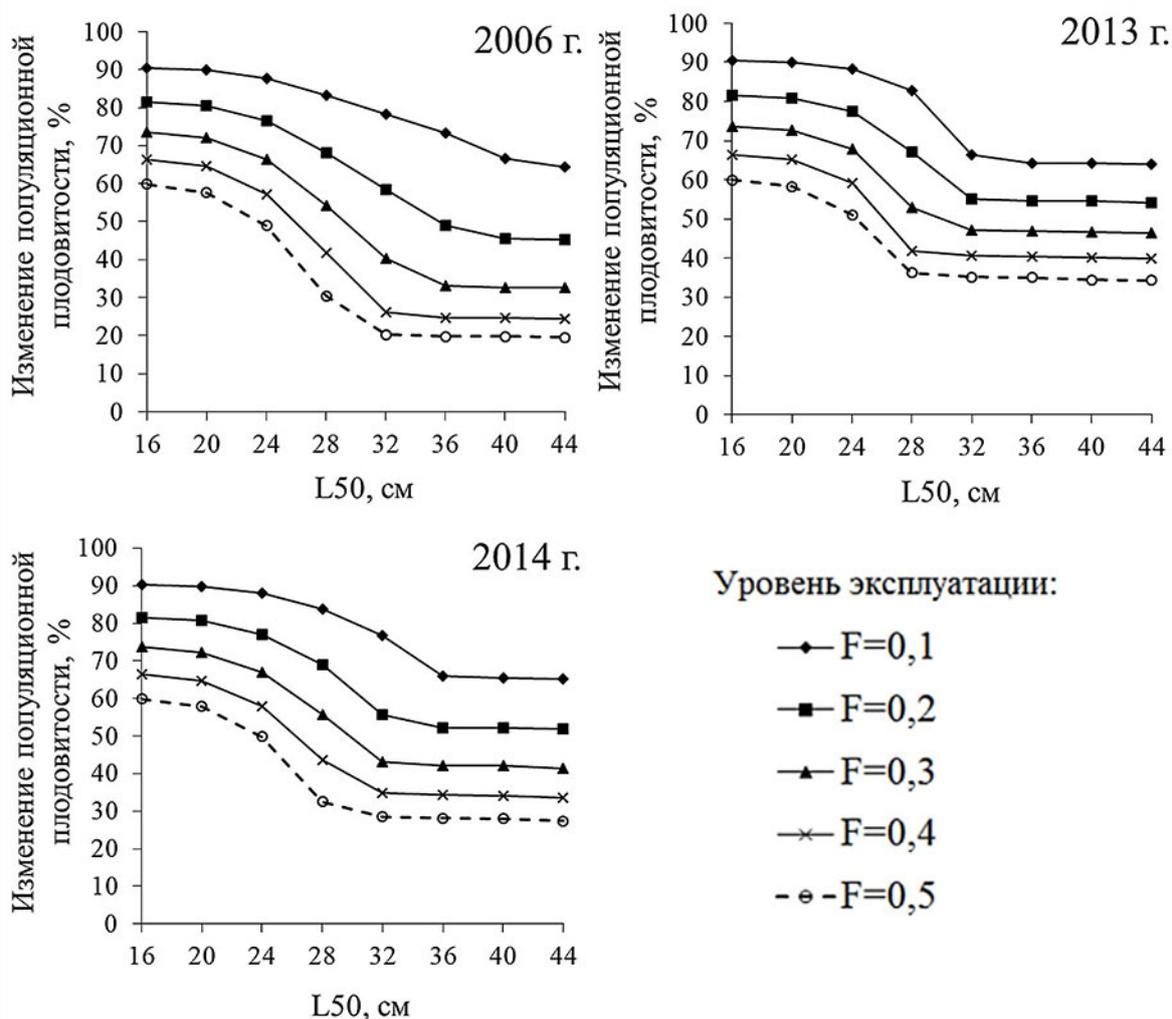


Рис. 3. Изменение популяционной плодовитости в зависимости от селективности трала, уровня эксплуатации и размерного состава пикши на банке Роколл (одинаковая величина общего запаса во все годы, промысел без выбросов)

ся. Следовательно, уменьшение минимальной промысловой длины до 25 см должно привести к сокращению выбросов примерно в 3 раза. При этом для получения вылова одной и той же величины потребуется в 2–3 раза меньше промысловых усилий, что снизит количество погибшей и травмированной рыбы, прошедшей через ячейку трала. На основе представленного российской стороной обоснования предлагается для пикши банки Роколл установить минимальную промысловую длину — 25 см.

Специалистами ЕС было признано, что российская сторона представила убедительное биологическое обоснование уменьшения минимальной промысловой длины с 30 см до 25 см. Однако, ссылаясь на то, что из-за низ-

кой цены мелкой рыбы западноевропейские рыбаки будут её выбрасывать, а также снижение минимальной промысловой длины может стимулировать вылов мелкой рыбы, эксперты ЕС делают вывод о невозможности получения заключения о последствиях изменения минимальной промысловой длины [Анон, 2009].

На двухсторонних консультациях России и ЕС неоднократно обсуждалась эффективность запретного участка, установленного для защиты молоди пикши. Стороны предлагали свои варианты изменения границ запретного участка [Винниченко и др., 2003; Хливной, 2005; Анон, 2009; ICES, 2004]. В 2013 г. НЕАФК направила в ИКЕС подготовленный ЕС запрос с просьбой оценить эффективность

закрытого района и возможность установки дополнительных мер по её охране. По результатам совещания экспертов ИКЕС сделал заключение о сложности оценки эффективности действующего запретного участка, установленного для защиты молоди пикши. Отмечено, что закрытый участок не распространяется на весь район, где распределяется молодь, и нет никаких признаков изменения в структуре селективности промысла после закрытия. Рекомендовано рассмотреть дополнительные меры, направленные на улучшение промысла. В рекомендациях ИКЕС отмечено, что основные скопления молоди распределены на мелководье банки, преимущественно в 200-мильной экономической зоне стран ЕС. Однако, учитывая широкое и изменчивое распределение молоди, предложить альтернативные границы запретного участка, которые не охватывают все мелководье, невозможно [ICES, 2013 б].

В 2010 г. на совещании ГЭ представителями ЕС были предложены правила контроля вылова, как элемента долгосрочного плана управления запасом пикши банки Роколл. После внесения российской стороной корректив был разработан совместный проект плана управления. В этой связи в рамках НЕАФК был подготовлен и направлен в ИКЕС запрос с просьбой оценить предложения по правилам контроля вылова, в частности, рассмотреть вопрос о соответствии предлагаемого плана принципам осторожного подхода и его способности обеспечить устойчивое состояние запаса.

Для анализа долгосрочного влияния мер регулирования промысла на запас и прогнозирования его состояния необходимо оценить численность пополнения запаса и определить закономерности его формирования. Анализ показал отсутствие достоверной связи между пополнением запаса пикши банки Роколл и её нерестовым запасом. Многочисленные поколения пикши банки Роколл формируются как при высоком, так и при низком уровне нерестового запаса (рис. 4).

По результатам анализа с применением статистических методов установлен низкий уровень зависимости ($R^2=0,04$) между численностью пополнения запаса, рассчитанной методом Риккера на основе данных по величине биомассы нерестового запаса, и её фактическими значениями (рис. 4). Аналогичные результаты были получены и при использовании зависимости запас-пополнение, определённой методом Бивериона-Холта [Beverton, Holt, 1957], Шепарда [Shepherd, 1982] и линейной регрессии. Это позволяет предположить, что существуют иные факторы, которые оказывают существенно большее влияние на формирование численности поколений [Хливной, Сентябов, 2009].

При тестировании различных факторов определено, что существует статистически значимая зависимость между обеспеченностью питанием пикши на ранних стадиях развития и численностью поколения. Коэффициент детерминации между численностью представи-

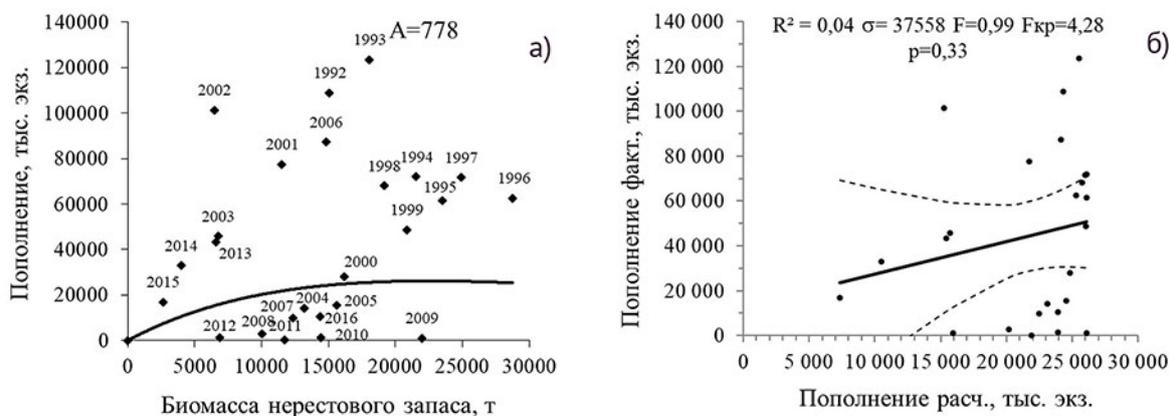


Рис. 4. Зависимость численности пополнения запаса пикши банки Роколл от величины биомассы нерестового запаса, аппроксимированная с использованием метода Риккера (а), и сравнительный анализ пополнения, полученного методом ВПА (пополнение факт.) и Риккера (пополнение расч.) (б) в 1991–2016 гг.

телей семейства Euphasiidae и пополнением запаса составил 0,75. Т.е. при использовании в качестве независимой переменной этого фактора полученное уравнение описывает 75% вариации пополнения запаса пикши и 25% приходится на другие элементы экосистемы, которых может быть достаточно много.

Для описания зависимости пополнения запаса от нескольких факторов был разработан метод «переменные коэффициенты», который использует экосистемный подход и позволяет учитывать влияние как биотических, так и абиотических факторов. Включение в расчёты пяти параметров (биомасса нерестового запаса, численность представителей семейства Euphasiidae и особей *Calanus finmarchicus*, скорость ветра и температура воды) привело к увеличению уровня значимости. Коэффициент детерминации между численностью пополнения запаса, рассчитанной методом «переменные коэффициенты», и её фактическими значениями составил 0,90 ($R^2=0,90$). Анализ с использованием критерия Фишера показал значимость полученной регрессии, поскольку вычисленное значение F значительно превышает критическое значение $F_{кр}$ для заданного уровня значимости $\alpha=0,05$ (рис. 5). Близкие значения коэффициента детерминации были получены при применении данного метода для пикши Северного моря, для которой ряд наблюдений превышает сорок лет.

Полученная зависимость показывает высокий уровень соответствия фактических и рас-

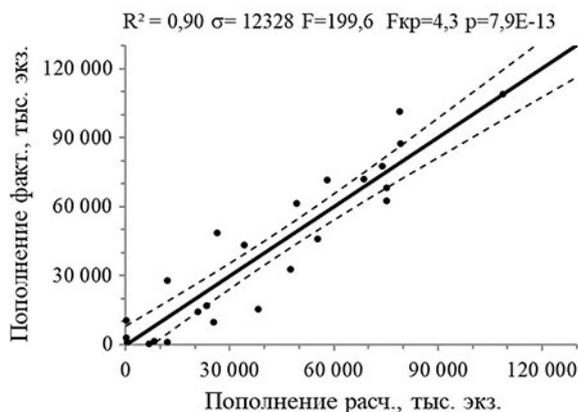


Рис. 5. Сравнение численности фактического пополнения запаса пикши банки Роколл в 1991–2015 гг. с рассчитанной методом «переменные коэффициенты»

чётных значений пополнения запаса пикши на банке Роколл (рис. 6 а). Отмечено наличие периодов с высоким уровнем пополнения запаса и с низким. В 2003–2012 гг. наблюдалось резкое снижение численности поколений, за исключением 2005 г., которые дали крайне низкое пополнение запаса. Метод «переменные коэффициенты» объясняет причины резкого увеличения и снижения численности поколений. На рис. 6 б видно, что различия в условиях среды обитания, отмеченные в 1991–2015 гг., приводят к большим вариациям численности пополнения при одинаковой биомассе нерестового запаса. При этом, в соответствии с расчётами, увеличение биомассы нерестового запаса выше определённого уров-

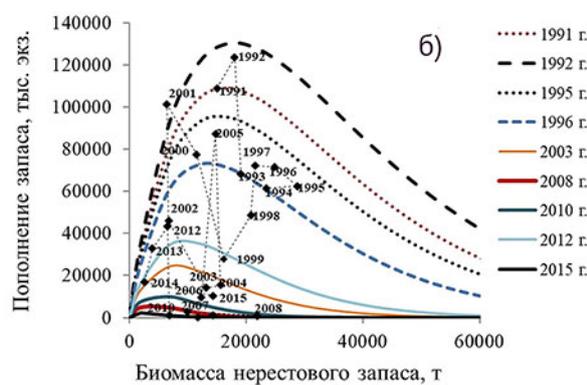
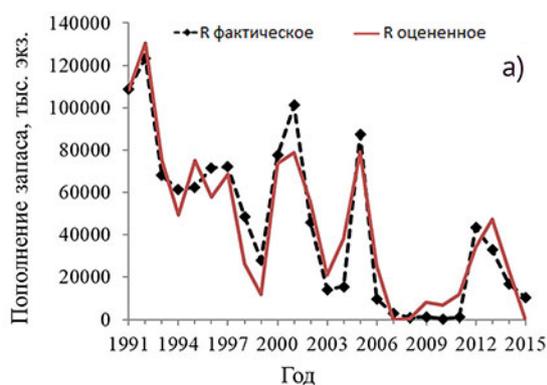


Рис. 6. Численность пополнения запаса пикши банки Роколл, полученная методом «переменные коэффициенты» (R оценённое), и численность пополнения, оценённая методом ВРА (R фактическое) (а), и оцененная зависимость пополнения запаса от биомассы нерестового запаса при условиях среды, наблюдавшихся в 1991–2015 гг. (б)

ня ведёт к снижению численности поколений. И чем «хуже» были условия среды, тем ниже был порог биомассы, при котором отмечалось снижение (см. рис. 6 б). Если в 2008–2010 гг. негативные тенденции отмечались при увеличении биомассы нерестового запаса выше 5–10 тыс. т, то в 1991–1992 гг. численность пополнения увеличивалась при росте биомассы до 20–25 тыс. т. В этот период условия среды позволяли получить достаточно высокий уровень пополнения при биомассе нерестового запаса более 60 тыс. т.

Анализ полученной зависимости показал, что существует оптимальное значение температуры воды в районе банки Роколл, превышение которого приводит к снижению урожайности поколений пикши (рис. 7). При этом температура оказывает существенное влияние

на зависимость численности пополнения от кормовой базы. Если при ТПО около 10 °С увеличение численности эвфаузиид приводит к резкому росту пополнения, то при повышении температуры происходит снижение пополнения и различия между поколениями, появившимися при разной численности эвфаузиид, нивелируются.

Вместе с тем, даже при самых благоприятных температурных условиях, кормовая база является лимитирующим фактором и не позволяет сформироваться высокоурожайным поколениям при низкой численности кормового планктона. Так, при численности представителей семейства Euphausiidae менее 5 экз./м³ численность пополнения запаса не может превысить 100 млн экз. при любом уровне нерестовой биомассы и ТПО, в то же время при

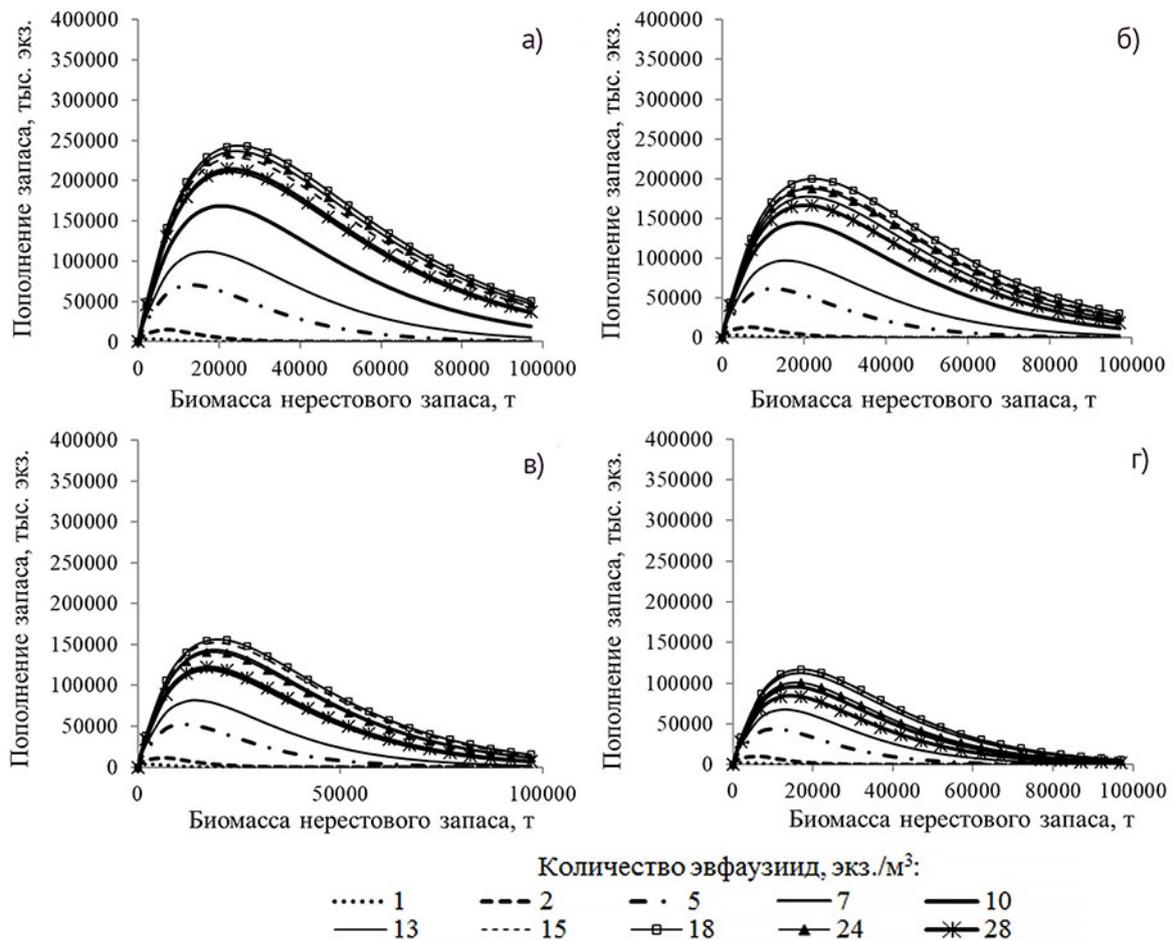


Рис. 7. Изменение пополнения запаса пикши банки Роколл, оценённое методом «переменные коэффициенты», в зависимости от численности особей, относящихся к сем. Euphausiidae, при температуре поверхностного слоя воды 10 °С (а), 11 °С (б), 12 °С (в), 13 °С (г)

повышение количества эвфаузиид до 15 экз/м³ она может достигать 350 млн экз. Однако рост пополнения происходит при увеличении численности эвфаузиид до определённого уровня (см. рис. 7).

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что внешние факторы оказывают основное влияние на урожайность поколений пикши на банке Роколл. Отмечающееся в 2003–2012 гг. падение численности пополнения, которое привело к уменьшению запаса, вызвано снижением численности кормового планктона на фоне повышения ТПО. Вместе с тем, биомасса нерестового запаса также оказывает существенное влияние на пополнение. Первоначально при её росте, при сходных условиях среды и кормовой базы происходит увеличение численности поколений, затем, при достижении определённого уровня биомассы, урожайность поколений снижается (см. рис. 6, 7). Анализ зависимости запас-пополнение, полученной методом «переменные коэффициенты», показал, что оптимальный уровень биомассы нерестового запаса, продуцирующий максимальную численность поколений, в условиях благоприятных для формирования урожайных поколе-

ний период был значительно выше, чем при неблагоприятных условиях, приводящих к появлению малочисленных поколений. Все это даёт основание предположить, что уровень биомассы, соответствующей величине максимального стабильного улова, и уровень промысловой смертности, соответствующий концепции MSY, будут различаться в периоды малочисленных и многочисленных поколений.

В 2013 г. НЕАФК направил в ИКЕС запрос относительно оценки эффективности предложенных ЕС и Россией правил контроля вылова, как элемента долгосрочного плана управления запасом пикши банки Роколл. Расчёты экспертов ЕС, России и ИКЕС, выполненные в ходе РГ ИКЕС по оценке эффективности плана, показали, что эксплуатация запаса на уровне, соответствующем промысловой смертности $F=0,3$ при пополнении запаса, соответствующем уровню, отмеченному в целом за весь период наблюдений, биомасса нерестового запаса будет находиться выше граничного ориентира B_{lim} и предосторожного ориентира B_{pa} (см. рис. 8).

При снижении численности поколений, которое произошло после 2003 г., данный уровень

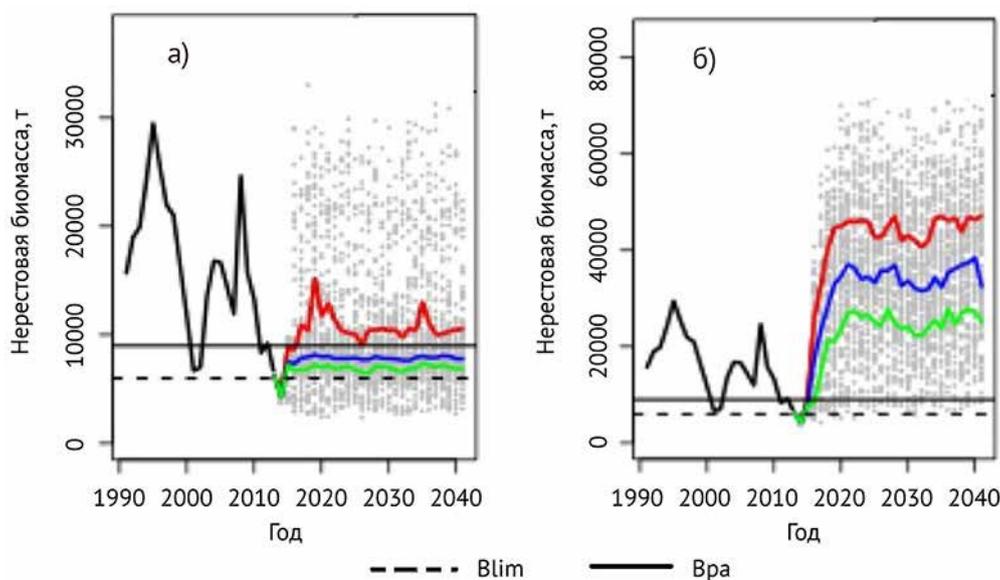


Рис. 8. Динамики биомассы нерестового запаса пикши при эксплуатации запаса на уровне соответствующем $F=0,3$ в зависимости от величины пополнения пикши банки Роколл. Красная линия соответствует 75 процентилям, зеленая — 25 процентилям [ICES, 2013]:

а — малочисленное пополнение запаса, на уровне 2004–2012 гг.; б — пополнение запаса, соответствующее всему периоду наблюдений 1991–2012 гг.

эксплуатации не соответствует критериям предосторожного подхода, применяемым в ИКЕС. В период с малочисленным пополнением биомасса нерестового запаса в большинстве случаев будет находиться ниже B_{pa} и в 13,1% случаев ниже B_{lim} . Эксплуатация в этом случае будет соответствовать критериям ИКЕС при снижении промысловой смертности ниже уровня соответствующего $F=0,2$. С учётом этих данных ИКЕС рекомендовал уменьшить промысловую смертность до $F=0,2$ пока не улучшится ситуация с пополнением запаса. При восстановлении урожайности поколений промысловая смертность должна быть увеличена до уровня, соответствующего $F=0,3$ [ICES, 2013 a].

Впоследствии, в ходе семинара ИКЕС по оценке ориентиров эксплуатации запасов, соответствующих концепции MSY, рекомендации по дифференциации уровня эксплуатации в зависимости от пополнения запаса были подтверждены, и для периода с малочисленным пополнением уровень промысловой смертности, соответствующий концепции MSY (биологический ориентир F_{MSY}), был установлен равным 0,2 [ICES, 2016 b]. Этот ориентир в настоящее время применяется при подготовке рекомендаций ИКЕС по эксплуатации запаса пикши банки Роколл. При изменении ситуации с пополнением уровень эксплуатации запаса должен быть повышен и установлен F_{MSY} , соответствующий новой ситуации.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Банка Роколл является традиционным районом промысла, в котором уже более ста лет ведётся добыча донных рыб [Винниченко, Хливной, 2006, 2007; Чуксин, Гербер, 1976; Anon, 2009; Blacker, 1963, 1982; Newton et al., 2008]. Одним из основных объектов промысла здесь является пикша. Наиболее активно промысел данного вида ведут Великобритания, Ирландия, Россия и Норвегия, которые заинтересованы в продолжении эффективной добычи, что определяет необходимость разработки мер, направленных на долгосрочную рациональную эксплуатацию запаса. Для достижения этих целей необходимы научное обоснование и анализ эффективности мер регулирования промысла с учётом особенностей биологии и промысла пикши в этом районе.

Пикша банки Роколл по размерному составу, темпам роста и полового созревания существенно отличается от популяций, обитающих в других районах Атлантики. На банке Роколл обитает более мелкая, по сравнению с другими районами, пикша. Основу популяции, наряду с сеголетками, составляют особи длиной 20–35 см, доля более крупной рыбы, как правило, мала. Половое созревание происходит раньше и при меньшей длине особей, чем в других районах, при длине 23,1 см половина особей являются половозрелыми, а при длине 25 см практически вся пикша созревает [Filina et al., 2009].

Действующие в ЕС меры регулирования промысла были определены для Северного моря и других районов, где распределяется более крупная пикша. Эти меры автоматически были распространены на банку Роколл, где обитает значительно более мелкая рыба. В настоящее время рыболовными правилами ЕС при промысле донными травами на всей акватории банки Роколл установлены минимальный размер ячеи в мешке 100 мм и минимальная промысловая длина пикши 30 см. Действующие меры стимулируют западноевропейских рыбаков к выбросам значительной части уловов пикши [Хливной, 2006; Anon, 2009]. Основной из причин выбросов является применение в ЕС минимальной промысловой длины 30 см. Значительные незаъявленные выбросы мелкой рыбы приводят к подрыву запаса пикши, гибели молоди и возникновению трудностей при оценке запаса и определении ОДУ.

В ходе консультаций между Россией и ЕС проявились противоречия в предлагаемых сторонами мерах регулирования промысла. Представители ЕС исходили из необходимости расширения уже действующих в ЕС мер регулирования промысла, которые во многом продиктованы требованиями рынка сбыта рыбной продукции. По мнению российской стороны, меры регулирования промысла должны быть разработаны для пикши банки Роколл с учётом особенностей её биологии.

Анализ показал, что необоснованное увеличение ячеи мешка трала, несмотря на снижение численности выловленной рыбы, приведёт к увеличению гибели пикши после прохождения через трал и снижению производительности промысла [Anon, 2009]. Также это вызовет существен-

ное уменьшение популяционной плодовитости, а следовательно, и численности поколений пикши, в результате перенесения «пресса» промысла на крупные особи, репродуктивный потенциал которых значительно выше у мелкой рыбы. Увеличение репродукционного потенциала по мере роста пикши объясняется увеличением индивидуальной потенциальной плодовитости и доли самок среди крупных особей. Негативное влияние на пополнение запаса может стать критическим в годы, когда доля крупной пикши в запасе крайне мала, что уже неоднократно отмечалось на банке Роколл, например, в 2005 и 2012 гг. (рис. 1, 3).

Результаты рейсов по оценке выбросов, выполненные западноевропейскими учёными, показали, что увеличение ячеи мешка до 120 мм не приводит к существенному сокращению выбрасываемой рыбы [Хливной, 2006; Анон, 2009]. В уловах в большом количестве (до 40%) отмечалась пикша, длиной менее установленной в ЕС минимальной промысловой длины (30 см). Данные по темпам полового созревания являются биологическим обоснованием для установления минимальной промысловой длины, равной 25 см, которая должна привести к сокращению выбросов.

Несмотря на разные взгляды на регулирование промысла, мнения сторон по ряду вопросов сходятся. Так, например, был разработан и направлен на рассмотрение в НЕАФК и ИКЕС согласованный план управления запасом пикши банки Роколл. При анализе эффективности предложенного плана было определено, что для пикши характерны периоды с многочисленным и малочисленным пополнением (рис. 6). Чередование этих периодов влияет на величину биомассы запаса и на объёмы вылова.

Разработанный для определения зависимости запас-пополнение метод «переменные коэффициенты» позволил определить основные факторы, влияющие на формирование пополнение запаса, и установить статистически значимую зависимость между пополнением и этими факторами при отсутствии значимой зависимости между запасом и пополнением (рис. 4, 5). Метод «переменные коэффициенты» объясняет причины резкого увеличения и снижения численности поколений, отмечающихся у пикши банки Роколл. При равной величине биомассы

нерестового запаса в периоды с благоприятными условиями среды и кормовой базы пополнение значительно выше, чем в годы с неблагоприятными условиями, что обуславливает рост запаса и позволяет эксплуатировать запасы на более высоком уровне (рис. 7). Изменение уровня эксплуатации в зависимости от численности поколений позволяет учитывать влияние факторов среды на запас, которые в большей степени влияют на пополнение, чем нерестовый запас.

По результатам анализа выявлены следующие закономерности, которые следует учитывать при подготовке рекомендаций по эксплуатации запаса:

- основное влияние на формирование запаса оказывают факторы среды и кормовая база, изменение которых носят периодичный характер;

- оптимальный уровень биомассы нерестового запаса, продуцирующей максимальную численность поколений, изменяется по периодам времени в зависимости от условий среды. В условиях, благоприятных для формирования урожайных поколений, он выше, чем в условиях неблагоприятных условиях, приводящих к появлению малочисленных поколений;

- увеличение биомассы запаса выше оптимального уровня ведёт к снижению урожайности поколений.

Анализ расчётов, выполненных с использованием применяемой в ИКЕС компьютерной программы eqsim, показал, что уровень промысловой смертности, соответствующий концепции MSY (F_{MSY}), зависит от урожайности поколений и изменяется по периодам времени. В периоды с многочисленным пополнением запаса F_{MSY} выше, а в периоды с малочисленным ниже, чем в периоды со средним пополнением. Так, в период урожайных поколений (1991–2002 гг.) для пикши банки Роколл F_{MSY} составил 0,497, в период малочисленных поколений (2003–2013 гг.) — $F_{MSY}=0,108$, при этом в среднем за весь период наблюдений — $F_{MSY}=0,312$ (рис. 9), т. е. было установлено, что оптимальный уровень эксплуатации зависит от урожайности поколений и изменяется по периодам времени. Эксплуатация запаса при средних параметрах, вероятно, является неэффективной и ведёт к снижению пополнения биомассы запаса и среднего улова как в периоды

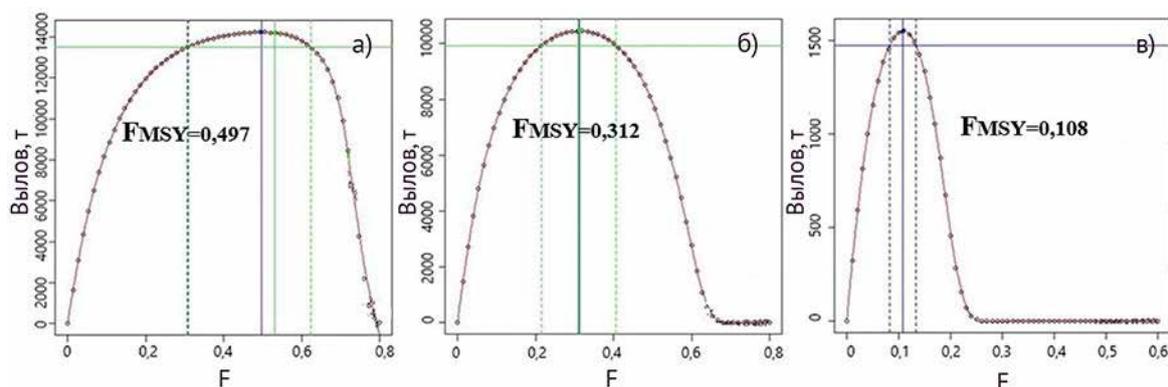


Рис. 9. Изменение максимального стабильного улова (MSY) и уровня промысловой смертности, соответствующей уровню MSY, в зависимости от урожайности поколений пикши банки Роколл: а — период урожайных поколений (1991–2002 гг.); б — весь анализируемый период (1991–2013 гг.); в-период малочисленных поколений (2003–2013 гг.)

с низкой численностью пополнения вследствие чрезмерного уровня эксплуатации, так и с высокой — из-за недоэксплуатации запаса.

Выявленные зависимости использованы для разработки стратегии эксплуатации запаса пикши банки Роколл. Было определено, что уровень эксплуатации запаса должен изменяться в зависимости от численности поколений, периодичность изменения которой обусловлена внешними факторами. Этот подход был принят ИКЕС и использован при анализе предложенного Россией и Европейским союзом плана управления запасом пикши банки Роколл и при подготовке рекомендаций по эксплуатации [ICES, 2013 а]. Так, с учётом периодов с различной численностью поколений, для пикши банки Роколл в ИКЕС были определены биологические ориентиры, соответствующие концепции MSY [ICES, 2016 а, б]. Уровень промысловой смертности, соответствующий концепции MSY (биологический ориентир FMSY), для отмечающегося в последние годы периода с низким пополнением, был установлен равным 0,2, при увеличении численности пополнения этот показатель будет установлен на уровне 0,3 [ICES, 2016 б].

В связи с наметившейся тенденцией на увеличение численности пополнения в 2017 г. НЕАФК, по инициативе ЕС, направил в ИКЕС запрос по анализу соответствия ранее предложенного ЕС и Россией плана управления запасом предосторожному подходу с учётом новых данных о состоянии запаса. Продолжение сотрудничества России и ЕС по вопросам ре-

гулирования промысла и разработки научного обоснования эксплуатации запаса будет способствовать разработке эффективных мер регулирования промысла с учётом особенностей промысла флотами обеих сторон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе консультаций Европейского союза и Российской Федерации по вопросам регулирования промысла пикши на банке Роколл сторонами были подготовлены и проанализированы предложения по мерам регулирования промысла. При этом российской стороной было выполнено научное обоснование всех предлагаемых ею мер. В период консультаций был совместно подготовлен и направлен на рассмотрение в ИКЕС план управления запасом пикши банки Роколл. Также была научно обоснована стратегия дифференциации уровня эксплуатации запаса в зависимости от величины пополнения запаса, которая учитывает влияние изменения факторов среды обитания пикши. На основе данной стратегии ИКЕС определил соответствующие концепции MSY биологические ориентиры отдельно для лет с низким и высоким пополнением. В настоящее время данные ориентиры используются ИКЕС при подготовке рекомендаций по эксплуатации запасов пикши банки Роколл.

Сохраняются противоречия в подходах России и ЕС к мерам регулирования промысла пикши банки Роколл. Принятие мер, предлагаемых западноевропейскими специалистами, приведёт

к невозможности ведения российского промысла. Для устранения противоречий и выработки совместных мер регулирования промысла необходимо продолжение сотрудничества и консультаций сторон по этим вопросам.

ЛИТЕРАТУРА

- Винниченко В.И., Хливной В.Н., Тимошенко Н.М.. 2003. Об изменении границ запретного промыслового района на банке Роколл // Рыбное хозяйство. № 4. С. 27–29.
- Винниченко В.И., Хливной В.Н. 2006. Исследования донных рыб на банке Роколл // Рыбное хозяйство. № 1. С. 42–44
- Винниченко В.И., Хливной В.Н. 2007. Биология и промысел пикши банки Роколл // Вопросы рыболовства. Т. 8. № 1(29). С. 21–39.
- Винниченко В.И., Хливной В.Н. 2010. Пикша банки Роколл // Развитие отечественного рыболовства на Северном бассейне после введения 200-мильных зон. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 338–346.
- Спановская В.Д., Григориаш В.А. 1976. К методике определения плодovitости одновременно и порционно икрмечущих рыб // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. Ч. II. Вильнюс: Изд-во Моклас. С. 54–62.
- Чуксин Ю.В., Гербер Е.М. 1976. Советское рыболовство на банках Роколл и Поркьюпайн. Калининград: Изд-во Запробпрозраведка. 8 с.
- Шестов В.П. 1977. Пикша банки Роколл // Промысловые биологические ресурсы Северной Атлантики и прилегающих морей Северного Ледовитого океана. Мурманск: Изд-во ПИНРО. Ч. 1. С. 344–347.
- Хливной В.Н. 2005. Онтогенетические и сезонные миграции основных промысловых рыб банки Роколл // Мат. докл. Межд. конф. РАН «Поведение рыб», Борок. М.: Акварос. С. 530–536.
- Хливной В.Н. 2006. Новые подходы к восстановлению структуры промысловых уловов и оценке запаса пикши на банке Роколл // Вопросы рыболовства. Т. 7. № 1 (25). С. 161–175.
- Хливной В.Н. 2008. Траловая съёмка донных рыб в районе банки Роколл // Результаты морских ресурсных исследований ПИНРО в 2007 г. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 127–129.
- Хливной В.Н. 2009. Траловая съёмка донных рыб в районе банки Роколл // Результаты морских ресурсных исследований ПИНРО в 2008 г. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 123–127.
- Хливной В.Н., Гаврилик Т.Н. 2012. Траловая съёмка донных рыб в районе банки Роколл // Результаты морских ресурсных исследований ПИНРО в 2011 г. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 129–133.
- Хливной В.Н., Сентябов Е.В. 2009. Влияние факторов среды на формирование численности поколений пикши (*Melanogrammus aeglefinus*) банки Роколл // Тез. док. X Всерос. конф. по проблемам рыбопромыслового прогнозирования Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 137
- Хливной В.Н. 2010. Российско-шотландское сотрудничество в изучении биологических ресурсов района Роколл // Труды ВНИРО. Т. 149. С. 281–290
- Anon., 2009. Report of the European Community — Russian Federation Scientific Expert Working Group on Rockall haddock. Moscow, April 2008. Edinburgh, 4–6 February 2009. Moscow, 9–11 September 2009, pp. 102.
- Beverton, R. J. H., Holt, S. J. 1957, On the Dynamics of Exploited Fish Populations// Fishery Investigations Series II Volume XIX, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food pp. 44–67
- Blacker R.W. 1963. Haddock: Rockall stock // Annales biologiques. Volume XVIII P.134–136.
- Blacker R.W. 1982. Rockall and its fishery // Laboratory Leaflet, Lowestoft. № 55. 23 p.
- Filina E.A., Khlinoy V.N., Vinnichenko V.I. 2009. The Reproductive Biology of Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) at the Rockall Bank // J. of Northwest Atlantic Fish. Sci., Vol. 40: P. 59–73.
- ICES2004. Report of an Expert Group on Rockall Haddock Recovery Plans following a request for advice made on behalf of the European Community and the Russian Federation. 13–15 January 2004. Galway, Ireland. ICES/ACFM. 300 p.
- ICES2008. Report of the Working Group on the Assessment of Northern Shelf Demersal Stocks, 15–21 May 2008 (ICES CM2008/ACOM:08). 746 p.
- ICES2009. Report of the Working Group on the Celtic Seas Ecoregion (WGCSE), 13–19 May 2009. (ICES CM2009/ACOM:09). 1075 p.
- ICES2013 a. Request from NEAFC to evaluate the proposals for the harvest control components of the management plan for Rockall haddock fisheries. In Report of the ICES Advisory Committee, 2013. ICES Advice 2013, Book 5, Section 5.3.3.2. 7 p.
- ICES2013 b. Request from NEAFC on the closure area and additional measures for the protection of juvenile haddock on Rockall haddock. In Report of the ICES Advisory Committee, 2013. ICES Advice 2013, Book 5, Section 5.3.3.3. 6 p.
- ICES2016 a. EU request to ICES to provide FMSY ranges for selected stocks in ICES subareas 5 to 10. In Report of the ICES Advisory Committee, 2016. ICES Advice 2016, Book 5, Section 5.2.3.1.
- ICES2016 b. Report of the Workshop to consider FMSY ranges for stocks in ICES categories 1 and 2 in Western Waters (WKMSYREF4), 13–16 October 2015, Brest, France. ICES CM 2015/ACOM:58. 187 5p.
- ICES2017. Report of the Working Group for the Celtic Seas Ecoregion (WGCSE), 9–18 May 2017, ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2017/ACOM:13. P. 978 p.
- Met office Hadley Centre observations datasets. Accessible via: <http://www.metoffice.gov.uk>. 22.05.2017

National Oceanic and Atmospheric Administration, National Climate Data Center, NCDC NOAA. Accessible via: <https://www.esrl.noaa.gov>. 15.03.2017

Newton A.W., Peach K.J., Coull K.A., Gault M., Needle C.L. 2008. Rockall and the Scottish haddock fishery // Fish. Res. 94 (2). P. 133–140

Ricker W.E. 1954. Stock and recruitment// J. Fish. Res. Board Can. 11. P. 559–623

Shepherd, J.G. 1982. A versatile new stock-recruitment relationship for fisheries, and the construction of sustainable yield curves//J. Cons. Int. Explor. Mer, 40 (1). P. 67–75

Поступила в редакцию 17.08.2018 г.

Принята после рецензии 27.08.2018 г.

Trudy VNIRO

2018. Vol. 174

Economics, international cooperation and regulatory bases of fisheries management

The Russian-European Union cooperation on the management of stock and development of scientific basis on exploitation of haddock at the Rockall area

V.N. Khlivnoy

N.M. Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (FSBSI «PINRO»), Murmansk

The history of cooperation between Russia and the European Union on the management of stock and development of scientific basis on exploitation of Rockall haddock *Melanogrammus aeglefinus* is described. The necessity to develop the management measures for haddock fishery, which will be agreed between the Russian Federation and the EU, discussed in the NEAFC and on the Negotiations between the delegations of RF and EU. In 2003 the NEAFC made a decision about preparation of the Russian Federation and the EU such measures, as parties, which lead of the main haddock fishery. Regulation measures, considered during preparation of the management plan for the stock of Rockall haddock are analyzed. Strategies to change the fishery mortality, depending on the number of recruitment and habitats are presented. Russian scientists focused on the need to take into account the peculiarities of biology haddock Rockall Bank in developing these measures. The management plan for the Rockall haddock was jointly developed. In the process of preparing the management plan was found the presence of periods of high and low recruitment and differences for those periods in the level of exploitation appropriate to the precaution approach. The strategy to change the level of exploitation, depending on the number of recruitment, which takes account of changes in the conditions of habitat, was substantiated. Based on this strategy the ICES for haddock Rockall Bank has identified the values of MSY biological criteria separately for years with high and low recruitment.

Keywords: Rockall bank, haddock *Melanogrammus aeglefinus*, fisheries management measures, management plan, minimum landing size, maturity, stock-recruitment relationship.

REFERENCES

- Vinnichenko V.I., Khlivnoy V.N., Timoshenko N.M. 2003. On shifting the bounds of fisheries prohibited area within the bank of Rockall // Fisheries № 4. P. 27–29.
- Vinnichenko V.I., Khlivnoy V.N. 2006. Investigations of bottom fish at the Rockall // Fisheries № 1. P. 42–44.
- Vinnichenko V.I., Khlivnoy V.N. 2007. Biology and fishery of haddock from the Rockall bank // Problems of fisheries. Vol. 8. № 1(29). P. 21–39.
- Vinnichenko V.I., Khlivnoy V.N. 2010. Haddock at the Rockall bank // Development of domestic fisheries in the Northern basin after the establishment of the 200-mile zones. Murmansk: PINRO, P. 338–346.
- Spanovskaya, V.D., Grigorash V.A. 1976. On methods of estimating the fecundity of females of simultaneous and portional spawning // Standard methods of research on fish species within their areas. Part II. Mosklas Press, Vilnius. p. 54–62 [in Russian]
- Chuksin Yu.V., Gerber E.M. 1976. Soviet fishery in the Rockall and Porcupine areas. Kaliningrad: Zaprybpromrazvedka. 8 p.
- Shestov V.P. 1977. Rockall haddock // Fishery biological resources of the North Atlantic and adjacent seas of the Arctic Ocean. Moscow. Pp. 344–346
- Khlivnoy V.N. 2005. Life history and seasonal migrations of main commercial Rockall fish species // Proceedings of the International Conference of RAS “Fish behaviour”, Borok. M. Aquaros, p.530–536
- Khlivnoy V.N., 2006. New methodical approaches to recovery of catch structure and haddock stock assessment in the Rockall Bank area // Voprosy rybolovstva. Vol. 7. № 1(25). Pp. 161–175
- Khlivnoy V.N. 2008. Trawl survey of bottom fish at the Rockall bank // Results of PINRO marine resource researches in 2007, Murmansk: PINRO. P. 127–129
- Khlivnoy V.N. 2009. Trawl survey of bottom fish at the Rockall bank // Results of PINRO marine resource researches in 2008, Murmansk: PINRO p. 123–127
- Khlivnoy V.N. 2010. The Russian-Scottish cooperation in studying biological resources of Rockall area // Trudy VNIRO. Vol. 149. P. 281–290
- Khlivnoy V.N., Gavrilik T.N. 2009. Trawl survey of bottom fish at the Rockall bank // Results of PINRO marine resource researches in 2011. Murmansk: PINRO p.129–133
- Khlivnoy V.N., Sentiabov E.V. 2009. Influence the habitat factors on the number of year classes of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) at the Rockall Bank // Thesis of X Russian conf. on the problems of fisheries forecasting. Murmansk: PINRO. P. 137
- Anon, 2009. Report of the European Community — Russian Federation Scientific Expert Working Group on Rockall haddock. Moscow, April 2008. Edinburgh, 4–6 February 2009. Moscow. 9–11 September 2009, pp. 102.
- Beverton R.J.H., Holt S.J. 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations // Fishery Investigations Series II Volume XIX, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. pp. 44–67
- Blacker R.W. 1963. Haddock: Rockall stock // Annales biologiques. Volume XVIII. P.134–136.
- Blacker R.W. 1982. Rockall and its fishery // Laboratory Leaflet, Lowestoft. № 55. 23 p.
- Filina E.A., Khlinoy V.N., Vinnichenko V.I. 2009. The Reproductive Biology of Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) at the Rockall Bank // J. of Northwest Atlantic Fish. Sci., Vol. 40: P. 59–73.
- ICES2004. Report of an Expert Group on Rockall Haddock Recovery Plans following a request for advice made on behalf of the European Community and the Russian Federation. 13–15 January 2004. Galway, Ireland. ICES/ACFM. 300 p.
- ICES2008. Report of the Working Group on the Assessment of Northern Shelf Demersal Stocks, 15–21 May 2008 (ICES CM2008/ACOM:08). 746 p.
- ICES2009. Report of the Working Group on the Celtic Seas Ecoregion (WGCSE), 13–19 May 2009. (ICES CM2009/ACOM:09). 1075 p.
- ICES2013 a. Request from NEAFC to evaluate the proposals for the harvest control components of the management plan for Rockall haddock fisheries. In Report of the ICES Advisory Committee, 2013. ICES Advice 2013, Book 5, Section 5.3.3.2. 7 p.
- ICES2013 b. Request from NEAFC on the closure area and additional measures for the protection of juvenile haddock on Rockall haddock. In Report of the ICES Advisory Committee, 2013. ICES Advice 2013, Book 5, Section 5.3.3.3. 6 p.
- ICES2016 a. EU request to ICES to provide FMSY ranges for selected stocks in ICES subareas 5 to 10. In Report of the ICES Advisory Committee, 2016. ICES Advice 2016, Book 5, Section 5.2.3.1.
- ICES2016 b. Report of the Workshop to consider FMSY ranges for stocks in ICES categories 1 and 2 in Western Waters (WKMSYREF4), 13–16 October 2015, Brest, France. ICES CM 2015/ACOM:58. 187 57p.
- ICES2017. Report of the Working Group for the Celtic Seas Ecoregion (WGCSE), 9–18 May 2017, ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2017/ACOM:13. P. 978 p.
- Met office Hadley Centre observations datasets. Accessible via: <http://www.metoffice.gov.uk>. 22.05.2017
- National Oceanic and Atmospheric Administration, National Climate Data Center, NCDC NOAA. Accessible via: <https://www.esrl.noaa.gov>. 15.03.2017

- Newton A.W., Peach K.J., Coull K.A., Gault M., Shepherd J.G.* 1982. A versatile new stock-recruitment relationship for fisheries, and the construction of sustainable yield curves//*J. Cons. Int. Explor. Mer*, 40
- Needle C.L.* 2008. Rockall and the Scottish haddock fishery // *Fish. Res.* 94 (2). P. 133–140
- Ricker W.E.* 1954. Stock and recruitment// *J. Fish. Res. Board Can.* 11. P. 559–623

FIGURE CAPTIONS

- Fig. 1.** Length distribution of Rockall haddock in 2005–2014 and selectivity curves of trawls which is appropriate to different length of 50% retention haddock (L50)
- Fig. 2.** Sex composition (a) and individual potential fecundity (b) [Filina et al., 2009] at length of Rockall haddock
- Fig. 3.** Relationship between population fecundity and selectivity of trawls, fishing mortality and length composition of Rockall haddock (size stock is constant, fishery without discards)
- Fig. 4.** Relationship stock-recruitment approximated by Ricker method (a) and comparison of recruitment which was calculated VPA (the actual recruitment) and Ricker method (calculated recruitment) (b) in 1991–2016
- Fig. 5.** Comparison of actual recruitment with the recruitment which was calculated by “variable coefficients” method
- Fig. 6.** Stock-recruitment relationship approximated by “variable coefficients” method (calculated R) take in account environmental factors which were observed in 1991–2015 and recruitment which was calculated by VPA method (the actual R)
- Fig. 7.** Relationship between recruitment of Rockall haddock which was calculated by “variable coefficients” method take in account amount of Euphausiidae when sea temperature is 10 °C (a), 11 °C (b), 12 °C (c), 13 °C (d)
a — low recruitment same as in 2004–2012; b — recruitment same as for fool time period 1991–2012
- Fig. 8.** Result of simulation dynamic of spawning stock biomass for $F=0,3$ take in account differences in level of Rockall haddock recruitment. Red line show 75 percentile, green line —25 percentile [ICES. 2013]
a — hight level of recruitment (1991–2002); b — recruitment same as for fool time period 1991–2013;
c — low recruitment same as in 2003–2013
- Fig. 9.** Values of MSY and the fishing mortality take in account different level of recruitment of Rockall haddock