

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАПАСА ВЕСЕННЕ-НЕРЕСТУЮЩЕЙ (АТЛАНТИЧЕСКО- СКАНДИНАВСКОЙ) СЕЛЬДИ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

© 2022 г. О.А. Булатов¹, Д.А. Васильев¹, А.И. Крысов², М.О. Рыбаков²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии (ВНИРО), г. Москва, 107140

²Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО), г. Мурманск, 183038
E-mail: obulatov@vniro.ru

Поступила в редакцию 7.03.2022 г.

Представлены сведения о распределении, миграциях, состоянии запаса норвежской весенне-нерестующей сельди. Рассмотрены особенности моделей, использующихся для оценки состояния её запаса

Ключевые слова: сельдь, *Clupea harengus*, распределение, миграции, состояние запаса.

ВВЕДЕНИЕ

Термин атлантическо-скандинавская сельдь (*Clupea harengus harengus*) ввёл в 1919 г. А. Иогансен (Johansen, 1919) в качестве общего названия трёх стад: норвежской весенне-нерестующей, исландской летне-нерестующей и исландской весенне-нерестующей сельдей. В данной работе рассматривается норвежская весенне-нерестующая сельдь, которая занимает важное место в экосистеме морей Северо-Восточной Атлантики и имеет большое значение в промысле многих стран. Популяция (стадо, запас) норвежской весенне-нерестующей сельди превосходит других морских сельдей по величине ареала, численности и протяжённости миграций.

Сельдь нерестится на шельфе вдоль Норвежского побережья от 58°00' с.ш. до 70°00' с.ш. Личинки, выклюнувшиеся на Норвежском шельфе, переносятся на северо-восток вдоль норвежского побережья под воздействием прибрежного течения и заносятся в фиорды Норвегии

и Баренцево море (Марти, Юданов, 1962; Селиверстов, Пенин, 1974; Селиверстова, 1983; Крысов, 2008).

С началом полового созревания, в возрасте 3–8 лет, а в основном 3–4 лет (Марти, 1956; Seliverstova, 1977; Крысов, 2008), сельдь возвращается в Норвежское море, пополняя нерестовую часть популяции (рис. 1).

В периоды высокой численности запаса сельдь нагуливалась в открытой части Норвежского и Гренландского морей и зимовала в водах к востоку от Исландии. С уменьшением численности она откармливалась в прибрежных водах Норвегии и зимовала в фиордах (Марти, 1956; Юданов, 1960). После восстановления численности в 90-х гг. прошлого века сельдь стала нагуливаться на обширной акватории Норвежского моря (рис. 1), а затем возвращаться к побережью Норвежского моря на зимовку (Крысов, 2008).

Описания промысла сельди известны с XV в. Величина вылова и пути её

миграции сильно изменялись, очевидно, в соответствии с изменениями величины её запаса (Hjort, 1914; Lea, 1914, 1929).

В XV–XIX вв. в Норвегии, основной стране прибрежного сельдяного рыболовства, были периоды, когда уловы сельди резко сокращались. О.Н. Лоберг (Loberg, 1864) отмечал, что у побережья Норвегии после 1576 г. сельдь вообще не ловилась. Только в начале XVII в. промысел её возобновился. Резкие сокращения уловов сельди были в 1650–1700 гг., 1784–1795 гг., 1808–1833 гг.

Крупномасштабный промысел норвежской весенне-нерестующей сельди судами СССР начался в 1947 г. и, с перерывами, продолжается и в настоящее время. Отечественный вылов сельди в 1950 г. составлял 14,0 тыс. т или около 2% от общего международного вылова, а в начале 1960-х гг. увеличился до 350–490 тыс. т и составил уже 30–57% от общего вылова. В настоящее время промысел сельди квотируется, и российская квота вылова увеличилась с 15–20 тыс. т в конце 1980-х гг. до 150–170 тыс. т в конце 1990-х гг. Кроме взрослой рыбы вылавливали «мелкую» и не достигшую половой зрелости – «жирную» сельдь. Промысел «мелкой» и «жирной» сельди вели только СССР и Норвегия (Марти, Федоров, Юданов, 1960). Советские суда прекратили вылов мелкой сельди в 1962 г., тогда как норвежские продолжали ловить неполовозрелую рыбу в огромных количествах до конца 1960-х гг.

В конце 1960-х гг. чрезмерный пресс промысла на популяцию сельди и появление только одного урожайного поколения 1959 г. привели к катастрофическому падению запаса и вылова (Юданов, 1964; Бенко, Селиверстов, 1969; Бенко, 1973; Dragesund, Ulltang, 1975; Dragesund, 1970). С 1969 г. СССР, Исландия и другие страны, а с 1972 г. Норвегия, прекратили промысел сельди.

В середине 1970-х гг. на фоне благоприятных климатических условий появлялись поколения сельди повышенной численности, однако с ростом их численности она снизилась до бедных.

В конце 1980-х гг. появление урожайного поколения 1983 г. привело к увеличению нерестового запаса до 2,0–2,5 млн. т (Хамре, 1990). В 1987 г., впервые после 20-летнего перерыва, СССР и Норвегия возобновили промысел сельди в Норвежском море. Позднее, в 1994 г., с началом миграций сельди в открытые районы Норвежского моря, к промыслу приступили Исландия, Фареры и промысловые суда стран Европейского сообщества.

До середины XX в. не существовало методов оценки численности и биомассы атлантическо-скандинавской сельди, а о состоянии её запаса судили исключительно по динамике промысла. Любые изменения величины уловов объяснялись колебаниями урожайности поколений и изменениями условий внешней среды, при которых происходило развитие молоди. В результате естественной смертности и возросшей промысловой нагрузки во второй половине XX в. запас сельди стал снижаться. Это негативно сказалось на величине уловов отечественного флота (Марти и др., 1960; Марти, Юданов, 1962; Федоров, 1962; Marty, Fedorov, 1963).

Стали применяться различные методы для определения численности сельди. Норвежскими специалистами были выполнены эксперименты по мечению рыбы (Dragesund, Jakobsson, 1963). Были получены первые оценки величины запаса и коэффициент общей смертности.

В 1975 г. впервые с помощью виртуально-популяционного анализа был оценен запас сельди для ряда лет (Dragesund, Ulltang, 1975). Позднее этот метод стал

использоваться Рабочей группой ИКЕС для оценки состояния популяции сельди на регулярной основе.

В настоящее время расчёты состояния запаса атлантическо-скандинавской сельди ежегодно выполняются на Рабочей группе ИКЕС по широко распределяющимся запасам (WGWIDE). В расчётах используются данные полученные на промысловых судах и в период проведения съёмок. Для расчётов используются индексы численности возрастных классов сельди, получаемые во время международной экосистемной съёмки в Северных морях (IESNS), которую с 1996 г. ежегодно выполняют НИС России, Норвегии, Исландии, Фарерских о-вов и ЕС на всем нагульном ареале её распределения, и данные норвежской съёмки сельди на нерестилищах вдоль побережья Норвегии. Кроме того, используются данные возрастной структуры уловов сельди, которые предоставляются всеми странами-участниками промысла.

В настоящей работе авторы попытались обобщить современные данные о состоянии запаса, распределении миграциях и промысле сельди. Выполнен анализ современных математических методов оценки запаса. Значительное внимание уделено урожайности поколений сельди, которые составляют основу нерестового и промыслового запасов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы данные о распределении и биологии атлантическо-скандинавской сельди, а также результаты акустических оценок численности и биомассы, основанные на материалах съёмок пелагических видов рыб в весенний и осенний периоды года. Проанализированы условия среды, влияющие на миграционные процессы и распределение рыбы на акватории Баренцева и Норвежского морей. Для ана-

лиза также использовались данные литературных источников, посвященных изучению жизненного цикла и биологии атлантическо-скандинавской сельди и материалы Рабочих групп ИКЕС.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Состояние запаса, распределение и промысел сельди в современный период

Атлантическо-скандинавская сельдь имеет большое значение для рыболовства стран Северной Европы. Как трансграничный запас, в разные периоды жизненного цикла сельдь совершает протяжённые миграции, проходя через зоны иностранных государств. Результаты международных тралово-акустических съёмок последних лет и международного промысла дают представление о распределении рыбы в современный период (рис. 1). В экономической зоне Российской Федерации в Баренцевом море, круглогодично распределяется молодая, неполовозрелая рыба в основном урожайных и средних по численности поколений, которая затем пополняет нерестовый запас в Норвежском море.

Анализ динамики численности запаса сельди показывает значительные колебания урожайности пополнения. За последние 20 лет было отмечено появление только 3-х урожайных (2002, 2004 и 2016 гг.) и 4-х средних (2003, 2005, 2006 и 2013 гг.) по численности поколений. Влияние урожайности поколений на динамику запаса популяции хорошо видно на ретроспективных данных (рис. 2). Значительное увеличение биомассы нерестовой части популяции сельди произошло в 2007 г. в результате вступления в нерестовое стадо особей урожайных поколений 2002 и 2004 гг. Затем величина запаса уменьшилась из-за отсутствия урожайных по численности поколений. Очередной рост запаса

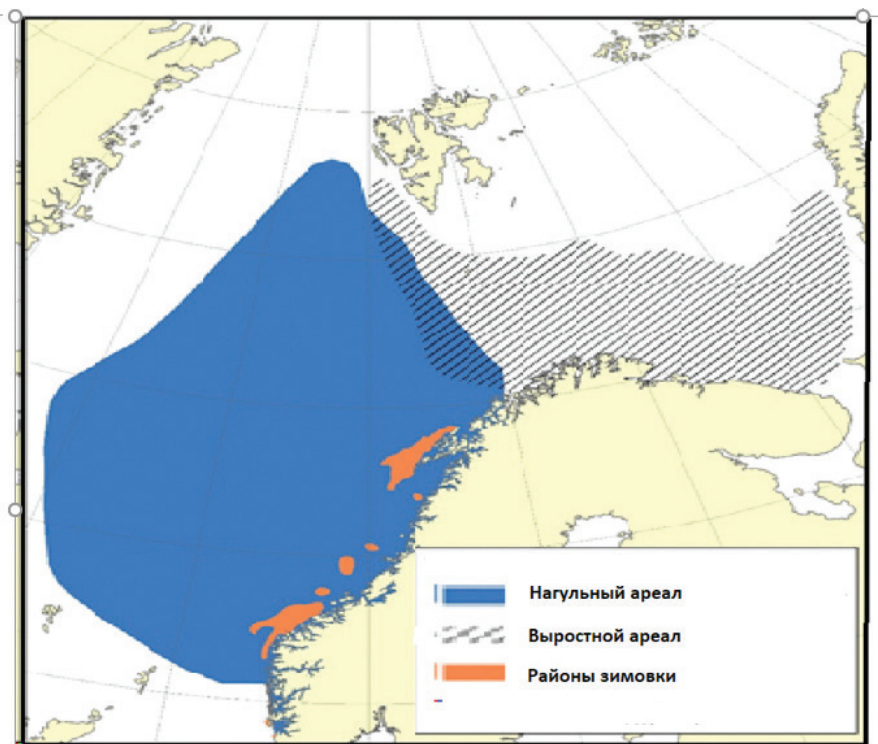


Рис. 1. Схема современного распределения норвежской весенне-нерестующей сельди в разные периоды жизненного цикла (источник – www.imr.no).

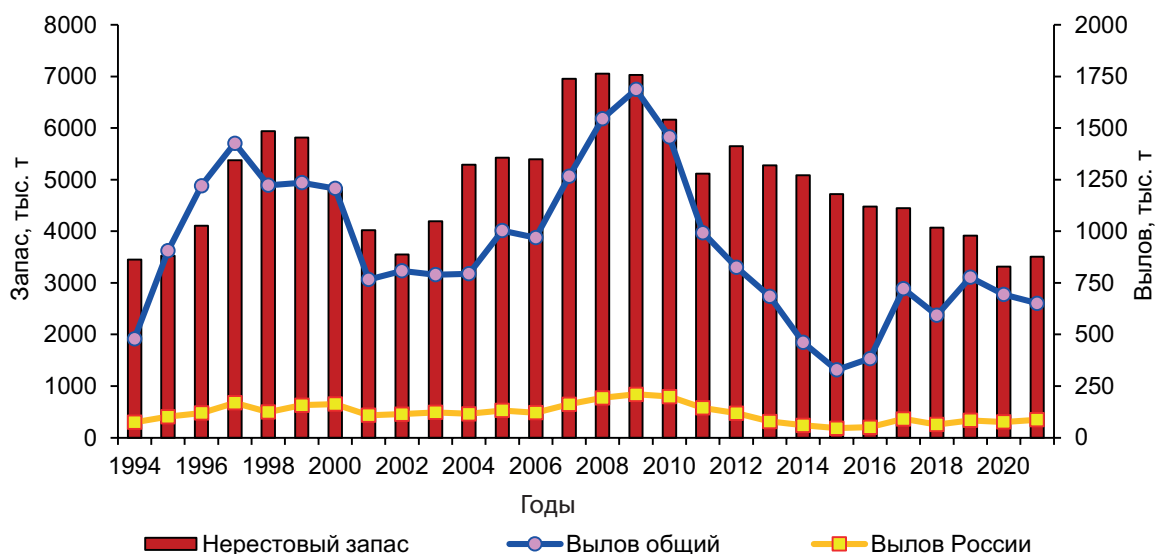


Рис. 2. Нерестовый запас, общий и отечественный вылов сельди в 1994–2021 гг.

сельди начался только в 2021 г. после появления урожайного поколения 2016 г.

Международный промысел сельди проходит круглогодично на всём ареале нагульного и зимнего распределения. В соответствии с изменениями вели-

чины запаса изменялся и вылов сельди (рис. 2). Максимальный её вылов был в 2007–2009 гг., когда нерестовый запас пополнили 2 урожайных поколения 2002 и 2004 гг. По мере промысловой и естественной убыли рыбы этих поколе-

ний наблюдалось снижение запаса и вылова рыбы. В последние годы произошло пополнение нерестового запаса рыбой среднего (2013 г.) и урожайного (2016 г.) поколения.

На рисунке 3 приведено распределение международного промысла сельди по месяцам в 2013–2019 гг. На рисунке видно, что основной международный промысел сельди проходит на западе Норвежского моря в период летнего нагула рыбы и в Норвежской экономической зоне на путях миграции рыбы на зимовку к побережью Норвегии и на её зимовальных концентрациях. Отечественный флот ловит взрослую сельдь, в основном, в норвежской экономической зоне и в международных водах Норвежского моря в августе-ноябре, сохраняя неполовозрелую рыбу, которая нагуливается в исключительной экономической зоне Российской Федерации в Баренцевом море.

Общий допустимый улов (далее ОДУ) сельди устанавливается государствами, прибрежными по отношению к запасу норвежской весенне-нерестующей сельди, на основе научных рекомендаций Международного Совета по исследованию моря (ИКЕС). Российская

квота в последние годы составляет около 100 тыс. т.

Особенности биологии, распределения и численность сельди

Молодь атлантическо-скандинавской сельди обитает на акватории Баренцева моря с момента пассивного заноса её из районов нереста на личиночной стадии и до возраста 3–6 лет. Личинки дрейфуют в водах Норвежского течения вдоль континентального шельфа всего Скандинавского п-ова, распределяются вдоль побережья Норвегии и заносятся в Баренцево море и в Медвежинско-Шпицбергенский район (Марти, Мартинсен, 1969). Далее, по Основной ветви Нордкапского течения они попадают к Гусиной банке и разделяются на два потока. Часть личинок оседает в районе Мурманского мелководья, а также посредством Канинского течения заносится в район п-ова Канин Нос и о. Колгуев. Другая часть дрейфует вдоль побережья Кольского п-ова и заносится в заливы, губы и бухты. Год от года пути дрейфа личинок изменяются в зависимости от изменения интенсивности и направления течений.

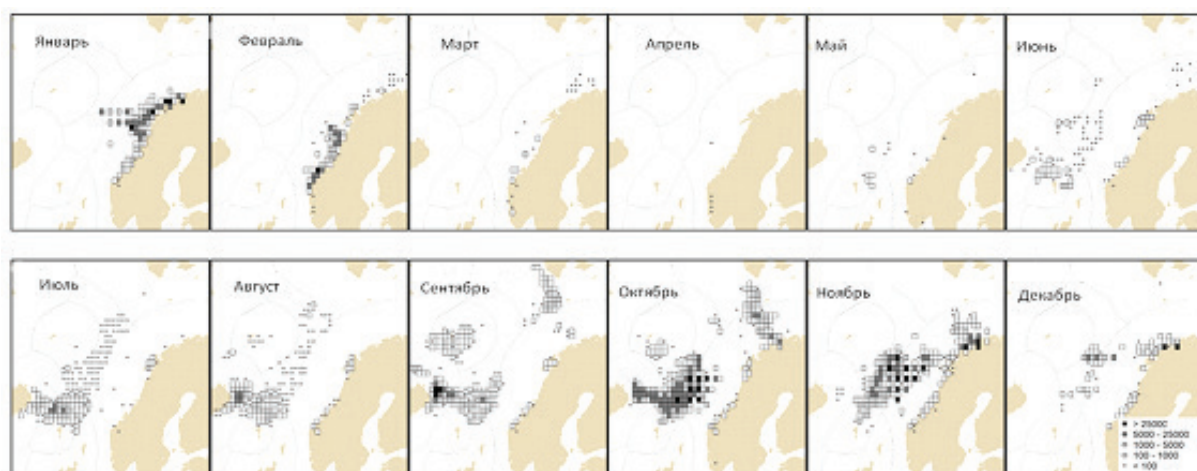


Рис. 3. Распределение международного промысла сельди в тоннах по месяцам за период 2013–2020 гг.

В периоды низкой численности популяции и появления бедных поколений личинки практически не попадают в Баренцево море. В годы же урожайных поколений сельдь в первый год жизни может распределяться на обширной акватории от арх. Шпицберген до о-вов Новая Земля (Пашкова, Селиверстова, 1988).

Численность поколений сельди зависит от величины нерестового запаса и популяционной плодовитости, количества оседающей и выжившей молоди, которое зависит от температурного режима вод, направления преобладающих ветров в весенний период, кормовой базы и множества других факторов. Высокоурожайным считается поколение превышающее в возрасте 3 года 30 млрд экз., урожайным – от 12 до 30 млрд экз., средним – менее 12 млрд экз., и бедным – менее 6 млрд экз. (Крысов, 2000). Флюктуации численности поколений чрезвычайно велики. Урожайные поколения появляются в годы как с высокой величиной нерестового запаса, так и в годы с низкой. За период с начала XXI в. по настоящее время было зарегистрировано всего 4 урожайных поколения, и последнее из них появилось в 2016 г. (табл. 1). На основе оценок, выполненных в период Международной экосистемной съёмки в Северных морях в апреле-мае 2021 г., поколение 2016 года рождения составляет в нерестовом запасе сельди 53% по численности и 46% по биомассе. По данным исследований предыдущее высокоурожайное поколение 2004 г. в возрасте 17 лет до сих пор присутствует в популяции и регистрируется в уловах, несмотря на ведущийся активный промысел и ежегодное превышение рекомендованных объёмов вылова.

Таким образом, особи многочисленных поколений сельди способны более 10 лет после полового созревания со-

ставлять значительную долю в нерестовом запасе.

Различия условий в районах обитания сельди обуславливают формирование в поколении группировок, отличающихся темпом роста и возрастом полового созревания. В зависимости от размера и возраста рыба обладает различной плодовитостью. У впервые созревающих сельдей индивидуальная плодовитость всегда ниже в сравнении с повторно нерестующими особями (Лямин, 1966).

В каждом поколении соотношение группировок неодинаково, а следовательно, и темп пополнения нерестового стада, и количество ежегодно откладываемой икры различны. При уменьшении числа возрастных групп, участвующих в нересте, возрастает значение урожайного поколения. В то же время, при малой численности нерестового стада увеличивается вклад и бедного поколения.

Сельдь, выросшая в прибрежных водах юго-западной Норвегии, имеет наиболее высокий темп роста, а по мере продвижения на север он снижается (Селиверстова, 1990). К концу первого года жизни в южных прибрежных районах рыба достигает длины 11–13 см, в центральных – 9–10 см, в северных – 8–9 см, в Баренцевом море – 6–9 см. В возрасте 3 года на юго-западе Норвежского моря длина сельди составляет 24–25 см, а в Баренцевом море достигает только 13–17 см (Селиверстова, 1969, 1973; Шутова-Корж, 1962; Runnstrom, 1936). Причинами столь значительных различий роста молоди являются факторы внешней среды, в первую очередь, температурные условия, количество корма и длительность вегетационного периода.

Ежегодный период роста у сельди в районе юго-западного побережья Нор-

Таблица 1. Урожайность поколений атлантическо-скандинавской сельди

Поколение	Урожайность	Поколение	Урожайность	Поколение	Урожайность
1947	Урожайное	1972	Бедное	1997	Бедное
1948	Урожайное	1973	Бедное	1998	Высокоурожайное
1949	Среднее	1974	Бедное	1999	Урожайное
1950	Высокоурожайное	1975	Бедное	2000	Среднее
1951	Среднее	1976	Бедное	2001	Бедное
1952	Среднее	1977	Бедное	2002	Урожайное
1953	Среднее	1978	Бедное	2003	Урожайное
1954	Среднее	1979	Бедное	2004	Высокоурожайное
1955	Бедное	1980	Бедное	2005	Бедное
1956	Бедное	1981	Бедное	2006	Среднее
1957	Бедное	1982	Бедное	2007	Бедное
1958	Бедное	1983	Урожайное	2008	Среднее
1959	Высокоурожайное	1984	Бедное	2009	Бедное
1960	Урожайное	1985	Среднее	2010	Бедное
1961	Среднее	1986	Бедное	2011	Бедное
1962	Бедное	1987	Бедное	2012	Бедное
1963	Урожайное	1988	Бедное	2013	Среднее
1964	Среднее	1989	Среднее	2014	Бедное
1965	Бедное	1990	Среднее	2015	Бедное
1966	Среднее	1991	Урожайное	2016	Высокоурожайное
1967	Бедное	1992	Высокоурожайное	2017	Бедное
1968	Бедное	1993	Среднее	2018	Бедное
1969	Бедное	1994	Бедное	2019	Бедное
1970	Бедное	1995	Бедное	2020	Бедное
1971	Бедное	1996	Бедное		

вегии длится с начала апреля до конца октября и составляет 7 мес., а на севере – всего 3,5 мес. с середины мая по конец августа (Lea, 1911; Ottestad, 1934).

Созревает сельдь, в основном, в возрасте 3–8 лет при длине 24–30 см (Марти, 1956; Селиверстова, 1969, 1973). В малочисленных поколениях более 60% особей вступают в нерестовое стадо в возрасте 3–4 года, в средних – 70% в возрасте 4–5 лет, в многочисленных – около 70% в возрасте 5–6 лет, а в наиболее урожай-

ных еще 30% в возрасте 7–8 лет пополняют нерестовую популяцию.

Размерный состав взрослой половозрелой сельди колеблется от 23 до 41 см. При этом основную часть нерестовой популяции составляют особи длиной 31–36 см.

Продолжительность обитания сельди на акватории Баренцева моря зависит от численности поколений и темпов роста. По мере роста и достижения половозрелости в возрасте 3–5 лет мо-

лодь начинает мигрировать и концентрироваться на западе Баренцева моря и в северо-восточной части Норвежского моря, где и зимует до своего первого нереста (Марти, 1956; Бенко и др., 1966; Селиверстова, 1969, 1973; Крысов, 2003).

На рисунке 4 показана схема распределения и миграции молоди сельди в Баренцевом море (Марти, Мартинсен, 1969), созданная на основе исследований 1950–1960-х гг. Наиболее широко распространяются сеголетки. По мере роста протяжённость миграций в восточном направлении сокращается и увеличивается продвижение рыбы на запад.

Периоды, когда неполовозрелая сельдь начинает мигрировать в западном направлении в возрасте 5 и более лет, сменяются годами, когда рыба начинает покидать Баренцево море в более раннем возрасте. Так, если до 80-х годов XX в. молодь в основной массе не мигрировала до достижения возраста 5–6 лет, то после 1986 г. она начала массово выходить на нагул в Норвежское море уже в 3 года (Крысов, 2008).

Откармливается молодь сельди традиционно в период с мая по октябрь, при этом она не совершает продолжительных миграций, как взрослые особи (Мантейфель, 1938, 1941; Шутова-Корж,

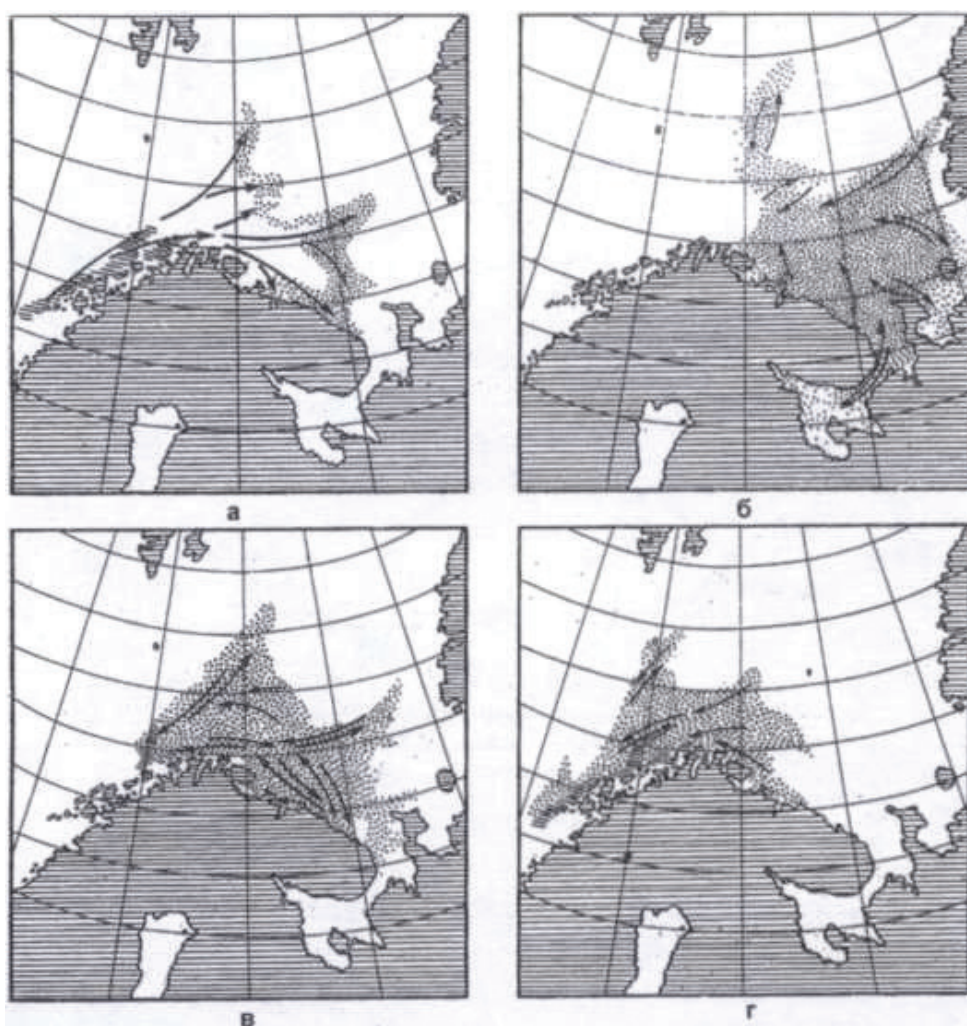


Рис. 4. Схема распределения и миграций атлантическо-скандинавской сельди в Баренцевом море: а – 0-группа; б – в возрасте 2–3 года; в – в возрасте 4–5 лет; г – созревающие особи.

1960, 1962; Марти, 1956). Максимальная интенсивность питания наблюдается в июне-июле и снижается в августе-октябре. В теплые и умеренно-теплые годы откорм сельди начинается раньше (Рудакова, 1966). Взрослая рыба при наличии пищи может питаться в течение всего года, но основной откорм происходит в апреле-июне. Тогда же регистрируется основной рост сельди в длину. Начиная с июля, наблюдается увеличение массы тела, жирности и быстрое развитие годовика. При неблагоприятных гидрологических условиях откорм затягивается до сентября-октября. Хорошие условия нагула способствуют повышению темпа роста, лучшей упитанности, а отложение жира в теле повышает плодовитость. Вес сельди после летнего откорма увеличивается на 10–15%, а после нереста в марте-апреле происходит резкое его снижение на 20–25% (Лямин, 1966). В период зимовки сельдь практически не питается (Болдовский, 1938, 1941, Мантейфель, 1941). Основу рациона составляют копеподы (*Calanus*) и эвфаузииды (*Euphausiacea*).

Вес сельди изменяется в соответствии с увеличением её длины, но неравномерно. В отдельных случаях вес сельди большего размерного класса оказывается меньше предшествующего (Лямин, 1966). В разновозрастных группах вес может различаться в 1,3–2,2 раза, но амплитуда веса с возрастом уменьшается.

В целом, весенненерестующие сельди растут до 17–18 лет. Быстрый рост в длину отмечается в течение первых 5–7 лет. Сельди младшего возраста имеют более высокий темп роста по всем возрастным категориям (Лямин, 1966). Прирост тела на первом году жизни является максимальным. В последующие годы приросты снижаются и в возрасте 14–15 лет не превышают 0,2–0,3 см.

Сравнение динамики роста сельди по районам и поколениям позволяет отметить неодинаковый темп, но в пределах одного района существенных различий не наблюдается.

На акватории Баренцева моря совместные российско-норвежские травило-акустические съёмки пелагических видов рыб выполняются с 1991 г. С 1995 г. на судах Норвегии, России, Исландии и Фарерских о-вов проводятся исследования этих запасов в Норвежском море, а с 1997 г. к участию в них приступили и суда ЕС. Для координации проведения совместных рейсов по оценке запасов пелагических видов рыб в 1995 г. под эгидой ИКЕС была сформирована Рабочая группа по планированию международных пелагических съёмок (PGNAPES, позднее – WGIPS). На данной группе обсуждаются планы проведения предстоящих исследований и обсуждаются результаты выполненных. С 2004 г. совместная съёмка пелагических видов рыб в апреле-мае носит официальное название – Международная экосистемная съёмка в Северных морях (IESNS). Исследования на северо-восточном участке в Баренцевом море ежегодно осуществляются на научно-исследовательских судах России (рис. 5). Во время съёмки собираются данные о распределении и поведении пелагических видов рыб (в том числе сельди) в период нагула и их биологических характеристиках. Для прогноза пополнения нерестового запаса выполняется оценка численности и биомассы половозрелой молоди сельди на акватории Баренцева моря. По окончании съёмки собранные данные анализируются и объединяются. На основе полученных данных строятся карты распределения, и выполняется совместная оценка запасов пелагических видов рыб на всей акватории исследований.

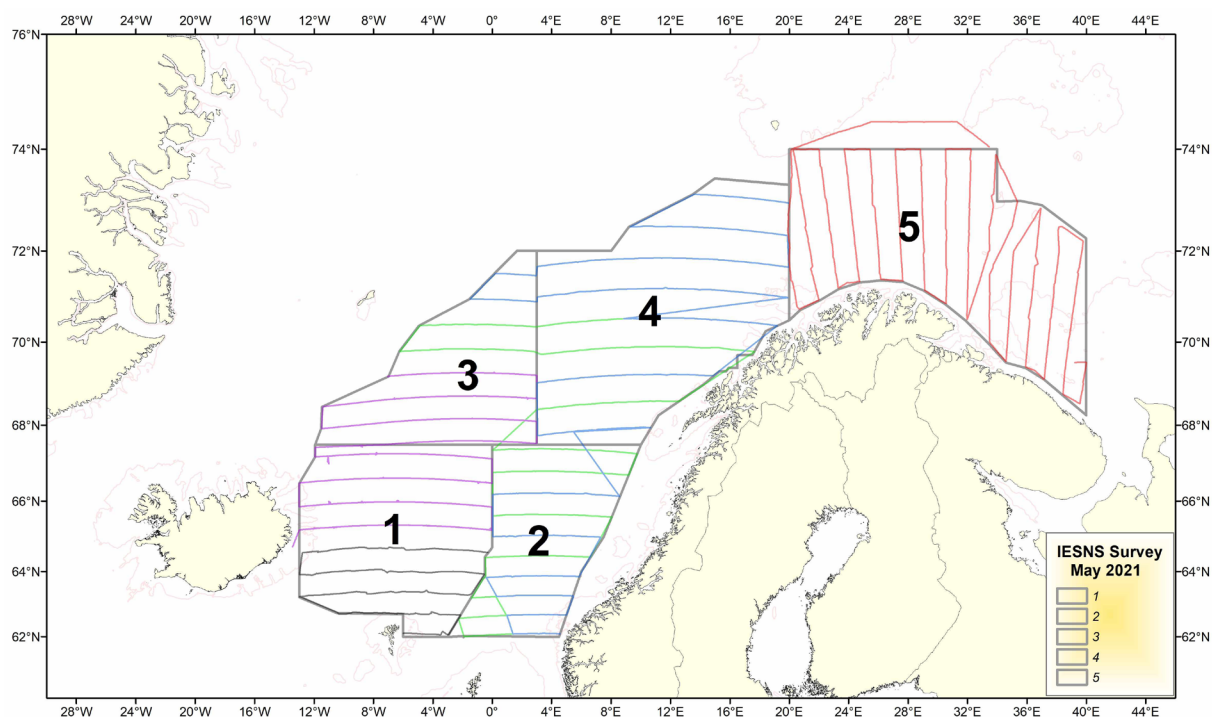


Рис. 5. Схема маршрутов судов при проведении съёмки (IESNS) (источник – www.ices.dk).

Начиная с 1965 г. в осенний период на акватории Баренцева моря начали проводиться съёмки рыб на стадии 0-группы, а с 1972 г. – национальные акустические съёмки пелагических рыб. В 2004 г. они были преобразованы в совместную российско-норвежскую экосистемную съёмку в Баренцевом море (BESS), которая выполняется по единой методике, согласованной между Полярным филиалом ВНИРО (ПИНРО им. Н.М. Книповича) и Бергенским институтом морских исследований (БИМИ). Вся акватория съёмки поделена между судами-участниками морских исследований (рис. 6).

В оценках численности атлантико-скандинавской сельди присутствует довольно большая доля неопределённости, что связано с рядом объективных факторов. Так, значительная доля рыбы, заносимая течением в Баренцево море, оседает в прибрежной зоне, во фьордах, заливах, бухтах, губах и до совершения ею значительных миграций становится

недоступной для акустической оценки в период съёмок, проводимых в открытом море. Это влияет на репрезентативность оценки но, учитывая, что исследования проводятся ежегодно на сопоставимой акватории, то представляется возможным объективно оценивать тренды в биомассе и численности будущего пополнения нерестового запаса сельди.

Особенности моделей, использующихся для оценки состояния запаса норвежской весенне-нерестующей (атлантико-скандинавской) сельди

Как отмечалось выше, для динамики численности норвежской весенне-нерестующей (атлантико-скандинавской) сельди характерно периодическое появление исключительно многочисленных поколений на фоне преобладающего фона сравнительно малочисленных годовых классов. Многочисленные поколения, как правило, характеризуются более медленным вступлением в промысел, что выражается на языке моде-

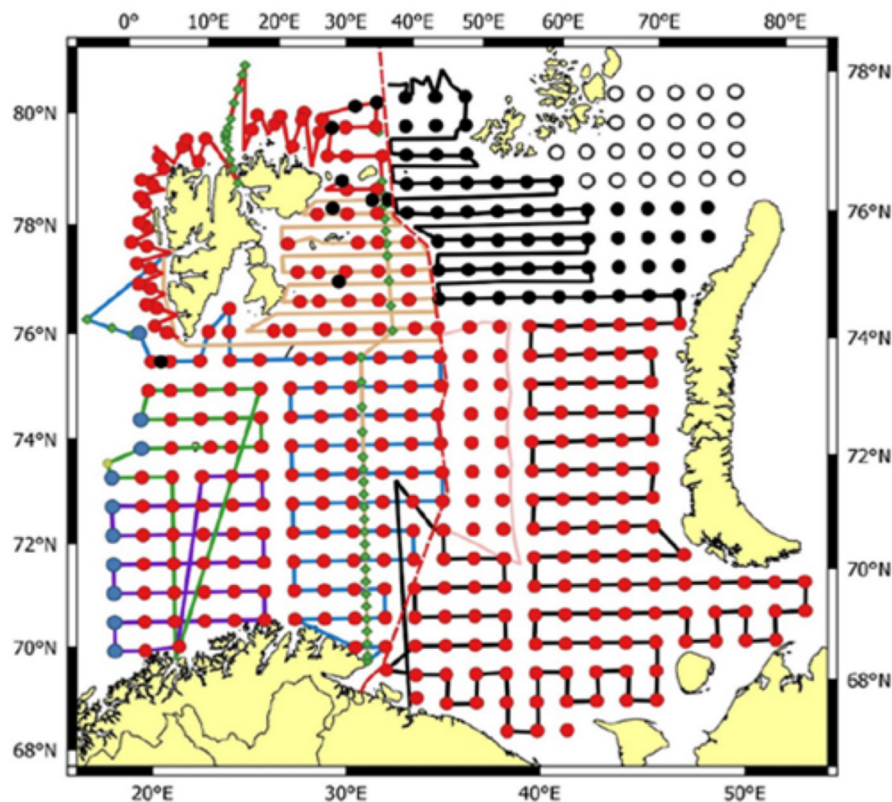


Рис. 6. Схема маршрутов судов при проведении съёмки (BESS) (источник – www.hi.no).

лей систем «запас-промысел» с возрастной структурой в виде отличий в относительной селективности промысла для таких поколений. Поскольку численность пополнения для норвежской весенне-нерестующей (атлантико-скандинавской) сельди может различаться более, чем на четыре порядка, понятно, что различия в их взаимодействии с промыслом могут быть весьма велики.

Первой моделью, в рамках которой было уделено внимание различиям в свойствах многочисленных и малочисленных поколений применительно к сельди, стала норвежская модель SeaStar (Tjelmeland, 2004; Røttingen, Tjelmeland, 2003; Tjelmeland, Lindstrøm, 2005). В своей основе модель SeaStar являлась достаточно традиционной когортной моделью, параметры которой оценивались путём настройки трендов в численности на тренды в рядах наблюдений. Не-

определённость оценивалась с помощью многократных прогонов модели (в каждом прогоне с помощью переборок создавались искусственные ряды наблюдений в соответствии с распределением вероятности, принятым для этих данных (бутстреп)). Программа включала в себя всю обычную диагностику, а также элементы, отсутствовавшие в то время в явном виде в других программах, например, анализ чувствительности, проводящийся путём удаления того или иного компонента из функции правдоподобия и новой прогонки модели. Эти процедуры помогали выделить те точки, которые давали наибольший вклад в функцию правдоподобия. Модель наблюдений для съёмок являлась гибкой, т.е. пользователь мог интерактивно задать свою собственную функцию. Была предусмотрена возможность использовать нормальное, логнормаль-

ное и гамма распределения. Настройка модели заключалась в максимизации функции правдоподобия, выражающей вероятность получить имеющиеся наблюдения при условии, что оценки параметров, полученные по когортной модели, абсолютно верны. Этот подход позволял исключить субъективизм в придании взаимных статистических весов наблюдениям. Поскольку пополнение у норвежской весенне-нерестующей сельди исключительно изменчиво, автор рекомендовал, чтобы для съёмок выбиралось распределение, имеющее достаточно «тяжёлые хвосты».

В модели SeaStar внимание уделялось различию в её работе с многочисленными и бедными поколениями. Причиной является то, что в обычных когортных моделях ошибки в данных по возрастному составу уловов для бедных поколений в терминальном году могут вызвать смещение в оценках численности соответствующих когорт, которое может распространиться также и на богатые поколения через вклад тех и других в функцию правдоподобия. Поэтому в модели SeaStar свободными параметрами для настройки выбирались только терминальные значения коэффициентов промысловой смертности (F), относящиеся к многочисленным поколениям. Для более слабых поколений оценки терминальных коэффициентов промысловой смертности получались в результате линейной интерполяции терминальных F, оценённых для многочисленных поколений. В функцию правдоподобия могли включаться также только сильные поколения. Поколения, участвовавшие в настройке, и поколения, включённые в функцию правдоподобия, могли выбираться независимо друг от друга.

В модели SeaStar дополнительные параметры также должны были рассма-

триваться как неизвестные (аналогично терминальным F) и должны были оцениваться вместе с этими величинами. Поскольку съёмки, как правило, могут говорить только о тренде в численности запаса (или поколения), но не об абсолютной величине, коэффициенты пропорциональности между результатами съёмок и оценками запаса по модели также должны были подлежать оценке. Можно было задать и более сложную модель наблюдений для съёмок, например, с учётом возрастной зависимости, что также увеличивало число параметров, подлежащих оценке в процедуре настройки.

Говоря о робастности модели SeaStar, следует отметить, что поскольку параметры модели определялись максимизацией функции правдоподобия, модель могла быть неробастной (т.е. аутлаеры могли приводить к смещённости оценок). Вместо анализа робастности в модели рекомендовалось проверить, являются ли аутлаеры ошибочными наблюдениями или же верными, хотя и экстремальными. В этой связи автором рекомендовалось опасаться систематических трендов в пополнении для отдельных поколений, которые могли проявиться в отдельных съёмках, и проводить тщательную диагностику с целью поиска аутлаеров. Кроме того, понятно, что поскольку малочисленные поколения являлись второстепенным объектом исследований, ошибки в оценке их численности могли оказываться относительно велики.

Другой моделью, использовавшейся для оценки запаса норвежской весенне-нерестующей сельди и непосредственно ориентированной на учёт различий в относительной селективности для различных по численности поколений, стала российская модель TISVPA (Vasilyev, 2005, 2006). Модель ставила своей це-

лью обеспечение робастности анализа и включала в себя ряд подходов, облегчающих использование в анализе информации реального качества, т.е. значительно зашумленные данные, содержащие резко выделяющиеся значения (аутлаеры). Для модели TISVPA было характерно целенаправленное использование принципов робастной статистики в процедурах оценивания параметров модели. Именно это помогало снизить влияние ошибок в данных на результаты анализа и выделять больше информации о системе запас-промысел из имеющихся данных. Теоретические основы робастной статистики сформировались к середине XX в., хотя её начало можно отнести к значительно более ранним работам, в которых рассматривались различные статистические распределения и поведение различных статистических функций. Интерес к робастности, которую в общем виде можно понимать как меру независимости результатов анализа от предположений, лежащих в основе процедур, использованных для этого анализа, был обусловлен ростом понимания того, что часто традиционные статистические гипотезы, такие как нормальность и независимость наблюдений, являются слишком грубой идеализацией действительной ситуации. Все чаще оказывалось, что статистические функции и методы их оценивания, идеальные в «классических» условиях (например, метод наименьших квадратов), для реальных данных, содержащих значительные ошибки, давали неприемлемые результаты. Именно такая ситуация является типичной в оценке состояния запасов рыб. В настоящее время теория робастного оценивания является важнейшим направлением статистики. Модель TISVPA включала в себя различные приёмы, помогающие работать с данными реального (т.е. достаточно низкого)

качества. Среди них: робастные целевые функции, возможность целенаправленного обеспечения несмещенности решения, независимость оценок возрастной зависимости относительной селективности промысла от выбора пользователем её формы, применение различных опций относительно взаимной справедливости предположений о качестве данных по возрастному составу уловов и устойчивости селективных свойств промысла, возможность исключения влияния межгодовых изменений в коэффициентах улавливаемости съёмов на результаты анализа и др.

Особенно важным для оценки запаса сельди было то, что в модели TISVPA коэффициенты промысловой смертности (точнее – коэффициенты эксплуатации) могли быть представлены в виде произведения трёх параметров: $f(\text{год}) \cdot s(\text{возраст}) \cdot g(\text{поколение})$, что давало возможность оценить в рамках модели дополнительный набор параметров, связанных с поколением. Этот дополнительный набор параметров позволял адаптировать традиционное сепарабельное представление промысловой смертности (как произведение зависящего от года компонента и компонента, зависящего от возрастной группы) к ситуациям, когда некоторые поколения могли иметь особенности в своём взаимодействии с промыслом, вызванные, например, их различным пространственным распределением, большей притягательностью для промысла более многочисленных поколений или отличиями в темпе вступления в промысел. Упомянутые выше зависящие от поколения множители (g -факторы) могли быть оценены и применены не только для всего интервала возрастных групп, включённых в модель, но и для некоторого выбранного возрастного «окна». Это помогало быть ближе к

реальной ситуации (если известно, что только некоторый диапазон возрастных групп может иметь зависящие от численности поколения особенности во взаимодействии с промыслом), а также снизить влияние возрастных групп, данные по возрастному составу уловов для которых имеют более низкое качество (обычно – самые младшие или старшие возрастные группы). Для возрастных групп, не входящих в выбранный диапазон, значения g-факторов принимались равными единице, но в результате общей нормализации всех g-факторов на единицу в среднем, использовавшейся в модели для балансировки процедуры оценки параметров, могли в результате принимать несколько отличные от единицы значения.

Относительно связанных с поколением особенностей в общей возрастной зависимости селективных свойств промысла в модели TISVPA были предусмотрены два варианта: подмодель «внутригодового перераспределения промыслового усилия между возрастными группами» (подмодель 1) и подмодель «общего роста (снижения) селективности для отдельных возрастов» (подмодель 2). В рамках первой подмодели предполагалось, что в каждом году поколения, более «притягательные» для промысла, «заимствуют» некоторое количество промыслового усилия у других поколений за счёт увеличения их коэффициента селективности и снижения коэффициентов селективности других когорт в данном году. Вторая подмодель предполагала, что некоторые поколения имеют более высокие (или низкие) коэффициенты селективности, но это не приводит к непосредственным изменениям коэффициентов селективности для других поколений.

Следует отметить, что наибольшие расхождения между результатами мо-

делей TISVPA и SeaStar наблюдались в оценках пополнения последнего года анализа, т.е. в оценках численности тех поколений, которые только что вышли из Баренцева моря и готовы пополнить промысловый запас в Норвежском море. Для этих поколений данных по уловам в более старших возрастах отсутствуют, что затрудняет для них оценку зависящих от поколения g-факторов. По этой причине было бы важно иметь независимую модель для уловов как функции численности эмигрирующего поколения. Насколько можно судить, такая модель до сих пор отсутствует.

Как сами модели SeaStar и TISVPA, так и результаты их применения для сельди многократно обсуждались на различных Рабочих группах Международного совета по исследованию моря (ИКЕС), а также на Встречах стран, имеющих статус прибрежных относительно запасов сельди, а также на Сессиях Комиссии по рыболовству в Северо-Восточной Атлантике (НЕАФК). В результате Комиссия неоднократно обращалась с запросами к ИКЕС разобраться и вынести суждение о предпочтительности того или иного подхода для оценки запасов сельди. К сожалению, вынести однозначное заключение оказалось непосильной задачей, поскольку оба подхода являются методологически и статистически корректными. Наконец, под давлением промышленности, было рекомендовано разработать новую совместную согласованную модель, которая бы включила в себя наилучшие свойства норвежской и российской моделей. В итоге Россия и Норвегия достигли согласия в необходимости проведения работ по данной тематике в рамках совместного научного проекта. В 2005 и 2006 гг. были проведены встречи российской и норвежской исследовательских групп, работающих в

рамках проекта, на которых были рассмотрены и согласованы подходы к созданию общей структуры совместной модели и определены этапы её разработки. В общих чертах, предполагалось в новой модели объединить сильные стороны моделей SeaStar и TISVPA, а саму процедуру оценки сделать поэтапной. На первом этапе следовало бы выполнить оценку запаса по робастной модели с целью получения надёжного «первого приближения» для дальнейшего анализа данных. На втором этапе предполагалось выполнять «робастную винзоризацию» данных, т.е. выявление и коррекцию «плохих» данных. И, наконец, на третьем этапе расчётов предполагалось реализовать статистически корректное объединение информации из всех видов данных с помощью применения подходящих функций (или квазифункций) правдоподобия. Однако позднее было решено пойти дальше (и несколько в сторону) и создать гибкую расширенную модель, которую можно было бы использовать для оценки и других запасов. Разработанная модель получила название TASACS (A Toolbox for Age-structured Stock Assessment using Catch and Survey data).

Модель TASACS (ICES, 2008), по сути, представляла собой набор программ для проведения аналитической оценки запасов рыбы. Набор программ был интегрирован в единую рабочую среду для облегчения организации работы, представления и учёта результатов. В рамках модели оценка представляла собой преобразование информации об уловах и съёмках за определенный период времени в численность запаса по возрастам и промысловую смертность по возрастам, за рассматриваемый временной диапазон. Были выбраны процедуры оценки параметров, хорошо зарекомендовавшие себя ранее, что по задумке должно бы было охватывать потребно-

сти в оценке большинства запасов, для которых имеется стандартная информация (количество улова по возрасту, вес и половозрелость по возрасту и индексы численности по съёмкам – или, альтернативно, улов на единицу усилия – с разбивкой по возрасту и/или без неё). Хотя разработка модели была вызвана потребностью в унифицированном программном обеспечении для анализа данных по норвежской весенне-нерестующей сельди, программное обеспечение было разработано как общий набор инструментов для удовлетворения потребностей любого запаса, для которого доступны стандартные данные. В модели был предусмотрен набор различных целевых функций, включая некоторые робастные, включая медиану и абсолютное медианное отклонение. Модель стала использоваться для оценки запаса сельди на Рабочей группе ИКЕС по широко распределённым запасам, начиная с 2008 г. Однако модель TASACS не сняла противоречий между различными подходами, а лишь перенесла дискуссии с «межмодельного» на «внутримодельный» уровень. К тому же, трёхпараметрическая версия сепарабельного представления коэффициентов промысловой смертности для выявления и учёта особенностей относительной селективности промысла для различных поколений, что позволяет сделать модель TISVPA, в рамках модели TASACS так и не была реализована из-за технических трудностей. В этой связи модель TISVPA продолжила использоваться Рабочей группой для анализа имеющихся данных в качестве вспомогательной модели.

Начиная с 2016 г. для оценки запаса норвежской весенне-нерестующей сельди стала применяться модель XSAM (Aanes, 2016), относящаяся к так называемым «моделям пространства состояний». Модель XSAM можно рассмае

тривать как модификацию широко применяемой в рамках ИКЕС модели SAM (Nielsen, Berg, 2014). Модификация заключается в том, что стандартные ошибки для всех входных данных определяются заранее на основании разброса во входных данных. Автор модели XSAM считал, что подобная модификация позволяет улучшить ситуацию со сложной структурой остатков модели для таких запасов, как сельдь, для которых свойственен огромный разброс в численности различных поколений. Однако, по всей видимости, это не сняло всех проблем, поскольку при переходе на расчеты по модели XSAM пришлось существенно урезать использовавшиеся ранее массивы информации, так как иначе модель «шла вразнос». При этом модели TISVPA и TASACS продолжили применяться в качестве вспомогательных, поскольку эти модели успешно справляются и с «полными» данными.

В итоге в угоду применимости модели XSAM Рабочая группа в 2016 г. исключила большую часть из имеющихся восьми видов съёмок, а также «отрезала» старшие (старше 12) возрастные группы в данных по возрастному составу уловов. Для сельди, по нашему мнению, это весьма опасно, поскольку способно значительно исказить результаты, т.к. многочисленные поколения массово встречаются в уловах и съёмках и в более старших возрастах. Также выброшены были и данные по уловам и съёмкам для возрастных групп младше 3. Это несколько снизило разброс в текущих оценках, однако резко снизило прогностические возможности, поскольку численность грядущего пополнения оказывается по модели не оцененной. В конечном итоге рабочая группа вернула в расчёты возрастную группу 2, что, по нашему мнению, также недостаточно, поскольку ранее в расчёты успешно

включались группы 0 и 1. Отметим, что на рабочей группе российская делегация резко выступила против таких «обрезаний», представив результаты расчётов по модели TISVPA, показывающие, что при использовании подходов робастной статистики большая часть имеющихся данных дает уверенную и однозначную информацию о состоянии запаса при работе с максимально широким возрастным диапазоном: 0–15+, обеспеченным информацией. Возражениям со стороны российской делегации подверглась также идея перейти от взвешенной по численности оценки средней промысловой смертности к простой средней. Российская делегация напомнила, что для таких запасов, как сельдь, характеризующихся огромной разницей в численности поколений, взвешенная по численности оценка средней промысловой смертности гораздо лучше характеризует промысловую нагрузку. Намерение рабочей группы перейти к простой средней было обусловлено практически исключительно техническими сложностями использования взвешенной средней в рамках программной реализации модели XSAM. Однако позднее удалось доказать важность использования взвешенной по численности средней промысловой смертности и в настоящее время в расчётах используется именно эта величина.

Возможность изменений во времени относительной селективности промысла в модели XSAM обеспечивается тем, что эта величина моделируется как многомерный авторегрессионный процесс 1-го порядка.

В настоящее время модель XSAM остается основным расчётным методом для норвежской весенне-нерестующей сельди, поскольку это согласуется с применением модели SAM для оценки подавляющего большинства других объектов

в рамках ИКЕС. Модель TISVPA применяется в качестве вспомогательной модели для анализа, поскольку обладает достаточной гибкостью для описания изменений в селективности, используя при этом значительно меньшее число параметров по сравнению с другими гибкими моделями (Method, 2013).

Оценки биомассы нерестового запаса (SSB), полученные по моделям XSAM и TISVPA на рабочей группе

ИКЕС по широко распределенным запасам в 2021 г., представлены на рисунке 7. Оценка SSB для 2021 г. по модели TISVPA оказалась заметно выше, чем по модели XSAM, и превзошла 5 млн т. Как можно видеть из рисунка 8, это обусловлено, главным образом, более высокой оценкой численности поколения 2016 г.р. Отметим при этом, что как модель XSAM (рис. 9а), так и TISVPA (рис. 9б) выявили связанные с положе-

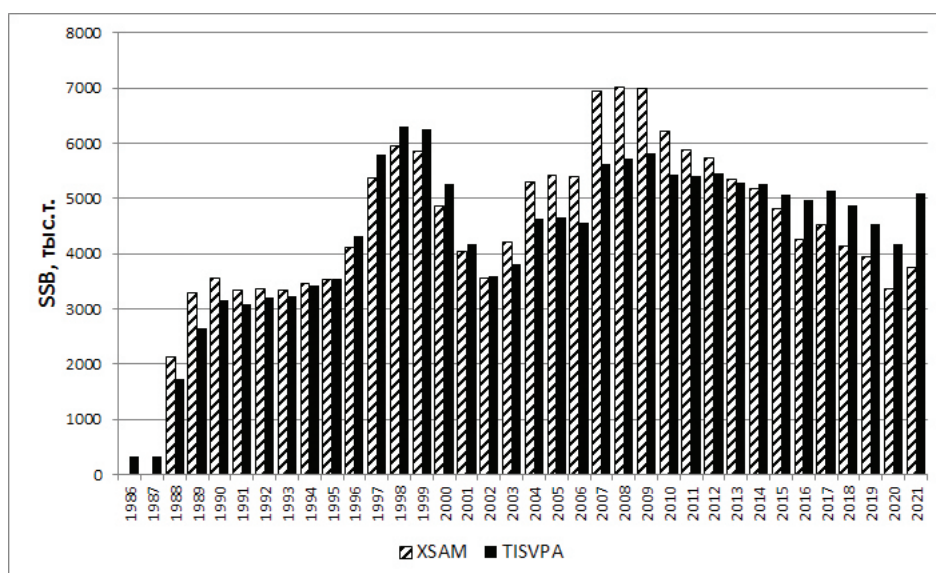


Рис. 7. Оценки биомассы нерестового запаса по моделям XSAM и TISVPA.

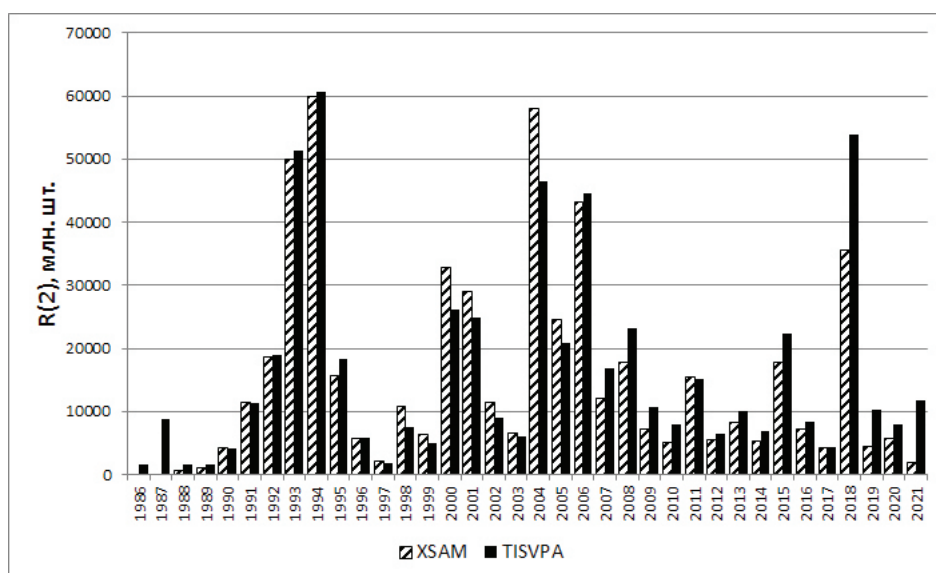


Рис. 8. Оценки численности в возрасте 2 года по моделям XSAM и TISVPA.

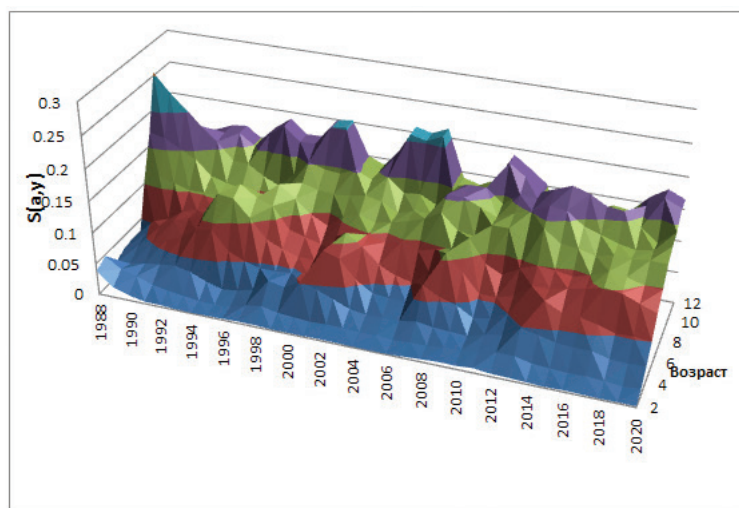


Рис. 9а. Оценки относительной селективности промысла $S(a, y)$, полученные по модели XSAM.

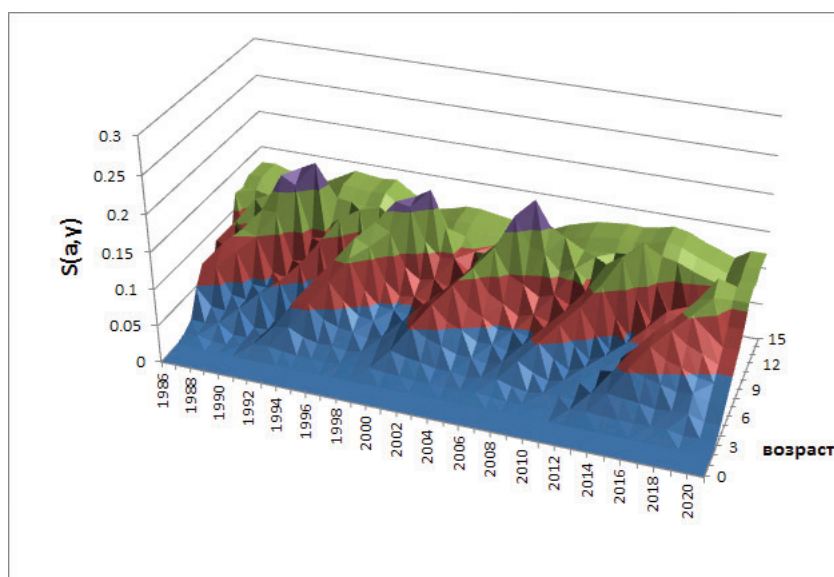


Рис. 9б. Оценки относительной селективности промысла $S(a, y)$, полученные по модели TISVPA.

ниями отличия в оценках относительной селективности промысла $S(a, y)$, однако по модели TISVPA они выглядят более регулярными.

ВЫВОДЫ

Анализируя динамику популяции атлантическо-скандинавской сельди можно прийти к выводу, что в основе этого процесса лежат скачки урожайности годовых классов. Волнообразные изменения численности разных поко-

лений сельди из года в год происходили даже при незначительном промысле этого вида или полном его прекращении. Стабильность запаса в периоды отсутствия урожайных по численности поколений сохраняется только за счёт разновозрастной структуры популяции. Особенности динамики численности заметно осложняют модельный анализ этого запаса, что привело к появлению моделей, свойства которых были

специально ориентированы на учёт его специфических свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бенко Ю.К. Об оптимальном режиме эксплуатации стада атлантическо-скандинавской сельди // Труды ПИНРО. 1973. Вып. 33. С. 299–325.
- Бенко Ю.К., Селиверстов А.С. О влиянии некоторых факторов на урожайность поколений атлантическо-скандинавской сельди // Труды ПИНРО. 1969. Вып. 25. С. 5–23.
- Бенко Ю.К., Селиверстов А.С., Зиланов В.К. О втором районе зимовки и массовом нересте сельди в районе Лофотенского мелководья // Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. 1966. Вып. 7. С. 19–26.
- Болдовский Г.В. Питание мурманской сельди в губах // Труды ПИНРО. 1938. Вып. 1. С. 102–119.
- Болдовский Г.В. Пища и питание сельдей Баренцева моря // Труды ПИНРО. 1941. Вып. 7. С. 219–286.
- Крысов А.И. Динамика численности атлантическо-скандинавской (норвежской весенне-нерестующей) сельди (*Clupea harengus harengus* L.) в раннем онтогенезе: Автореф. дис. канд. биол. наук. 2000. М. 22 с.
- Крысов А.И. Роль неполовозрелой атлантическо-скандинавской сельди Баренцева моря в формировании численности популяции // Отчет о НИР. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. 25 с.
- Крысов А.И. Атлантическо-скандинавская сельдь: биология и промысел. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2008. 189 с.
- Лямин К.А. Биологическая характеристика и плодовитость весенне-нерестующей сельди (*Clupea harengus harengus* L.) в Норвежском море // Труды ПИНРО. 1966. Вып. 17. С. 147–191.
- Мантейфель Б.П. Краткая характеристика основных закономерностей в изменениях планктона Баренцева моря // Труды ПИНРО. 1938. Вып. 1. С. 134–148.
- Мантейфель Б.П. Планктон и сельдь в Баренцевом море // Труды ПИНРО. 1941. Вып. 7. С. 125–218.
- Марти Ю.Ю. Основные этапы жизненного цикла атлантическо-скандинавских сельдей // Труды ПИНРО. 1956. Вып. 9. С. 5–61.
- Марти Ю.Ю., Мартинсен Г.В. Проблемы формирования и использования биологической продукции Атлантического океана. М.: Пищевая пром-сть, 1969. 266 с.
- Марти Ю.Ю., Федоров С.С., Юданов И.Г. К оценке запасов атлантическо-скандинавских сельдей // Советские рыбохоз. исслед. в морях Европейского Севера. М.: Изд-во ВНИРО-ПИНРО. 1960. С. 399–404.
- Марти Ю.Ю., Юданов И.Г. Динамика численности, состояние запаса и перспективы промысла атлантическо-скандинавской сельди // Труды ПИНРО. 1962. Вып. 14. С. 151–181.
- Пашкова Т.Е., Селиверстова Е.И. Особенности распределения и роста атлантическо-скандинавской сельди в Баренцевом море в 1984–1986 гг. // Биология рыб в морях Европейского Севера: Сб. науч. тр. ПИНРО. Мурманск. 1988. С. 112–124.
- Рудакова В.А. Условия и основные закономерности откорма атлантическо-скандинавской сельди (*Clupea harengus harengus* L.) в Норвежском море (1951–1962 гг.) // Труды ПИНРО. 1966. Вып. 17. С. 5–54.
- Селиверстов А.С., Пенин В.В. Дрейф и смертность личинок сельди в районе Норвежского мелководья в марте-апреле 1969 г. // Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. 1974. Вып. 21. С. 101–108.
- Селиверстова Е.И. К вопросу определения численности баренцевоморской популяции поколения 1950 г. в промысловом стаде атлантическо-скандинавской сельди в Норвежском море (по материалам 1954–1958 гг.) // Труды ПИНРО. 1969. Вып. 25. С. 91–133.
- Селиверстова Е.И. Методы выделения баренцевоморских особей в популяции весенне-нерестующей атлантическо-скандинавской сельди и определение их численности // Труды ПИНРО. 1973. Вып. 33. С. 252–282.

Селиверстова Е.И. Эффективность нереста атлантическо-скандинавской сельди в 1973–1977, 1980 гг. // Биология и промысел пелагических рыб Северного бассейна: Сб. науч. тр. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 1983. С. 37–51.

Селиверстова Е.И. Рекомендации по рациональной эксплуатации стада атлантическо-скандинавской сельди. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 1990. 84 с.

Федоров С.С. Атлантическо-скандинавские сельди и их распределение. М.: ВНИРО, 1962. 62 с.

Хамре Й. Жизненный цикл и промысел норвежской весенненерестующей сельди // Биология и промысел норвежской весенне-нерестующей сельди и путассу Северо-Восточной Атлантики. Сб. докл. 4-го сов.-норв. Симп. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 1990. С. 5–60.

Шутова-Корж И.В. Особенности распределения, роста и созревания сельдей отдельных поколений в Баренцевом море // Советские рыбохоз. исслед. в морях Европейского Севера. М.: Изд-во ВНИРО-ПИНРО. 1960. С. 361–369.

Шутова-Корж И.В. Основные итоги изучения мурманской сельди за период 1947–1960 гг. // Труды ПИНРО. 1962. Вып. 14. С. 81–93.

Юданов И.Г. Советские исследования нерестилищ атлантическо-скандинавских сельдей // Советские рыбохоз. исслед. в морях Европейского Севера. М.: Изд-во ВНИРО-ПИНРО. 1960. С. 309–326.

Dragesund O., Jakobsson J. Stock strengths and rates of mortality of Norwegian spring spawners as indicated by tagging experiments in Icelandic waters // Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer. 1963. Vol. 154. P. 83–90.

Юданов И.Г. Урожайность атлантическо-скандинавской сельди в зависимости от вековых климатических изменений // Материалы рыбохоз. исслед. Сев. Бас. 1964. Вып. 4. С. 9–13.

Aanes S.A. Statistical model for estimating fish stock parameters accounting for errors in data: Applications to data for Norwegian Spring-spawning herring, WD4 in ICES. 2016. //

Report of the Benchmark Workshop on Pelagic stocks (WKPELA), 29 February–4 March 2016, ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2016/ACOM: 34. 2016. 106pp.

Dragesund O., Jakobsson J. Stock strengths and rates of mortality of Norwegian spring spawners as indicated by tagging experiments in Icelandic waters // Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer. 1963. Vol. 154. P. 83–90.

Dragesund O., Jakobsson J. Stock strengths and rates of mortality of Norwegian spring spawners as indicated by tagging experiments in Icelandic waters // Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer. 1963. Vol. 154. P. 83–90.

Dragesund O. Factors influencing year-class strength of Norwegian spring spawning (*Clupea harengus* Linne) // FiskDir. Skr. ser. HavUnders. 1970. V. 15. P. 381–450.

Dragesund O., Ulltang O. Stock size fluctuations and rate of exploration of the Norwegian spring spawning herring, 1950–1974 // ICES CM. H: 47. 1975. 27 pp.

Hjort J. Fluctuation in the great fisheries in Northern Europe viewed in the light of biological research // Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer. V. 20. 1914. P. 1–128.

Johansen A.C. On the large spring-spawning sea herring (*Clupea harengus* L.) in the North-West European waters. // Medd. Komm. HavUndersog. Ser. Fisk. 1919. V. 5 (8). P. 1–56.

ICES. ICES WGWIDE Rreport 2008. Annex 2: TASACS: A Toolbox for Age-structured Stock Assessment using Catch and Survey data. 2008. pp 655–673

Lea E. A study on the growth of herrings // Publications de Circonstance. 1911. P. 35–50.

Lea E. Mortality in the tribe of Norwegian herring // Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer. 1914. V. 65. P. 100–117.

Lea E. The oceanic stage in the life history of the Norwegian herring // J. Conseil. 1929. V. 4. № 1. P. 3–42.

Loberg O.N. Norges fiskerier (In Norwegian) // Kristiania. 1864

Marty Y., Fedorov S. Features of the population dynamics of Marine Herring as seen from

the Atlanta-Scandian stock // Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer. 1963. V. 154. P. 91–97.

Method R.D. A Generalized Assessment Model to Obtain Consistent Management Advice from Diverse Data. World Conference on Stock Assessment Methods, Boston, MA, USA, 2013. Pp. 103–113.

Nielsen, A., and Berg, C.W. Estimation of time-varying selectivity in stock assessments using state-space models. Fish. Res. 2014. 158: 96–101.

Ottestad P. Statistical analysis of the Norwegian herring population // Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer. 1934. V. 88. 44 p.

Røttingen I., Tjelmeland S. Evaluation of the absolute levels of acoustic estimates of the 1983 year class of Norwegian spring spawning herring. S ICES Jo. of Marine Science. 2003. V. 60. P. 480–485.

Runnstrom S. The pelagic distribution of the herring larvae in the Norwegian waters // Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer. 1934. V. 88. P. 6.

Runnstrom S. A study on the life history and migrations of the Norwegian spring herring based

on the analysis of the winter rings and summer zones of the scale // FiskDir. Ski. ser. HavUnders. 1936. V.5. № 2. P. 55–102.

Seliverstova E.I. The relationship between the growth and maturity rates of the Atlantic-Scandian herring and structure of their year classes // ICES CM /H:8. 1977. 39 p.

Tjelmeland S. SeaStar documentation. www.ices.dk/reports/acfm/2004/wgnpbw/seastar.pdf. 2004. 36 pp.

Tjelmeland, S. and Lindstrøm, An ecosystem element added to the assessment of Norwegian spring spawning herring: implementing predation by minke whales. ICES Journal of Marine Science, 2005. V. 62. P. 285–294.

Vasilyev D. Key aspects of robust fish stock assessment. M: VNIRO Publishing, 2005. 105 p.

Vasilyev D. Change in catchability caused by year class peculiarities: how stock assessment based on separable cohort models is able to take it into account? (Some illustrations for triple-separable case of the ISVPA model – TISVPA). ICES CM 2006/O:18. 2006. 35 p.

BIOLOGY OF COMMERCIAL HYDROBIONTS

**PECULIARITIES OF BIOLOGY AND STOCK ASSESSMENT
SPRING SPAWNING (ATLANTIC-SCANDINAVIAN)
HERRING IN THE PRESENT PERIOD**

© 2022 г. О.А. Bulatov¹, D.A. Vasilyev¹, A.I. Krysov², M.O. Rybakov²

¹*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO),
Moscow, 107140*

²*Polar branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries
and Oceanography (PINRO), Murmansk, 183038*

Information on the distribution, migrations, stock status of the Norwegian spring-spawning herring is presented. The features of the models used to assess the state of its stock are considered.

Keywords: herring, *Clupea harengus*, distribution, migration, stock status.