

УДК 639.2.053.1(268.45).(268.43)

О СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ПОЛЯРНЫХ МОРЯХ

М. А. Богданов, А. А. Елизаров, С. И. Потайчук, Е. В. Солянкин

Успешность анализа природных явлений в морях во многом зависит от правильного учета множества взаимосвязанных процессов различного временного и пространственного масштаба, происходящих в атмосфере, гидросфере, литосфере и биосфере. Исследуя какой-либо регион океана или водоем, мы убеждаемся в том, что его характеристики при постоянной изменчивости качественно и количественно связаны между собой, т. е. наблюдается определенная системная организация. Закономерный ход этих характеристик в течение длительного времени определяется взаимодействием элементов циркуляции атмосферы и гидросферы. По изменчивости последних обнаруживаются связи процессов, происходящих в отдельных районах (водоемах).

Таким образом организуются определенные системы связей во времени и пространстве вплоть до планетарных. Разнообразные элементы условий среды в природных системах тесно взаимосвязаны, закономерно обуславливают колебания (флуктуации) воспроизводства и формирование численности промысловых организмов. Поэтому для многолетней изменчивости элементов режима природной системы характерно преобладание единой направленности (тенденции изменений) колебаний при определенной, свойственной данному элементу соразмерности колебаний.

Эти основные черты системной организации процессов в атмосфере, гидросфере и биосфере сформулированы Г. К. Ижевским (1961, 1964 гг.), который подчеркивал сложность понятия «система» и известную приближенность в положении границ планетарных систем, их подвижность в зависимости от интенсивности процессов в конкретном году. Границы систем намечались по ограниченному числу характеристик (в основном по зимним процессам). Поэтому чрезвычайно важно для дальнейших теоретических разработок увеличить получаемую по отдельным районам круглогодичную информацию не только в количественном, но и в качественном отношении. В то же время нам представляется весьма целесообразным при исследовании режима (или других процессов) в отдельных районах или морях на основе локальных факторов учитывать и планетарные связи процессов с другими системами. Такой подход позволяет проверять полученные выводы на основе закономерностей общепланетарных связей.

Системная основа изучения находится еще в стадии становления, многие ситуации не всегда полностью укладываются в схему, предложенную Г. К. Ижевским. В области знания сил, обуславливающих из-

менчивость тех или иных процессов, накоплено много фактов, но еще нет многостороннего охвата явлений, совершающихся в системе океан—атмосфера. По-видимому, более полное выявление закономерностей в явлениях природы и использование их в практических целях нельзя осуществить без учета изменчивости космических и геофизических сил глобального характера (приливообразующих сил Луны и Солнца, интенсивности солнечной деятельности, колебаний оси вращения Земли и т. д.). Но изучение изменчивости глобальных факторов и их воздействия на процессы в гидросфере, атмосфере, биосфере находится еще в начальной стадии. Поэтому сегодня еще невозможно полностью обойтись без использования так называемых структурных связей, особенно при решении сложного вопроса — прогнозирования абиотических и биотических характеристик природной системы. Использование структурных связей элементов океанологического режима (или атмосферной циркуляции), рассматриваемых как показатели (индикаторы) комплекса океанологических условий природной системы, позволяет подойти к прогнозированию различных звеньев трофической цепи и ее конечного звена — урожайности промысловых рыб (по эффективности размножения рыб и по выживанию на ранних стадиях).

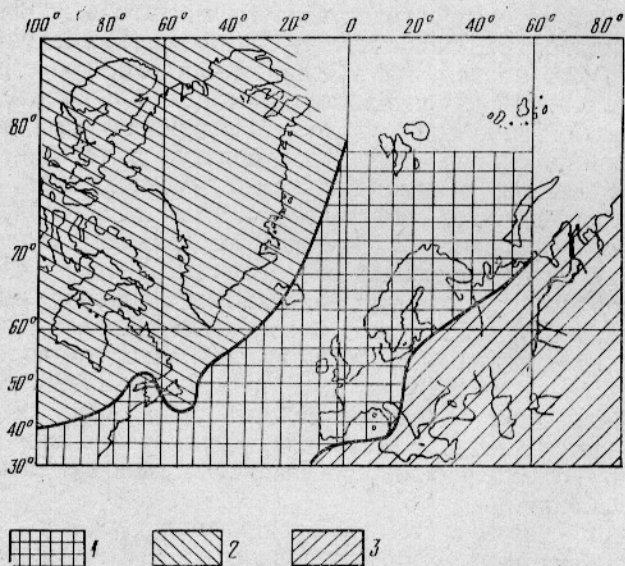


Рис. 1. Схематическое расположение природных систем по Ижевскому:
 1 — Атлантическая; 2 — Гренландско-Североамериканская; 3 — Европейско-Азиатская.

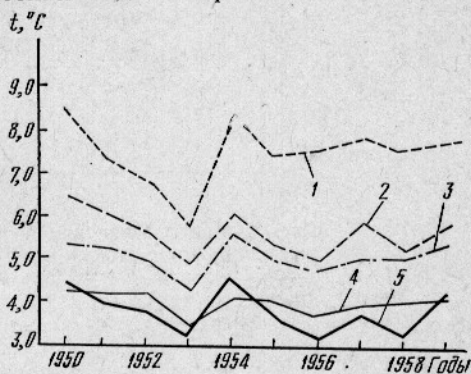
В цитируемых выше работах Г. К. Ижевского, работах его учеников, последователей (к числу которых относят себя и авторы настоящей статьи) наиболее четко прослежена системность природных процессов в Северной Атлантике и североамериканских морях Баренцевом и Норвежском (Потайчук, 1962; Елизаров, 1962, 1963; Богданов, 1965; Богданов, Потайчук, Солянкин, 1969 и др.). Выделяемые в этих широтах крупномасштабные природные системы — Атлантическая и Гренландско-Североамериканская (рис. 1) — относятся к областям распространения теплых атлантических вод и холодных вод полярного происхождения, связанных с известными, мощными, меридионально выраженными океаническими течениями. При рассмотрении гидросфе-

ры как составного элемента природной системы прежде всего учитывали особенности переноса вод мощными океаническими течениями умеренных и высоких широт (рассматриваемого географического района). Колебания напряженности этих течений определяют общий фон гидрологических условий (термику, интенсивность вертикальной циркуляции, общую продолжительность вегетационного периода и т. д.), а следовательно, и колебания биологической продуктивности.

Для анализа многолетней изменчивости интенсивности переноса вод меридионально выраженными течениями нужно рассмотреть температурные показатели деятельного слоя на разрезах, пересекающих течения по нормали. В отличие от традиционного рассмотрения переноса температурных аномалий вдоль течения (т. е. учета сдвига по фазе появления температурных аномалий вдоль течения) внимание было обращено на синхронность температурных колебаний в области распространения теплых атлантических вод в Баренцевом и Норвеж-

Рис. 2. Многолетний ход температуры воды на стандартных разрезах в Норвежском и Баренцевом морях в июне:

1 — разрез по 63°00' с. ш.; 2 — разрез по 69°20' с. ш.; 3 — разрез по 71°10' с. ш.; 4 — разрез по 74°30' с. ш.; 5 — разрез по Кольскому меридиану.



ском морях. К тому времени, когда только оформлялась идея системного подхода к анализу природных процессов, таких данных было еще крайне мало (рис. 2). Но тем не менее уже эти факты заставляли задуматься о единстве изменений напряженности во всей сфере влияния течений системы Гольфстрим. В настоящее время имеется уже много относительно систематизированных наблюдений на стандартных разрезах в Норвежском море в области Норвежского течения, проведенных летом 1952—1972 гг. Анализ особенностей межгодового хода аномалий средней температуры для слоя 0—200 м на разрезах, пересекающих ветви Норвежского течения, и на разрезе по Кольскому меридиану (южная часть Баренцева моря) приводит к выводу о тождественности в большинстве случаев тенденции изменений температурных аномалий в различных районах Норвежского и Баренцева морей, т. е. в области Атлантической системы (Алексеев, Пенин, 1973).

Показателем общих гидрологических условий для Атлантической системы можно считать среднюю температуру относительно систематически выполняемого, многолетнего разреза по Кольскому меридиану в Баренцевом море. Однако это никоим образом не исключает других показателей. В качестве примера можем сослаться на попытки использования таких индексов, как изменение географического положения над Атлантикой планетарной высотной фронтальной зоны — показателя основных путей переноса воздушных масс (Богданов, 1965), или возможного привлечения средней годовой разности приземного атмосферного давления между Азорским максимумом и Исландским минимумом — показателя напряженности зональной составляющей переноса воздушных масс; в обоих случаях отмечается довольно хорошая в общем согласованность межгодовых изменений циркуляционных ат-

мосферных показателей с изменениями теплозапаса слоя 0—200 м по Кольскому меридиану (рис. 3, 4). Возможности такие существуют, потому что системность как раз и акцентирует внимание на взаимосвязи различных явлений и процессов как в гидросфере, так и в атмосфере. Очевидно, все зависит от задачи исследований, относительного количества систематизированных данных, возможности их прогнозиро-

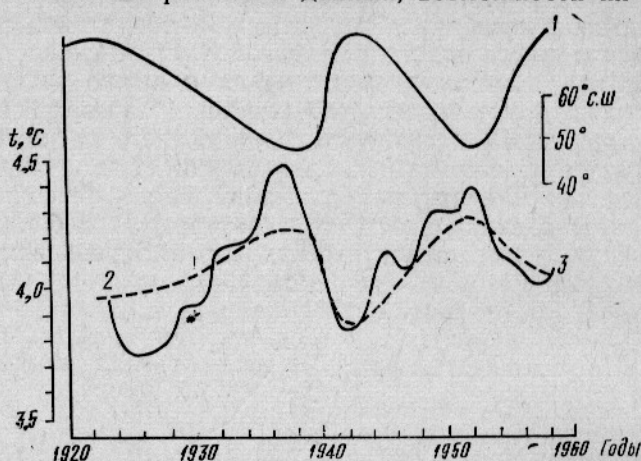


Рис. 3. Многолетние изменения положения планетарной высотной фронтальной зоны на 40° з. д. (1) и температуры слоя 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану, осредненной по периодам повторяемости полюса циркуляции (2) и скользящей по пятилетиям (3).

вания и т. п. Мы же рассматриваем термическое состояние толщи атлантических вод как наиболее четкого выразителя напряженности течений, в частности такой показатель, как средняя температура слоя 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану.

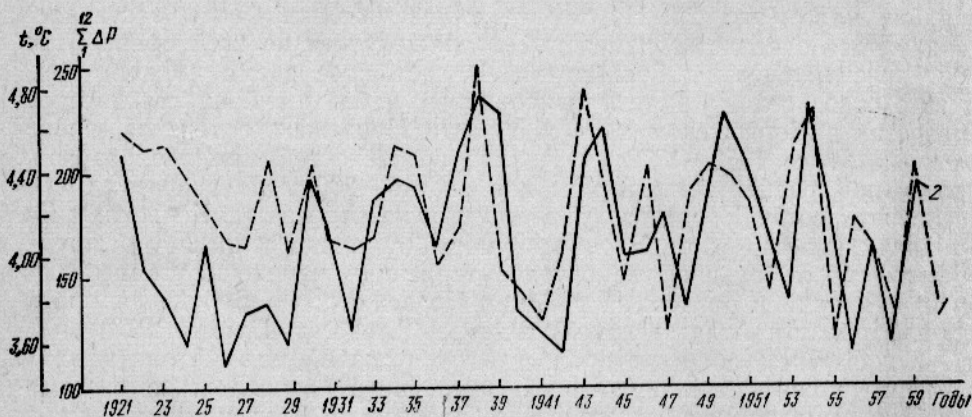


Рис. 4. Многолетний ход средней годовой разности атмосферного давления (1) между пунктами Ponta Delgada (Азорские острова) и Стикксхольм (Исландия) и средней годовой температуры воды слоя 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану (2).

Мы также попытались количественно оценить характер взаимосвязей изменчивости природных процессов смежных с североамериканскими морями районов Северной Атлантики. С этой целью были привлечены многолетние данные наблюдений над поверхностной температурой в квадратах Смеда *E, M, H, K, L, I*, которые сопоставлялись с темпера-

турой воды на разрезе по Кольскому меридиану и на прибрежных норвежских станциях Vardö, Vestfiorden, Stad и Ferder. Полученная матрица коэффициентов корреляции (см. таблицу) свидетельствует о приуроченности квадратов Смеда *H*, *K*, *L*, *I*, прибрежных норвежских станций и разреза по Кольскому меридиану к одной Атлантической системе.

Таблица

Коэффициенты корреляции средних годовых температур воды в квадратах Смеда, на прибрежных станциях и на разрезе по Кольскому меридиану

	<i>V_a</i>	<i>V_e</i>	<i>I</i>	<i>St</i>	<i>F_e</i>	<i>K</i>	<i>K_o</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	<i>B. h.</i>	<i>M</i>	<i>E</i>	
<i>V_a</i>		0,93	0,74	0,88	0,70	0,45	0,68	0,30	0,28	-0,05	-0,33	-0,41	<i>V_a</i>
	<i>V_e</i>		0,61	0,85	0,57	0,49	0,64	0,21	0,16	0,07	-0,42	-0,35	<i>V_e</i>
		<i>I</i>		0,81	0,55	0,70	0,34	0,59	0,57	-0,36	-0,03	-0,59	<i>I</i>
			<i>St</i>		0,73	0,69	0,59	0,21	0,24	-0,01	-0,51	-0,47	<i>St</i>
				<i>F_e</i>		0,46	0,55	0,01	0,08	0,25	-0,41	-0,50	<i>F_e</i>
					<i>K</i>		0,28	0,53	0,72	0,04	0,28	-0,39	<i>K</i>
						<i>K_o</i>		0,00	0,08	-0,52	-0,46	-0,15	<i>K_o</i>
							<i>H</i>		0,84	-0,36	0,37	0,00	<i>H</i>
								<i>L</i>		-0,33	0,57	-0,01	<i>L</i>
									<i>B. h.</i>		-0,36	0,54	<i>B. h.</i>
										<i>M</i>		0,43	<i>M</i>
											<i>E</i>		<i>E</i>

Наиболее ярко общий характер изменений в Атлантической системе (т. е. в сфере влияния атлантических вод) виден в сопоставлении термики квадратов Смеда *I* и *K*, расположенных в основном в сфере атлантических вод, станций Stad и Vestfiorden (прибрежная ветвь Норвежского течения) и на разрезе по Кольскому меридиану.

Очевидно, что за пределами Атлантической системы, в сфере влияния Лабрадорского и Восточно-Гренландского течений (холодные воды полярного происхождения), мы вправе ожидать преобладания противофазности в ежегодных изменениях природных процессов и в частности запаса тепла как их индикатора в данной природной системе. Продолжая анализ сопоставления поверхностных температур в квадратах Смеда и средней температуры на разрезе по Кольскому меридиану (см. таблицу), можно отметить противофазность хода температуры в квадратах *E* и *M*, находящихся в сфере влияния Лабрадорского течения, по отношению к другим квадратам, отнесенным к Атлантической системе. Но, рассматривая приведенную таблицу статистической связи, мы не должны забывать меньшую репрезентативность поверхностных температур (осредненных к тому же по большой акватории) как индикатора напряженности основных течений или индикатора природной системы.

Это скорее дополнительное подспорье в анализе системной организации природных процессов. Более четко выявляется обратная сопряженность абиотических процессов на примере сопоставления аномалий температуры воды слоя 0—200 м в Северо-Западной Атлантике (район Лабрадора, часть разреза к мысу Фарвелл, захватывающая основную струю полярных вод Лабрадорского течения) и южной части Баренцева моря (разрез по Кольскому меридиану). Полученная ранее (Елизаров, 1962) на относительно небольшом материале (1948—1960 гг.) довольно тесная прогностического характера статистическая связь (коэффициент корреляции более 0,70) оказалась устойчивой с привлечением дополнительных современных материалов наблюдений на указанных гидрологических разрезах (Burmakin, 1972).

Таким образом, сопряженность природных систем позволяет использовать показатель одной природной системы для суждения о процессах в другой системе. В ряде случаев, когда рассматриваются отдельные районы, чаще пограничные, например Ньюфаундлендский район (включаемый нами в целом в Гренландско-Североамериканскую систему), с сложным взаимопроникновением холодных полярных и теплых атлантических вод, использование общих показателей природной системы (типа разреза по Кольскому меридиану) затруднено. Возникает необходимость поиска локальных индикаторов, характеризующих интенсивность отдельных струй, ветвей. В частности, для Ньюфаундлендского района такими индикаторами можно, по-видимому, считать барические градиенты по нормали к отдельным струям.

Из самого определения понятия «природная система» (по Ижевскому) следует, что оно необходимо включает в себя тесную взаимосвязь абиотических и биотических условий и даже, более того, рассматривает природную среду, океанологические условия как решающие, регулирующие эффективность размножения рыб и их выживание до промыслового возраста, т. е. обуславливающие колебания численности основных промысловых рыб. В рассматриваемом аспекте показательна

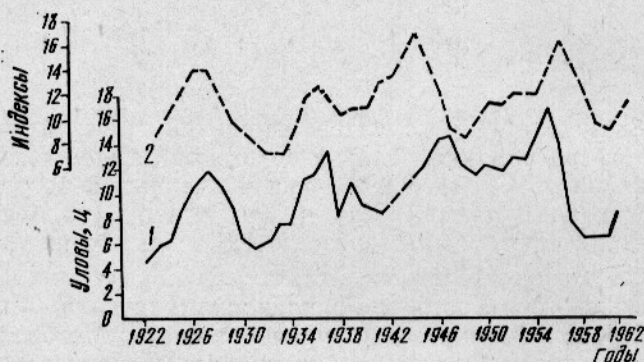


Рис. 5. Многолетние фактические колебания запасов трески (уловы на 1 ч траления) в Баренцевом море (1) и вычисленные индексы (2) по колебаниям средней годовой температуры воды слоя 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану.

определенная устойчивость обнаруженных Г. К. Ижевским связей флуктуаций численности основных промысловых рыб Атлантической системы (тресковых и сельдевых) с колебаниями запаса тепла в южной части Баренцева моря (средней температурой воды на разрезе по Кольскому меридиану).

В настоящее время для проведения статистических связей с условиями среды отсутствуют достаточно надежные показатели урожайных и неурожайных поколений промысловых рыб. Приходится прибегать к качественному сопоставлению с различного рода относительными оценками численности. Так, весьма характерно соответствие фазовых колебаний (рис. 5) за многолетний период 1921—1962 гг. фактических запасов баренцевоморской трески и расчетных условных величин запасов, полученных суммированием средних годовых значений температуры воды на разрезе по Кольскому меридиану за годы появления преобладавших в промысловом стаде поколений (Ижевский, 1964). То же можно сказать о другой рыбе Норвежского моря — сельди.

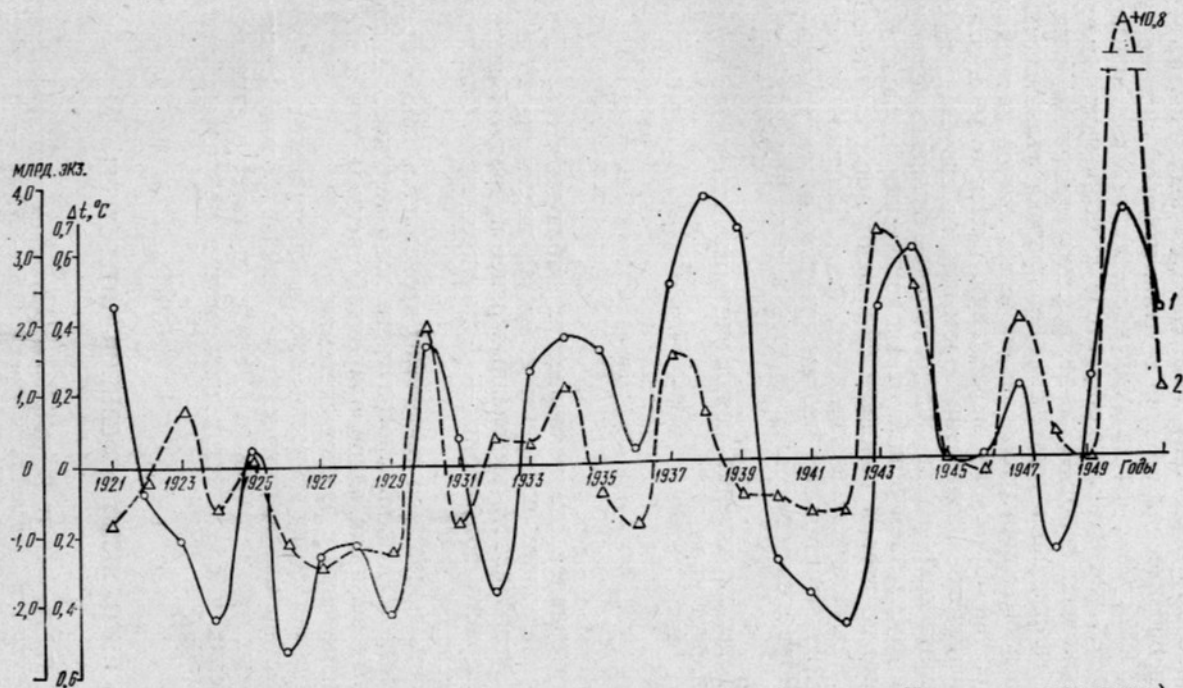


Рис. 6. Многолетний ход температуры воды в Баренцевом море (разрез по Кольскому меридиану) и колебания численности поколений атлантическо-скандинавской сельди в Норвежском море:
 1 — аномалии средней годовой температуры воды слоя 0—200 м на Кольском разрезе; 2 — данные по изъятию промыслом каждого поколения сельди в течение всего половозрелого цикла их жизни (в отклонениях от среднего для 1901—1951 гг. значения — 1,5 млрд. экз.).

Для характеристики степени урожайности отдельных поколений сельди, родившихся в настоящем столетии, мы воспользовались данными по изъятию промысла каждого поколения в течение всего половозрелого цикла их жизни (Юданов, 1969). Характер многолетних (1921—1951 гг.) изменений урожая сельди, размножающейся и обитающей в Норвежском море, оказался весьма близким характеру многолетних изменений теплосодержания вод южной части Баренцева моря (разрез по Кольскому меридиану), что еще раз подчеркивает единство абиотических и биотических условий в Атлантической системе (рис. 6). Дальнейшее рассмотрение флуктуаций численности атлантиско-скандинавских сельдей указывает на характерную особенность смены малочисленных поколений 1952—1958 гг. высокоурожайными поколениями 1959—1961 гг. именно в годы усиления притока атлантических вод и относительно повышенного теплозапаса вод в южной части Баренцева моря (разрез по Кольскому меридиану). Отмечаемое многими исследователями пагубное воздействие промысла на современное состояние запаса атлантиско-скандинавских сельдей очевидно было усугублено заметным ухудшением общих океанологических условий в Атлантической системе во второй половине 60-х годов (ослабление притока атлантических вод, пониженный тепловой фон). Именно в эти годы (1965—1968) с исключительно неблагоприятными гидрологическими условиями в Норвежском море появились весьма неурожайные поколения сельди.

В эти же годы характерно появление малочисленного поколения грески в Баренцевом море.

Выводы

1. Анализ материалов океанологических наблюдений в Северной Атлантике и прилегающих полярных морях за последние 20 лет свидетельствует об устойчивости выделенных ранее природных систем (по Ижевскому) северного полушария — Атлантической и Гренландско-Североамериканской.

2. Системность природных процессов проявляется как в преобладании однозначных тенденций многолетнего хода термических показателей в отдельных регионах одной природной системы, так и в сопряженности этих изменений в разных системах.

3. Характер взаимосвязи абиотических и биотических условий, в частности воздействие океанологических условий на формирование урожайности основных промысловых рыб, свидетельствует о единстве развития абиотических и биотических процессов в природных системах северного полушария.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А. П., Пенин В. В. Некоторые результаты океанографических исследований в Норвежском и Гренландском морях в 1952—1972 гг. — «Океанология», 1973, т. 13, вып. 4, с. 563—568.

Богданов М. А. Об изменении циркуляции атмосферы и гидросферы. — «Труды ВНИРО», 1965, т. 57, с. 43—52.

Богданов М. А., Потайчук С. И., Солянкин Е. В. К проблеме долгосрочного прогноза гидрологических условий и урожайности промысловых рыб. — «Рыбное хозяйство», 1969, № 9, с. 7—12.

Елизаров А. А. О межгодовых колебаниях интенсивности Лабрадорского и Западно-Гренландского течений и о возможности прогноза температурных условий в промысловых районах северо-западной части Северной Атлантики. — «Океанология», 1962, т. 2, вып. 5, с. 796—809.

Елизаров А. А. Об океанологических условиях, определяющих урожайность поколений важнейших промысловых рыб в северо-западной части Северной Атлантики. — «Океанология», 1963, т. 3, вып. 6, с. 1065—1078.

Ижевский Г. К. Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей. М., Пищепромиздат, 1961, 213 с.

Ижевский Г. К. Системная основа прогнозирования океанологических условий и воспроизводства промысловых рыб. М., ВНИРО, 1964, 165 с.

Потайчук С. И. Некоторые закономерности изменения гидрологического режима в промысловых районах Норвежского, Гренландского и Баренцева морей. — «Труды ВНИРО», 1962, т. 46, с. 92—102.

Юданов И. Г. Об охране запасов сельди и регулировании сельдяного рыболовства в Норвежском море. — «Труды ВНИРО», 1969, т. 67, с. 133—165.

Burmakin V. V. Seasonal and year variations in water temperature in the Labrador and Newfoundland areas. Spec. Publ. ICNAF. 1972, N 8, p. 63—70.

On the system analysis of natural phenomena in the North Atlantic and adjacent polar seas

M. A. Bogdanov, A. A. Elizarov,
S. I. Potaiichuk, E. V. Solyankin

SUMMARY

The system analysis of natural phenomena in the ocean and marine water bodies is an estimate of regularities of interrelations of processes of various space—time scope which occur in the atmosphere, hydrosphere and biosphere. The system of natural processes in the north hemisphere is most clearly seen in the North Atlantic, Barents Sea and the Sea of Norway. The stability of the natural systems (Atlantic and Greenland-North American) is supported by trends of long—term fluctuations in temperature inside each system and conjugation of fluctuations in different systems. The character of the interrelation between abiotic and biotic conditions, particularly the influence of oceanographic conditions on the yield of commercial species of fish tells of the unity of the development of abiotic and biotic processes in the natural systems of the north hemisphere.