

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ КОЛЕБАНИЙ ЧИСЛЕННОСТИ БЕЛОМОРСКОЙ СЕЛЬДИ

О. А. АЗЕРНИКОВА

Современное состояние беломорского сельдяного промысла настоятельно требует изучения его сырьевых ресурсов. Несмотря на усиление технической оснащённости промысла, уловы беломорской сельди за последние десятилетия остаются неустойчивыми.

Многие авторы склонны считать падение запасов беломорской сельди следствием интенсивного весеннего промысла (Алтухов, 1963; Марти, 1956). Однако, как указывает В. В. Кузнецов (1960), современное падение уловов не составляет исключения в истории беломорского сельдяного промысла.

По литературным источникам В. В. Кузнецовым были установлены на протяжении двух веков четыре периода депрессий, подобных современной. Недавно это подтвердил и И. И. Николаев (1963), обнаруживший в запасах сельдей Баренцева, Белого и Балтийского морей синхронное чередование «продуктивных» периодов.

Оба автора считают, что причина цикличности в колебаниях запасов сельди лежит в изменчивости физико-географических условий. Так, В. В. Кузнецовым (1960) было установлено, а позднее подтверждено И. И. Николаевым (1963), что малопродуктивные периоды совпадают с периодами общего потепления на севере. Ранее подобное предположение было выдвинуто Н. А. Дмитриевым (1946). Причины этой связи пока неясны и объясняются различными авторами по-разному. При этом указанная связь относится не к численности отдельных поколений, а скорее к частоте появления урожайных и неурожайных поколений. Что касается численности отдельных поколений, то здесь эта связь теряет силу.

Г. К. Ижевский (1961) нашел, что, как и у многих других рыб, урожайность беломорской сельди повышается с увеличением материкового стока. На основе найденной связи автором был предложен способ прогноза уловов сельди.

Этими работами в сущности и исчерпываются исследования в многолетнем аспекте физико-географических факторов колебаний численности беломорской сельди. Между тем условия, определяющие выживаемость беломорской сельди (а следовательно, и ее урожайность), могут быть очень разнообразны, и вопрос этот требует дальнейшей разработки.

Прибрежная зона Белого моря, с которой наиболее тесно связано

воспроизводство сельди, отличается исключительно суровым и изменчивым гидрологическим режимом.

Штормовые выбросы и массовая гибель икры при этом — явление довольно обычное (Кудерский и Эрастова, 1960; Алтухов, 1963).

А. П. Вильсон (1957) указывает, что понижение уровня воды в Кандалакшском заливе на 0,5 м может привести к массовому обсыханию икры сельди. Между тем непериодические колебания уровня в Кандалакшском заливе достигают 0,8 м.

Как известно, важнейшим условием выживания рыб является обеспеченность кормом на ранних стадиях развития. Обеспеченность кормом молоди беломорской сельди почти не изучена. Л. М. Эпштейн (1957), изучая питание онежской сельди, сделала заключение о благополучном состоянии кормовой базы для молоди в этом районе, но ограниченность материала не позволяет решить этот вопрос окончательно.

Общее количество зоопланктона, служащего пищей молоди беломорской сельди (калянус, копеподы, мизиды и др.) достаточно велико: биомасса зоопланктона во многих районах Белого моря больше, чем в Баренцевом море (Камшилов, 1953; Перцова, 1962). Однако некоторые косвенные обстоятельства указывают на ограниченность кормовой базы беломорской сельди. Как показала А. А. Михайловская (1957), многочисленные поколения онежской сельди растут значительно медленнее малочисленных. Вполне вероятно, что в отдельные годы численность зоопланктона или сроки его развития не удовлетворяют потребности в пище беломорской сельди.

Как установлено исследованиями, численность фито- и зоопланктона и время его развития определяются содержанием биогенов в воде, температурой воды и количеством света (Лисивненко, 1962; Павштик и Рудаков, 1962). Такое чисто биотическое условие, как наличие корма, сводится в значительной степени к гидрометеорологическим особенностям года.

Наконец, такие физические факторы, как температура воды и освещенность, непосредственно определяют темпы развития икры, личинок и молоди сельди, а часто и выживаемость.

Мы попытались определить с помощью статистической обработки, с какими из элементов среды численность беломорской сельди обнаруживает наиболее тесные связи. Для этого были использованы данные по промысловой статистике, по возрастному составу сельди и многолетние гидрометеорологические наблюдения на Белом море.

До настоящего времени большинство исследователей считает, что беломорские сельди образуют несколько локальных стад, весь жизненный цикл которых проходит в пределах одного района или залива (Дмитриев, 1946). Недавно Ю. Е. Лапиным (1962) была высказана иная точка зрения на образ жизни беломорских сельдей, впоследствии поддержанная коллективом авторов (Лапин, Анохина, Богданов, Загородняя и Чепракова, 1963; Надежин, 1963). Новой концепцией беломорские сельди рассматриваются как временные подвижные сообщества, группирующиеся по биологическим признакам и посещающие тот или иной район моря в зависимости от возрастных потребностей.

Принимая обе гипотезы равновероятными, мы тем не менее вынуждены исходить из предположения о более или менее устойчивой локализации сельдей. Эта необходимость вызывается тем, что сроки и абиотические условия размножения сельдей в разных районах Белого моря существенно различаются. Интенсивность таких природных процессов, как волнение, колебания уровня моря, объема материкового

стока, может быть разной в различных районах моря в одно и то же время. Поэтому мы приняли, согласно первой точке зрения, что в данном районе моря вылавливается в большинстве своем та сельдь, которая здесь же и родилась.

Были рассмотрены колебания численности отдельных поколений мелких кандалакшских, онежских и двинских сельдей, составляющих основу беломорского сельдяного промысла. Рассматриваемый период охватывает последние три десятилетия в соответствии с наличием и надежностью имеющихся материалов.

Относительная численность кандалакшской сельди до 1950 г., до введения запретов, принята по А. П. Вильсон (1957), а позднее — по данным Б. М. Тамбовцева. Численность кандалакшской сельди в весовом выражении (в ц) рассчитана по тем же источникам.

Численность онежской сельди рассчитана по уловам на Карельском берегу Белого моря и по возрастному составу уловов, который приводится в работе Б. М. Тамбовцева (1957) и в отчетах Карельского Госрыбвода. Численность сельди в Двинском заливе определена по вылову в Приморском и Беломорском районах и по данным о возрасте сельди, приведенным в работе Б. М. Тамбовцева (1957) и в отчетах Севгосрыбвода. При отсутствии данных по возрасту двинской сельди были использованы его средние многолетние значения.

Относительная численность беломорской сельди (в тыс. ц) приведена в таблице.

Таблица

Год рождения поколения	Двинский залив	Онежский залив	Кандалакшский залив	Год рождения поколения	Двинский залив	Онежский залив	Кандалакшский залив
1936	5,1	9,7	2,2	1947	6,0	6,6	0,1
1937	7,3	9,9	1,2	1948	5,3	17,9	3,9
1938	11,8	2,9	0,2	1949	2,3	3,5	0,01
1939	8,0	10,8	0,1	1950	3,8	7,8	0,4
1940	7,4	8,1	0,3	1951	4,7	8,5	0,3
1941	5,2	7,2	0,4	1952	8,1	6,0	0,2
1942	0,7	6,8	2,3	1953	8,2	8,6	2,3
1943	11,6	20,9	5,6	1954	6,0	2,8	0,01
1944	6,8	5,7	0,02	1955	4,4	—	0,01
1945	1,0	7,4	0,1	1956	2,3	—	0,01
1946	7,0	17,7	0,8	1957	—	—	0,6

Прежде чем приступить к описанию полученных связей, следует остановиться на некоторых особенностях воспроизводства сельдей в разных районах Белого моря.

Беломорская сельдь, как известно, относится к весеннерестующим рыбам, однако сроки ее нереста в разных заливах существенно различаются. В самые ранние сроки нерест происходит в Кандалакшском заливе. Разгар нереста здесь обычно падает на конец апреля — начало мая. Размножение кандалакшской сельди начинается при исключительно низкой температуре воды — от  $-0,6^{\circ}\text{C}$  до  $+0,5^{\circ}\text{C}$  — и в широком диапазоне солености (как и во всех других районах) — от 7 до 27‰. Основные нерестилища в Кандалакшском заливе расположены по его западному побережью, характерному изрезанностью береговой линии, обилием губ и островов (губы Княжая,



Жемчужная, Валас-ручей, Чупа и др.). Икрометание происходит на глубинах 0,5—5,0 м.

Продолжительность развития икры мелкой кандалакшской сельди достигает 55 дней и является наибольшей среди всех известных сельдей (Вильсон, 1957; Алтухов, 1963).

В Онежском заливе сельдь нерестует в мае—июне при температуре воды 5°С и выше. Нерестилища сосредоточены в мелководной части залива, на береговых отмелях и вокруг примыкающих к ним островов, на глубинах от 2 до 5 м. Обширные площади нерестилищ расположены в районе Нюхчи, у островов Рис-Луды, Мильдау, Ропаки, Горелки, а также в Сорокской губе и в предустьевых пространствах Выга и Онеги. Личинки онежской сельди выклеваются уже на седьмой-восьмой день (Михайловская, 1957; Казанова, 1957).

Размножение сельди в Двинском заливе происходит позднее, чем в Кандалакшском и Онежском: в конце мая—июне, при температуре воды 7—14°С и солености от 6‰ до 25‰. Нерестилища двинской сельди расположены в предустьевом пространстве Северной Двины, а также на мелководьях у Зимнего и Летнего берегов Двинского залива (Дмитриев, 1946; Кузнецов, 1960). Нерестилища в Двинском заливе открыты и подвержены воздействию волн более, чем в других районах Белого моря.

О величине площадей нерестилищ сельди сведений почти нет. Лишь по данным Алтухова (1963) в Кандалакшском заливе нерестилища сельди в 50-х годах занимали около 5 га.

Если судить по вылову, то в Кандалакшском заливе размножается наименьшая популяция сельди. В Двинском заливе вылавливают приблизительно в два раза больше, а в Онежском — в три раза больше сельди, чем в Кандалакшском заливе.

В июне и июле молодь и взрослые особи сельди придерживаются береговой зоны. В августе они отходят в более открытые районы моря, но с наступлением холодов возвращаются. Зимуют беломорские сельди, как принято считать, в прибрежной зоне, отепляемой материковыми водами. Лишь в Кандалакшском заливе сельдь на зиму опускается в теплый промежуточный слой, на глубину 20—40 м. В связи с этим следует заметить, что теплый промежуточный слой существует осенью и зимой во многих районах Белого моря, в том числе в Центральном бассейне и в Двинском заливе. Температура воды в теплой прослойке, как было установлено единственной зимней экспедицией (г/с «Таймыр», 1934 г.), местами заметно выше, чем у прибрежных вод, и на «полюсе тепла», в центральной части Бассейна, достигает в конце зимы —0,26°С. Не исключена вероятность, что в Белом море существуют еще неизвестные нам районы осенне-зимних концентраций сельди в теплом промежуточном слое, которые могут быть использованы промыслом.

Вернемся к вопросу об изменчивости запасов беломорской сельди в зависимости от абиотических факторов. Для анализа были выбраны те из них, которые могут прямо или косвенно определять эффективность воспроизводства сельди на ранних стадиях ее развития (учитывая, что численность большинства рыб определяется выживаемостью икры и поколения в первый год его жизни). Исходя из этого, были сопоставлены численность отдельных поколений сельди в трех районах моря и ряд элементов гидрометеорологического режима в соответствующем районе в год рождения поколения (колебания уровня моря, термический режим, условия освещенности и объем материкового стока).

**Колебания уровня моря.** Уровень моря у берегов рассматривается в данном случае не только как самостоятельный фактор, но и как интегральная характеристика динамики прибрежных вод, в том числе интенсивности волн и течений. Как известно, непериодические колебания уровня моря в мелководных районах при больших скоростях ветра обуславливаются, главным образом, волнами (стоксово течение). Различные колебания уровня моря играют большую роль в процессе воспроизводства рыб, размножающихся в прибрежной зоне. Аномально высокий уровень воды у берега в нерестовый период является показателем неблагоприятных условий для воспроизводства сельди по многим причинам. Повышение уровня образуют ветровой и волновой нагон при шторме. Если же период нереста совпадает с длительными штормами, сельдь вынужденно откладывает икру вдали от берегов, в неблагоприятных термических и кислородных условиях, при отсутствии подходящего субстрата. В том случае, когда период штормов наступает после нереста, икра и личинки оказываются под угрозой выброса на берег или за пределы благоприятной зоны. Если же повышение уровня моря вызвано не штормами, а сейшевыми явлениями и сопровождается спокойной погодой, то сельдь, откладывая икру близ береговой черты, также обрекает ее на гибель, так как за сейшевым повышением уровня последует длительное его понижение и икра обсохнет.

Аномально низкий уровень указывает на наличие сейшевых колебаний или ветрового сгона, т. е. на вероятность обсыхания и массовой гибели икры сельди.

Таким образом, в нерестовых районах годы со значительными отклонениями уровня моря от среднего, нормального значения едва ли благоприятны для нереста и развития икры и личинок сельди. (В данном случае речь идет в основном о длительных непериодических изменениях уровня. Однако могут иметь значение и приливо-отливные колебания уровней, точнее, их месячные и годовые неравенства, определяющие разный размах колебаний уровня в период размножения сельди в разные годы).

Мы обнаружили, что в Двинском заливе все высокоурожайные поколения (1939, 1943, 1948, 1952 и 1953 гг.) образовались в годы, когда максимальный уровень моря в июне был близок к норме, т. е. к среднему многолетнему значению максимальных уровней. По водомерному посту в Северодвинске эти благоприятные уровни находятся в пределах 198—215 см над нулем Кронштадтского футштока.

В Онежском заливе диапазон благоприятных уровней еще более узок. Все многочисленные поколения сельди (1937, 1939, 1943 и 1948 гг.) появились при значениях максимальных уровней моря в июне 215—218 см при размахе колебаний от 193 до 249 см (пункт ГМС Разноволок).

Из-за отсутствия надежных наблюдений в мае—июне над уровнями в Кандалакшском заливе до 1947 г., возможно было использовать для сопоставления только несколько последних лет. В период с 1948 по 1957 г. оба урожайных поколения (1948 и 1953 гг.) появились также при средних значениях максимального уровня: 112—122 см, при многолетней изменчивости максимальных уровней от 88 до 147 см. (Для Кандалакшского залива приводятся условные значения уровня моря).

Из изложенного следует, что необходимым условием образования высокоурожайных поколений беломорской сельди является спокойное поведение прибрежных вод в нерестовых районах в период развития икры и личинок.

Это условие является необходимым, но далеко не достаточным.



Об этом свидетельствует тот факт, что и в благоприятных условиях динамического режима образовались неурожайные поколения сельди.

**Материковый сток.** Связь урожайности беломорской сельди с величиной речного стока была показана Г. К. Ижевским (1961).

Относительная величина речного стока в Белое море очень велика. Однако по некоторым причинам питательные соли, содержащиеся в речной воде, слабо используются беломорской фауной. В этом сказывается не только холодный климат моря, но и динамика его вод. Половину всех материковых вод приносит Северная Двина, но большая часть ее вод выносится из моря и лишь в незначительном объеме и с запозданием достигает его западных берегов (т. е. основных районов воспроизводства беломорской сельди). На восток отклоняется и значительная часть вод р. Онеги. Реки же западного побережья Белого моря доставляют всего 5% общего стока.

Роль речного стока, по-видимому, особенно важна в тех районах, где из-за высокой устойчивости вод верхние слои не обогащаются биогенами путем перемешивания. Онежский залив в этом отношении составляет исключение; вся толща его вод до дна перемешивается сильными приливно-отливными течениями. (Возможно, в этом и причина наибольшей численности онежских сельдей).

За показатель интенсивности материкового стока в Кандалакшском заливе мы приняли расходы воды р. Ковды, в Онежском заливе — суммарные расходы рек Кемь и Онега, в Двинском заливе — расходы Северной Двины.

Биогены, содержащиеся в речной воде, образуют кормовую базу сельди через промежуточные звенья, т. е. спустя некоторое время. Учитывая, что личинки беломорской сельди выклеваются в июне—июле, мы приняли за эффективный показатель стока сумму среднемесячных расходов в апреле и мае в год рождения сельди.

Анализ показал, что наиболее тесная связь между урожайностью сельди и стоком рек существует в Кандалакшском заливе. Здесь все урожайные поколения сельди образовались в годы, когда сумма среднемесячных расходов р. Ковды в апреле—мае была не ниже  $450 \text{ м}^3/\text{сек}$ . С уменьшением стока численность сельди резко понижалась.

В Онежском и Двинском заливах, при отсутствии тесной графической связи между численностью сельди и материковым стоком, высокоурожайные поколения сформировались тоже в условиях повышенной водности.

Сумма расходов Кеми и Онеги в высокоурожайные годы была не ниже  $2600 \text{ м}^3/\text{сек}$ , а Северной Двины — более  $1900 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

**Температура воды.** Температурные условия в Белом море наиболее суровы по сравнению с другими морями, где обитают сельди. Возможно, этот факт совместно с большой изменчивостью физических условий является причиной относительно низкой численности беломорских сельдей. Пониженная температура воды задерживает не только рост рыб, но и развитие кормовых организмов.

Температура воды в весенне-летние месяцы в поверхностном слое Белого моря значительно варьирует от года к году. Так, в Кандалакшском заливе на глубине 10 м среднемесячная температура воды в мае меняется от  $-1,2^\circ \text{C}$  до  $+2,6^\circ$ , в июне — от  $2$  до  $6^\circ$ , а в июле — от  $6$  до  $13^\circ \text{C}$ . Изменчивость термических условий не может не отражаться на жизненных процессах беломорских обитателей, и особенно сельди. Достаточно упомянуть, что период эмбрионального развития сельди в Кандалакшском заливе длится от 27 до 54 дней, в зависимости от термических условий года (Алтухов, 1963). Отсюда видно, что и выжи-

ваемость, а следовательно, и урожайность беломорской сельди находятся в прямой или косвенной зависимости от термического режима вод в вегетативный период.

Действительно, такая связь была выявлена. Для характеристики термических условий в период размножения сельди была выбрана температура воды на поверхности моря. Этот элемент измеряется регулярно и хорошо отражает тепловое состояние верхнего 10—20-метрового слоя воды, в котором протекают первые стадии жизни беломорской сельди.

Сведения о температуре воды в Двинском заливе взяты по ГМС «Северодвинск», в Онежском заливе — по ГМС «Разнаволоок», а в Кандалакшском заливе — по ГМС «Ковда». Все эти пункты расположены в непосредственной близости к районам размножения сельдей. В Двинском заливе зависимость между урожайностью сельди и температурой воды прямолинейна (рис. 1). Коэффициент корреляции между относительной численностью двинской сельди и средней температурой воды на поверхности за май—июль в год рождения поколения равен 0,74.

В Кандалакшском заливе рассматриваемая зависимость имеет криволинейный вид (рис. 2). Примечательно, что здесь все высокоурожайные поколения формируются лишь при максимальных из многолетних значений температурах воды. При температуре ниже максимальной все поколения были малоурожайными.

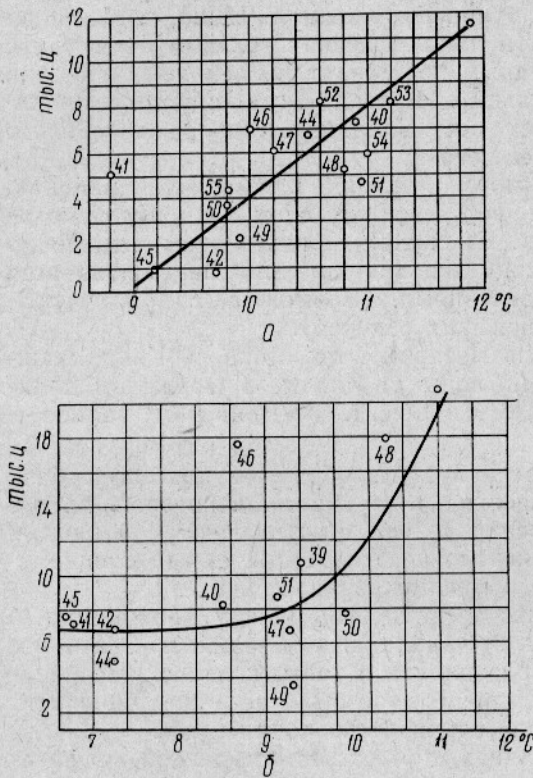


Рис. 1. Относительная численность беломорской сельди и температура воды за май—июль по ГМС «Северодвинск» в районах размножения:

а — Двинский залив; б — Онежский залив.

В Онежском заливе связь между температурой воды и численностью сельди носит как бы промежуточный характер между видом этой зависимости в Двинском заливе (прямолинейный) и в Кандалакшском (круто-криволинейный) (см. рис. 1). Она представляет собой пологую кривую. Однако при всех различиях в характере этих зависимостей ярко выражено то обстоятельство, что везде высокоурожайные поколения сельдей появляются только в самую теплую весну: средняя температура воды в мае—июле должна быть не ниже 9° С, а в Двинском заливе — выше 10° (при диапазоне многолетней изменчивости этой температуры от 6 до 12°).

**Освещенность.** Роль освещенности для биологических процессов в Белом море может быть очень значительной, учитывая, что повторяемость пасмурного неба здесь изменяется весной от 20 до 60% в разные годы.

Освещенность, как уже упоминалось, определяет не только интенсивность фотосинтеза, но и непосредственно влияет на развитие зоопланктона, составляющего кормовую базу рыб, а также на питание и рост молоди.

Исходя из этого, мы сочли полезным сопоставить численность поколений беломорской сельди с каким-либо показателем освещенности вод в весенне-летний период, в год ее рождения. В качестве показателя

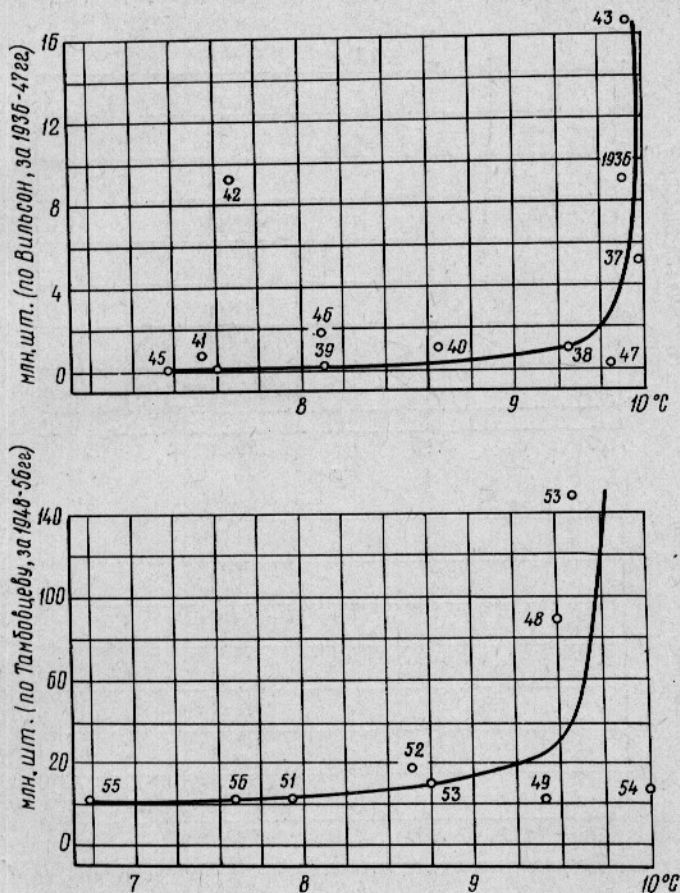


Рис. 2. Относительная численность кандалакшской сельди (Кандалакшский залив) и средняя температура воды за май—июль (р. Ковда).

освещенности была принята повторяемость пасмурного неба, т. е. число случаев, когда количество облаков нижнего яруса составляло более 8 баллов.

Оказалось, что в Кандалакшском заливе связь численности сельди с условиями освещенности (облачности) носит такой же характер, как и с температурой воды: все многочисленные поколения появились в годы с максимально чистым небом. Во всех иных случаях численность сельди была низкой и почти не обнаруживала связи с показателем освещенности (рис. 3).

В Онежском и Двинском заливах высокоурожайные поколения появились также в годы с максимально благоприятными по свету условиями.



Итак, графический и численный анализы колебаний урожайности беломорской сельди показывают, что во всех районах моря появление многочисленных поколений связано с исключительно теплой весной, обильным весенним стоком, отличной освещенностью и со средними, нормальными уровнями моря у берегов в районах нереста, что мы интерпретируем как спокойное поведение прибрежных вод в период нереста и развития личиной сельди (отсутствие штормов и сгонно-нагонных ветров).

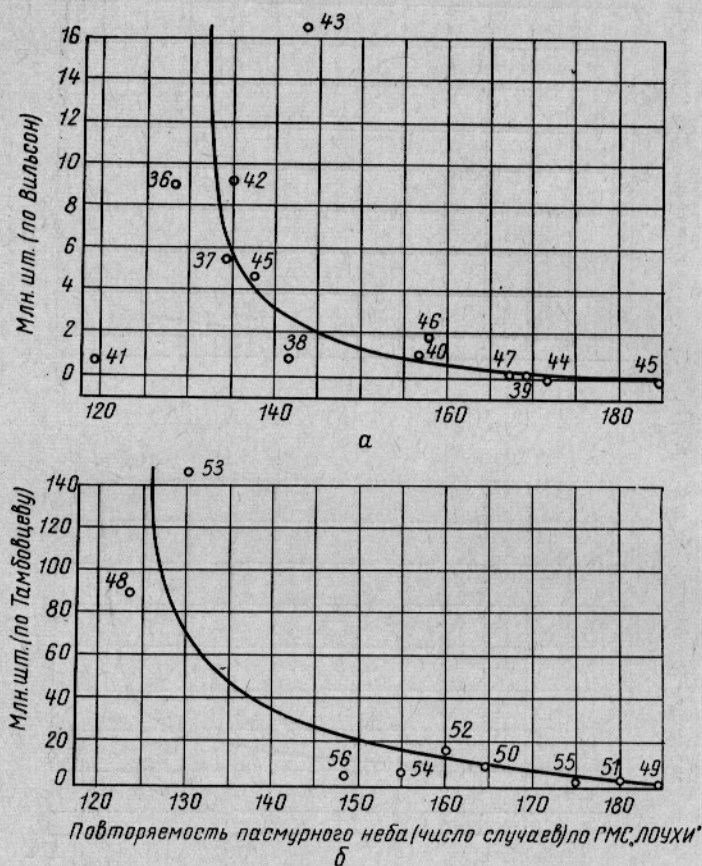


Рис. 3. Относительная численность сельди и условия облачности в Кандалакшском заливе:  
 а — 1936—1947 гг. рождения рыб; б — 1948—1956 гг.

На рис. 4 представлены колебания относительной численности кандалакшской сельди и гидрометеорологические характеристики, сопутствующие появлению данных поколений. Из рис. 4 видно, что урожайные поколения появляются лишь в годы с максимально благоприятными абиотическими условиями.

Из этого же рисунка видно, что урожай сельди никак не связан с количеством отложенной икры, а также наблюдается значительное подобие в изменении разных гидрометеорологических элементов между собой. Благоприятные условия, которые обеспечивают высокую степень выживаемости сельди, такие как ясное небо, безветрие, есть не что иное, как разные стороны весеннего антициклонального режима в атмосфере. Частые же шторма, пасмурное небо, затоки холода свей-

ственны циклоническому режиму. И хотя изменения отдельных элементов не всегда однозначны, следует помнить, что некоторые из полученных зависимостей могут иметь единую первооснову, а именно — тип атмосферной циркуляции. Иначе говоря, многие связи могут оказаться взаимозаменяемыми, а может быть, и заменены связью «численность сельди — тип атмосферной циркуляции», как результат такой, например, цепочки связей: высокая повторяемость циклонов весной → большая облачность, плохая инсоляция, сильные ветры (атмосферное звено) → низкая температура воды, плохая подводная освещенность, частые шторма (внутриводное физическое звено) → поздний нерест, механическое уничтожение икры, слабое развитие кормового планктона, замедленный рост личинок и молоди сельди и, как результат, низкая урожайность (биологическое звено).

Из-за большого количества промежуточных звеньев связь между крайними звеньями не может быть ярко выражена, но, по-видимому, она существует. Об этом свидетельствует заметное подобие в хронологии «эпох» атмосферной циркуляции (по А. А. Гирсу, 1957) и периодов продуктивности северо-европейских сельдей, в том числе и беломорской (по И. И. Николаеву, 1963), приведенное ниже.

Годы	Преобладающий тип атмосферной циркуляции	Годы	Оценка периода по продуктивности сельди
1929—1939	Восточный	1931—1942	Малопродуктивный
1940—1948	Меридиональный	1943—1951	Продуктивный
1949—1956	Восточный	1952—1958	Малопродуктивный

Таким образом, несмотря на множественность связей запаса сельди с физическими условиями ее воспроизводства, для прогноза численности достаточно воспользоваться лишь некоторыми из них как индикаторами режима моря.

Для прогностической оценки запаса сельди в отдельных районах Белого моря мы выбрали в качестве индикаторов по два элемента, с которыми урожай сельди в данном районе связан наиболее тесно. На основе этих связей были построены прогностические диаграммы. Каждая диаграмма — это своего рода «экологическое поле», на котором выделены области высокой, средней и низкой численности поколений сельди, в зависимости от условий, сопутствующих ее воспроизводству.

Рассмотрим построение такой диаграммы для двинской сельди. На рис. 5, а по вертикальной оси отложены значения средней температуры воды на поверхности за май—июль по ГМС «Северо-двинск».

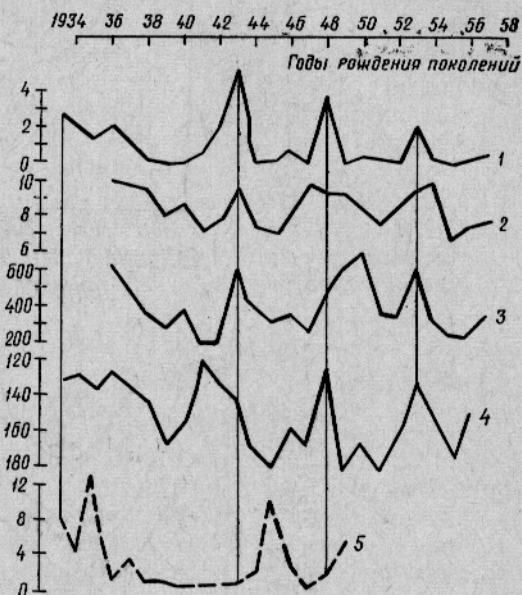


Рис. 4. Относительная численность кандалакшской сельди (в тыс. ц):

1 — температура воды °С в Кандалакшском заливе за май—июнь; 2, 3 — расход воды р. Ковды в апреле и мае; 4 — повторяемость пасмурного неба, число случаев; 5 — количество икры, из которой вывелись рыбы данного поколения, млрд. экз.

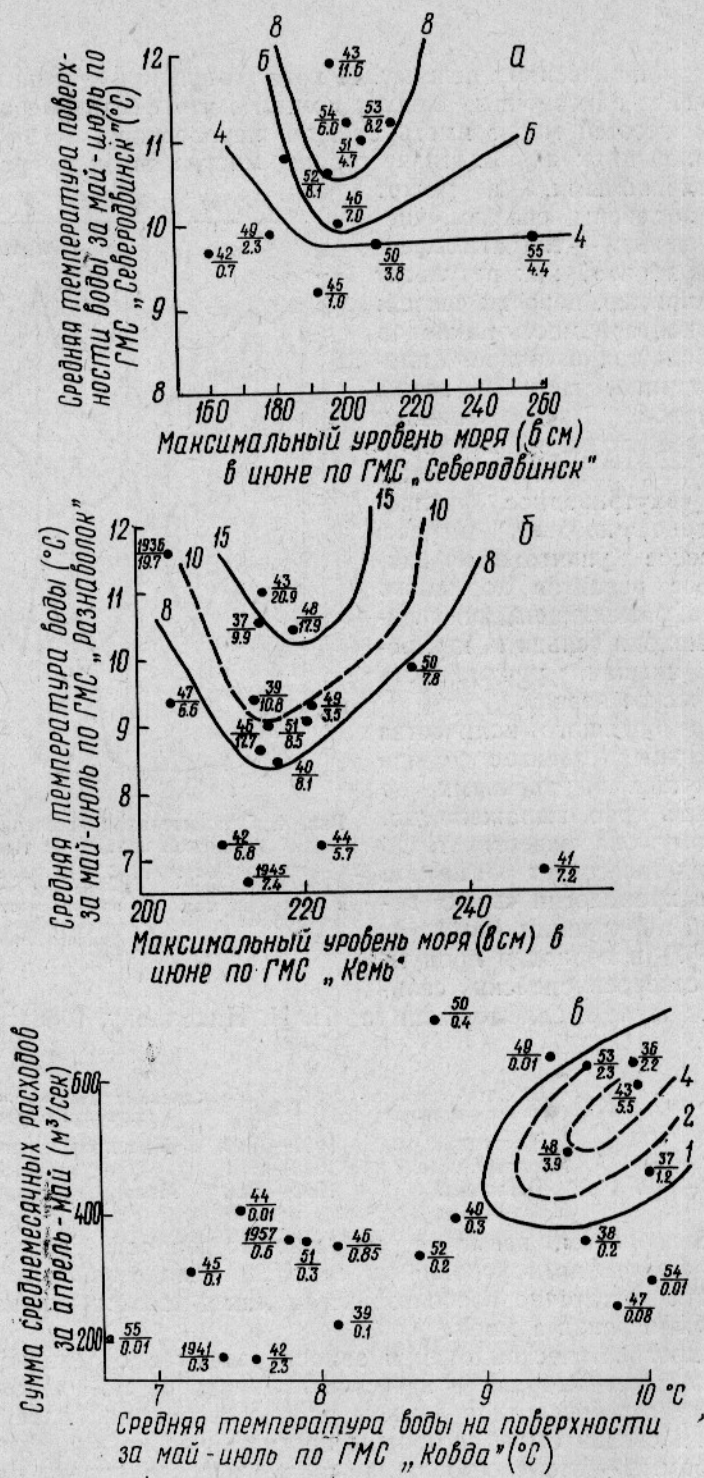


Рис. 5. Диаграммы численности беломорской сельди в Двинском заливе (а), в Онежском (б) и в Кандалакшском (в). В цифрах дробью в знаменателе указана численность поколений сельди в весовом выражении (в тыс. ц), а в числителе — последние две цифры — год рождения рыб данного поколения.



На горизонтальной оси отложены значения максимальных уровней моря в июне по этому же пункту. В каждой точке, найденной для данного года по этим двум координатам, указана численность поколений сельди, родившейся в этом году при данных гидрологических условиях. Поле, полученное из некоторого количества точек, интерполируется. Изолинии численности сельди отделяют «экологические области» возникновения разных по численности поколений. На диаграмме для двинской сельди выделены четыре градации относительной численности: ниже 4 тыс. ц, 4—6 тыс. ц, 6—8 тыс. ц и более 8 тыс. ц.

По тому же принципу построены диаграммы для Онежского и Кандалакшского заливов (см. рис. 5, б). В Онежском заливе аргументами для построения приняты, как и в Двинском, температура воды и уровень моря. В соответствии с более высокой общей численностью онежских сельдей высоко- и низкоурожайные поколения обозначены иными градациями.

Диаграмма для кандалакшской сельди построена по сумме среднемесячных расходов в апреле—мае р. Ковды и по температуре воды на поверхности в мае—июле по этому же пункту.

Таким образом, уже летом в год рождения поколения можно ориентировочно предсказать его будущую численность в уловах, зная лишь два гидрологических элемента, наблюдения над которыми ведутся регулярно на морских гидрометеостанциях и не требуют специально поставленных работ. В соответствии с возрастом промыслового изъятия беломорской сельди заблаговременность прогноза возможного улова составляет 2—4 года.

Обеспеченность прогнозов, рассчитанных по диаграммам для кандалакшской сельди, составляет по четырем градациям численности 96%, для Онежской сельди — 87%, для Двинской — 85%. Наиболее достоверной является оценка ожидаемых экстремальных по численности поколений, т. е. наибольших и наименьших. В средних градациях ошибки более вероятны.

Следует помнить, что диаграммы составлены для определенных условий промысла, без учета особенностей воспроизводства и вылова сельди в послезапретный период. Весенние, а в некоторых районах Белого моря и полные запреты на лов сельди за последние 5—10 лет несколько изменили структуру нерестовой популяции. Так, увеличился средний возраст сельди, а значит, в какой-то степени и ее воспроизводительная способность. В настоящее время значительный объем сведений по численности сельди в послезапретное время имеется только для Кандалакшского залива. Анализ этого материала пока не дает оснований для реконструкций диаграммы, построенной для прогноза «урожая» кандалакшской сельди: все данные в послезапретные годы (1948—1957 гг. рождения) укладываются в закономерности предыдущих лет (1936—1947 гг.). Вероятно, в новых условиях промысла воспроизводство сельди будет проходить на несколько ином уровне. Впрочем, если изменения и наступят, то они коснутся только абсолютных значений в градациях численности сельди на диаграммах. Относительная же оценка поколений в зависимости от условий среды (численность минимальная или максимальная) остается неизменной и для нового периода.

Все изложенное является описанием связей численности беломорских сельдей с гидрометеорологическими условиями моря, в основном в прибрежной зоне, где происходит размножение сельди.

Однако запасы беломорской сельди обнаруживают и хорошо выраженные связи с элементами гидрологического режима, характеризу-

ющими состояние всего моря в целом, а именно с весенней ледовитостью моря и с толщиной слоя теплых вод в вегетативный период.

**Глубина распространения теплых вод.** Глубина распространения теплых вод в Белом море весьма невелика и при этом характеризуется значительной изменчивостью. Даже в июне, когда море уже свободно ото льда, воды с температурой ниже  $0^{\circ}\text{C}$  залегают иногда у самой

поверхности, хотя в отдельные теплые годы распространяются до 50 м. В последующие летние месяцы положение нулевой изотермы тоже существенно меняется от года к году: от 26 до 75 м в июле и от 38 до 88 м в августе (по данным наблюдений в Кандалакшском заливе в районе больших глубин).

Распространение теплых вод по вертикали определяет такие важные для биологических процессов условия, как тепловое состояние фотоактивного слоя, ареал образования планктона и нагула рыб. Это определяет интенсивность развития кормовых организмов и условия откорма для рыб.

По-видимому, этим и объясняется тесная связь между численностью сельди в Кандалакшском заливе и толщиной слоя вод с температурой выше  $0^{\circ}\text{C}$  в год рождения данного поколения за июнь — август. Указанная связь характеризуется коэффициентом корреляции  $0,88 \pm 0,05$ .

Уравнение связи может быть применено для оценки урожайности сельди по данным о глубине распространения теплых вод в первое лето жизни сельди:

$$N_k = 0,23H_0 - 9,9,$$

где  $N_k$  — относительная численность конкретного поколения сельди в Кандалакшском заливе в весовом выражении (в тыс. ц);

$H_0$  — толщина слоя вод (в м) с температурой выше  $0^{\circ}\text{C}$  (средняя за июнь — август в год рождения сельди по данным рейдовых наблюдений в Кандалакшском заливе у Вольстрова).

Обеспеченность приведенного уравнения за 1940—1948 гг.<sup>1</sup> составляет 89%, при допустимой ошибке в 20% амплитуды колебаний относительной численности сельди. На рис. 6, а представлены фактические и рассчитанные значения относительной численности сельди в Кандалакшском заливе.

**Ледовитость.** Ледовые условия в море весной обуславливают интенсивность весеннего прогревания вод и их освещенность, т.е. по

<sup>1</sup> До 1940 г. в глубоководных наблюдениях существуют разрывы; после 1948 г. численность кандалакшской сельди определялась по вылову в иных условиях промысла (введение запретов).

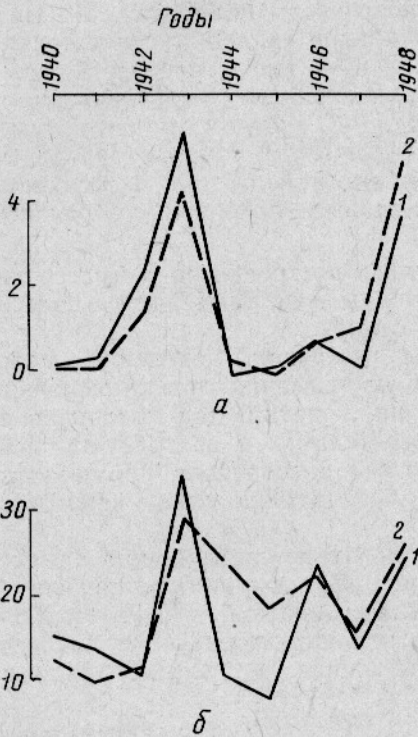


Рис. 6. Относительная численность сельди в Кандалакшском заливе (в тыс. ц) (а); общая относительная численность беломорской сельди (в тыс. ц) (б); 1 — фактическая; 2 — рассчитанная по данным о ледовитости.

существу определяют начало вегетативного периода. Изменения же продолжительности вегетативного периода, весьма короткого в условиях Белого моря, не может не отразиться на формировании биологической продукции. Достаточно учесть, что ледовый период на Белом море длится от 130 до 220 дней в разные годы, т. е. с разницей более чем на 50% от его средней продолжительности.

Связь общей численности беломорских сельдей с изменениями ледовитости близка к прямолинейной и характеризуется коэффициентом корреляции:  $0,72 \pm 0,10$ . Уравнение регрессии, основанное на этой связи, позволяет рассчитать «урожай» беломорской сельди в начале мая, т. е. еще до ее рождения:

$$N_B = 57 - 0,54D^{IV},$$

где  $N_B$  — общий показатель численности сельдей в Белом море, родившихся в конкретный год в Кандалакшском, Онежском и Двинском заливах, в весовом выражении (в тыс. ц);

$D^{IV}$  — ледовитость Белого моря в апреле (в % площади моря), рассчитанная по данным о количестве плавучего льда, наблюдаемого на ГМС (Терско-Орловский маяк, Городецкий маяк, Сосновец, Моржовец, Конушин, Шойна).

Обеспеченность уравнения при допустимой ошибке 20% амплитуды колебаний численности сельди составляет 78% (рис. 6, б).

Следует, однако, учесть, что приведенные уравнения требуют дальнейшего уточнения, так как они построены на небольшом количестве данных (всего за 9 лет). Необходимо принимать также во внимание и специфику гидрологического режима в прибрежной зоне моря, где происходит размножение сельдей. Поэтому для большей надежности прогнозов изменений запасов сельди следует применять все изложенные здесь способы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Алтухов М. М. Воздействие промысла на воспроизводство запасов сельди в Кандалакшском заливе. «Рыбное хозяйство», 1963, № 5.
- Алтухов М. М. Годовые изменения условий и эффективности нереста и их влияние на численность поколений беломорской сельди. Сб. «Проблемы использования промысловых ресурсов Белого моря и внутренних водоемов Карелии». Вып. 1, Изд-во АН СССР, 1963.
- Вильсон А. Н. Биология и промысел сельди Кандалакшского залива. Материалы по комплексному изучению Белого моря. Вып. 1, Изд-во АН СССР, 1957.
- Гирс А. А. Эпохальные преобразования атмосферной циркуляции и уровень Каспия. Известия АН СССР, серия географическая, № 1, 1957.
- Дмитриев Н. А. Биология и промысел сельди в Белом море. М., 1946.
- Ижевский Г. К. Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей. М., Пищепромиздат, 1961.
- Казанова И. И. Размножение мелкой онежской сельди в 1952 г. Материалы по комплексному изучению Белого моря. Вып. 1, Изд-во АН СССР, 1957.
- Камшилов М. М. Биомасса зоопланктона Белого моря. ДАН. Т. 92, № 5, 1953.
- Кудерский Л. А. и Эрастова В. М. Биологическая характеристика нерестовой сельди в районе Горелки. Вопросы ихтиологии. Вып. 15, 1960.
- Кузнецов В. В. Белое море и биологические особенности его фауны и флоры. Л., Изд-во АН СССР, 1960.
- Лапин Ю. Е. Особенности динамики численности сельди Двинского залива Белого моря. «Зоологический журнал». Т. 41. Вып. 2, 1962.
- Лапин Ю. Е., Анохина Л. А., Богданов Г. А., Завгородняя Н. Г. и Чепракова Ю. И. Об особенностях локализации сельди Белого моря. Проблемы использования промысловых ресурсов Белого моря и внутренних водоемов Карелии. Вып. 1, Изд-во АН СССР, 1963.
- Лисивненко Л. Н. Влияние факторов среды на выживание личинок салаки. Труды ВНИРО. Т. 42, 1962.



- Мартин Ю. Ю. Состояние запасов беломорских сельдей в Кандалакшском заливе. «Рыбное хозяйство», 1956, № 9.
- Михайловская А. А. Биология и промысел сельди Онежского залива. Материалы по комплексному изучению Белого моря. Вып. 1, Изд-во АН СССР, 1957.
- Надежин В. М. Значение течений в жизни беломорской сельди. Вопросы ихтиологии. Т. 3. Вып. 4 (29), 1963.
- Николаев И. И. О сходстве колебаний численности весеннерестующих сельдей Северо-Западной Европы. Проблемы использования промысловых ресурсов Белого моря и внутренних водоемов Карелии. Вып. № 1, Изд-во АН СССР, 1963.
- Павштикс Е. А. и Рудакова Б. А. К вопросу о многолетней изменчивости в развитии планктона и условиях откорма сельди в Норвежском море. Труды ПИНРО. Вып. 14, 1962.
- Перцова Н. М. Состав и динамика биомассы зоопланктона пролива Великая салма Белого моря. Труды Беломорской биологической станции. Т. 1. Изд-во МГУ, 1962.
- Тамбовцев Б. М. Биология и современное состояние промысла беломорской сельди. Материалы по комплексному изучению Белого моря. Вып. 1. Петрозаводск, 1957.
- Эпштейн Л. М. Зоопланктон Онежского залива и его значение в питании сельди и молоди рыб. Материалы по комплексному изучению Белого моря. Вып. 1. Петрозаводск, 1957.