

The required level of knowledge varies between fish species and the intensity of exploitation. This paper discusses three different cases of fish stock management in the Northeast Atlantic, the fishery for summer spawning herring off Iceland, the Iceland cod fishery and the pelagic redfish fishery in the Irminger Sea.

The local summer spawning herring stock has been managed by adopted long-term harvest strategy based on optimum harvest level ($F_{0.1}$), resulting in full recovery of the former depleted herring stock in the last 30 years and a resource that has given relatively stable yield, not sensitive to fluctuations in recruitment, operational factors or errors in assessment methods.

The Iceland cod stock has been subject for intensive harvest for more than half a century and still constitutes the single most important fish stock exploited and managed by Iceland. The fishery has been closely monitored and studied for decades and the last 10 years it has been managed according to a well defined and adopted long-term harvest strategy developed by biologists and economists in cooperation with fishing industry representatives. This has improved the management of the stock, while still stronger measures are needed to secure more rational utilization due to too heavy fishing pressure over a prolonged period of time and due to a greater uncertainty in the assessment of the stock than anticipated.

The international fishery for pelagic redfish in the Irminger Sea is an example of an international fishery where the knowledge base is still non-satisfactory despite considerable scientific efforts in recent years. Here answers to questions regarding stock identity and stock structure are inconclusive and knowledge on productivity is limited. This would have required a greater amount of precaution in the management than has been recognised. Thus the stock is left in jeopardy demonstrating a management failure due to shortage of knowledge and lack of responsiveness of responsible international management authorities.

The three examples discussed show how well founded biological knowledge of exploited fish stocks is important for successful management. It shows how moderately harvested fish stocks are far less vulnerable to over-harvest due to mismanagement or shortage of knowledge on critical aspects of the nature of the fish stock to be managed than overexploited fish stocks. And it shows how signals of over-harvest or shortcomings in knowledge need to be taken into account with precaution when determining management actions to be implemented.

**О.В. Титов, Ю.М. Лепесевич,
Н.А. Тарасов, А.П. Педченко**

ПИНРО, Мурманск, Россия

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ПЕРСПЕКТИВЫ РЫБОЛОВСТВА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ С НИМ АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ

Экосистема Баренцева моря находится на границе тёплых атлантических и холодных арктических вод, то есть в районе взаимодействия двух океанических систем. Такое географическое положение моря в значительной степени определяют климатические особенности бассейна, площадь ледового покрова и его границы, а также наличие протяжённых фронтальных зон. По мнению ряда ученых (Книпович, 1938; Зенкевич,

1963 и др.), именно благодаря взаимодействию арктических и бореальных вод экосистема Баренцева моря имеет высокий уровень биологической продуктивности и богата промысловыми биоресурсами (около 5 % всей мировой добычи морских и океанических рыб).

Последнее десятилетие, в целом, характеризуется устойчивым увеличением температуры воздуха над акваторией Баренцева моря и сопредельных с ним морей. Аналогичные процессы были отмечены в гидросфере, о чем свидетельствуют аномально высокие показатели теплосодержания вод Баренцева моря, зарегистрированные на вековом разрезе «Кольский меридиан» в 2000-2006 гг. Общее потепление в системе океан-атмосфера вызвало снижение площади ледового покрова на акватории моря.

Однако, схожая климатическая ситуация отмечалась и ранее. Предыдущий период потепления Арктики отмечался с конца XIX до 60-х годов XX века и затронул большинство районов Северной Атлантики от берегов Гренландии до Карского моря. Этот процесс сопровождался проникновением в арктические воды многих ранее не встречавшихся здесь теплолюбивых видов, отступлением характерных обитателей холодных вод, изменением качественного и количественного состава целых комплексов, смещением в северном и восточном направлениях районов промысла (Зенкевич, 1963). Наблюдалась активизация промысла трески и пикши у западного побережья Шпицбергена, у берегов Новой Земли стала встречаться сельдь, скумбрия, пикша, сайда. Появились предположения о возможном нересте у берегов Новой Земли трески и сайды. В Белом море отмечались пикша, сайда и морские окуни, в Карском – атлантическая сельдь и треска (Зенкевич, 1963).

Следует отметить, что продолжительность современного теплого периода меньше предыдущего, а значения климатического индекса в начале XXI века ниже, чем его экстремальные величины в 1930-1950 годах. Долгосрочные прогнозы, выполняемые в ПИНРО, пока не дают основания говорить о сохранении тенденции на потепление климата в ближайшее десятилетие. Тем не менее, уже сейчас имеется уникальная возможность исследовать происходящие изменения в экосистеме Баренцева моря и сопредельных с ним акваторий, а также подготовить возможные сценарии влияния климатических изменений на рыболовство.

Современные изменения климата уже влияют на биологические ресурсы Баренцева моря и сопредельных с ним акваторий. Наиболее заметные изменения происходят в географическом перераспределении промысловых объектов на акватории моря и обнаружении новых видов рыб, традиционно обитающих в теплых атлантических водах (Русяев, Шацкий, 2001; Смирнов и др. 2000; Педченко и др., 2006; Долгов, 2004; Лепсевич, 1999; Исследования ПИНРО..., 2004). На фоне потепления более активно проходит акклиматизация и расширение ареала камчатского краба.

Увеличение переноса тёплых вод в Баренцево море и уменьшение его ледовитости обуславливает увеличение общей биологической продуктивности (по нашим оценкам, увеличение продукции фитопланктона в Баренцева моря в 2006 году могло составить около 20 % от среднемноголетней). Это является благоприятной предпосылкой для более высокой выживаемости молоди бореальных рыб, увеличения в перспективе величины их запасов и ареалов и в конечном итоге предопределяет тенденцию на увеличение промысловой продуктивности Баренцева моря.

Процессы потепления моря могут иметь далеко идущие последствия не только для теплолюбивых видов. Известно, что личинки окуня-клювача и черного палтуса приспособились часть жизни проводить в суровых температурных условиях в высоких широтах Арктики, где влияние хищников незначительно, и имеют значительное пре-

имущество в выживании перед типично бореальными видами за счет низкой элиминации (Исследования ПИНРО..., 2004). Отмечаемое с середины 90-х годов XX столетия проникновение в Баренцево море путассу, а также смещение в северном направлении районов нагула трески может изменить эту ситуацию и повлиять на величину пополнения многих промысловых рыб, а также на численность традиционных объектов откорма других хищников – мойву и сайку.

Исследования последних лет, проведенные в ПИНРО (Titov, Ozhigin, Ivshin, 2006) показывают, что фронтальные зоны Баренцева моря оказывают большое влияние не только на распределение, но и на урожайность промысловых рыб. Следствием изменений цикличности климатических процессов последнего десятилетия стало то, что на фоне потепления климата контрасты между арктической и атлантической океаническими системами ослабевали, соответственно фронтальные зоны в Баренцевом море становились более «размытыми». Это фиксировалось при помощи расчётных параметров, основанных на данных экспедиционных наблюдений ПИНРО. В связи с этим, можно предполагать, что потепление климата могло оказать определённое отрицательное воздействие на урожайность таких важных промысловых видов как треска и мойва, ареалы обитания которых тесно связаны с фронтальными зонами.

Таким образом, уже сейчас следует переводить задачу изучения последствий климатических изменений из теоретической в практическую плоскость. По нашему мнению, одним из первых шагов, связанных с исследованием последствий глобального потепления на промысловые биоресурсы, может стать программа изучения промысловых биоресурсов на акватории Карского моря. Устойчивые климатические изменения могут привести к перестройке морских экосистем Баренцева, Белого и Карского морей, изменениям миграций и распределения промысловых объектов или к возникновению в обозримом будущем самостоятельных самовоспроизводящихся популяций. Также актуально провести исследование зависимости и взаимосвязи компонентов запасов в Баренцевом и Карском море. Отсутствие этих данных может приводить к недооценке запасов промысловых объектов в традиционных районах их распределения, к которым приурочена акватория стандартных съёмок.

**O.V. Titov, Yu.M. Lepesevich,
N.A. Tarasov, A.P. Pedchenko**

Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO),
Murmansk, Russia

CLIMATE CHANGE AND PROSPECTS OF FISHERIES IN THE BARENTS SEA AND ADJACENT ARCTIC SEAS

The ecosystem of the Barents Sea is at the border between warm Atlantic and cold Arctic waters, i.e. in the area of interaction of two oceanic systems. Such a geographical location of sea is extensively determined by the climatic peculiarities of the basin, the area of the ice coverage and its boundaries, as well as the presence extended frontal zones. To opinion of some scientists (Knipovich, 1938; Zenkevich, 1963 et al.), just because of the interaction of Arctic and boreal waters the Barents Sea ecosystem has a high level of biological productivity

and is rich in commercial bioresources (about 5 % of the whole world yield of the sea and oceanic fishes).

The last decade is in general characterized by the stable increase of the air temperature over the area of the Barents Sea and adjacent seas. The similar processes were observed in the hydrosphere that is proved by the anomaly high water temperatures of the Barents Sea registered in the Kola section in 2000-2006. The global warming up in the system "ocean-atmosphere" caused the decrease of the ice cover area in the sea.

However, the similar climatic situation has been registered before. The previous period of warming up of the Arctic was observed since the end of the XIXth century to the 1960's and affected the most of areas of the North Atlantic from the shores of Greenland to the Kara Sea. This process entailed the penetration into the Arctic waters of many heat-loving species not observed there before, as well as escapement of the typical inhabitants of the cold seas, changing of qualitative and quantitative composition of complexes, and shift of fishing grounds into the northern and eastern direction (Zenkevich, 1963). Nearby the western coast of the Spitsbergen archipelago the activation of the fishing for cod and haddock was observed; off the Novaya Zemlya shores the herring, mackerel, haddock and saithe species began to appear. The suppositions have arisen on the possible spawning of cod and saithe off the Novaya Zemlya coast. The species observed in the White Sea were haddock, saithe and redfishes, whereas in the Kara Sea – Atlantic herring and cod (Zenkevich, 1963).

It should be mentioned that the duration of the present warm period is less than the previous one, and the values of the climate index in the early of the XXIst are lower than its extreme values in 1930-1950. Long-term predictions carried out by PINRO do not give the basis to speak on the retention of a tendency to warming up in the nearest future. Nevertheless, even today there is a unique possibility to explore the happening changes in the Barents Sea ecosystem and in the adjacent areas and to prepare the probable scenarios of the climatic changes influence on the fishery.

The present-day changes of climate have already an impact on the biological resources of the Barents Sea and adjacent areas. The most noticeable changes take place in the geographical re-distribution of the fishing objects over the sea and in revealing of new fish species traditionally dwelling in warm Atlantic waters (Rusyaev and Shatsky, 2001; Smirnov et al., 2000; Pedchenko et al., 2006; Dolgov, 2004; Lepesevich, 1999; Anon., 2004). The acclimatization and widening of the red king crab habitat are more active against the background of the climate warming up.

Increase of the warm waters transference into the Barents Sea and decrease of the Barents Sea ice coverage are the reasons of the growth of the total biological productivity (by our estimates, the increase of production of phytoplankton in the Barents Sea in 2006 could constitute about 20 % of the long-term mean). This is a favourable prerequisite for higher survival of young boreal fishes, increase in the future of their stocks and areas and, finally, for a tendency to increase of the fisheries productivity of the Barents Sea.

The process of the sea warming up can have far-reaching implications not only for heat-loving species. It is known that *Sebastes mentella* and Greenland halibut larvae adapted themselves to spend a part of life under severe temperature conditions at high latitudes of the Arctic, where the influence of predators is insufficient, and they have an advantage in survival over typically boreal species because of the low elimination (Anon., 2004). Since the middle of the 1990's the penetration of blue whiting into the Barents Sea has been registered. This fact, as well as shifting to the north of cod spawning grounds, can change the situation and influence both on the recruitment value of many commercial fish species and the abundance of traditional objects of feeding of the other predators: capelin and polar cod.

The recent years investigations of PINRO (Titov et al., 2006) show that the frontal zones of the Barents Sea have a great impact on both the distribution and abundance of commercial fishes. The consequence of changing of cycling of climatic processes in the last decade is the fact that at the background of climate warming up the contracts between the Arctic and Atlantic oceanic systems became weaker, and the frontal zones in the Barents Sea became correspondingly fuzzier. This was fixed with the use of calculated parameters based on observations of PINRO expeditions. In connection with that one can assume that the climate warming up could have a certain negative impact on the abundance of such important commercial species as cod and capelin, the habitats of which are densely connected with frontal zones.

Thus, even now it is necessary to switch the task of studying of implications of the climate change from theory to practice. To our opinion one of the first steps in investigations of implications of the global warming up for the fishing bioresources can be a program of studying of fishing bioresources in the Kara Sea. Stable climatic changes can lead to the reconstruction of ecosystems of the Barents, White and Kara Seas, to changes in migration and distribution of fishing objects or to the appearance in the nearest future of independent self-reproductive population. It is relevant also to explore the dependence and interrelation between components of stocks in the Barents and Kara Seas. The absence of these data can lead to stock underestimation of fishing objects in traditional areas of their distribution, where the standard surveys are carried out.

А.В. Родин

ВАРПЭ – ТПП РФ, Москва, Россия

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЦИРКУЛЯЦИИ ВОД ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЫБ

На основе многолетних наблюдений за распределением океанографических, метеорологических, ихтиологических и промысловых данных в Баренцевом море выполнена настоящая работа. Цель работы – обратить внимание на те процессы, которые выпадали из поля исследователей или не были интерпретированы должным образом. В первую очередь речь идет о возникающих в конце зимы течениях, направленных на запад, работы ученых ПИНРО еще в 60-е годы (Кисляков, Пенин, Кудлю) указывали на это, но не получили ни объяснений, ни развития. В конце прошлого века по инициативе автора в РГГМУ были выполнены работы по моделированию указанных процессов, и был получен положительный результат, а норвежские коллеги получили и экспериментальное подтверждение. Автор изложил свой взгляд на эти процессы в своих работах 1989-2005 гг., в настоящее время появились новые данные и аргументы в пользу существования потоков, в весенний период направленных на запад, в этой части моря.

Основные виды рыб: треска, мойва, пикша, сельдь и др. используют эти течения при нерестовых миграциях. Описаны ситуации, поведение и распределение: мойвы, трески, сельди.

На основе этих данных объясняется катастрофическое снижение запасов мойвы в 1986 г. Указывается на особенности сохранения запасов сельди и возобновление про-