

## ПРОМЫСЕЛ И СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ ТРЕСКИ БАРЕНЦЕВА И НОРВЕЖСКОГО МОРЕЙ

© 2022 г. О.А.Булатов<sup>1</sup>, Д.А.Васильев<sup>1</sup>, Ю.А.Ковалев<sup>2</sup>, А.А.Четыркин<sup>2</sup>

1 – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Москва, 105187

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

Поступила в редакцию 7.04.2022 г.

Для оценки состояния запасов и перспектив промысла трески Баренцева моря характерна значительная неопределённость, вызванная особенностями возрастной структуры, что часто приводило к существенным различиям результатов, полученных по разным моделям. Как следствие, это вызывало интенсивные дискуссии как в рамках Международного совета по исследованию моря (ИКЕС), так и на заседаниях Совместной российско-норвежской комиссии (СРНК).

В 2021 г. на специализированном семинаре ИКЕС («бенчмарк»-группе) были уточнены входные данные и конфигурация основной расчетной модели – SAM, связанные с включением дополнительной информации по старшим возрастным группам.

В результате две модели, используемые в настоящее время на рабочей группе ИКЕС для оценки запасов трески (SAM и TISVPA), весьма различные по используемым в них подходам, показали, что численность поколений 2004–2005 г.р. заметно снизилась, что привело к снижению биомассы трески.

Оценка перспектив состояния запаса, выполненная как на основе расчётов по модели SAM, так и на основе альтернативного подхода с использованием индекса АМО (Atlantic Multidecadal Oscillation Index), показала высокую вероятность дальнейшего снижения и стабилизации биомассы нерестового запаса (и уловов) в ближайшие 2–3 года, после чего вероятно восстановление биомассы нерестового запаса за счёт достаточно многочисленных поколений 2011 и 2014 годов рождения.

*Ключевые слова:* оценка запасов, северо-восточная арктическая треска.

### ВВЕДЕНИЕ

Экосистема Баренцева моря характеризуется как одна из наиболее продуктивных зон Мирового океана. Накопленные на сегодняшний день знания позволяют с уверенностью говорить о том, что межгодовая изменчивость абиотических факторов существенно влияет на биологическую продуктивность как экосистемы в целом, так и её отдельных элементов в частности. Не является исключением и северо-восточная арктиче-

ская треска – наиболее важный элемент экосистемы Баренцева моря, динамика запасов которой характеризуется отсутствием стабильности.

Оценки запаса баренцевоморской трески, выполняемые специалистами с использованием различных методов оценки запасов, могут существенно отличаться в зависимости от особенностей использованных методов. Причиной таких изменений служат ошибки наблюдений (в индексах численности,

уловах и т.д.), несоответствие допущений модели реальным процессам и изменение параметров модели оценки. Периодически оценочная модель подвергается экспертизе и её конфигурация уточняется, либо происходит замена модели на более адекватную. В данной статье авторы анализируют, насколько адекватно определяют биомассу применяемые модели и какие перспективы промысла трески ожидают рыбаков в будущем.

### ПРОМЫСЕЛ

Промысловую значимость этого вида трудно переоценить. Треска Баренцева моря – ключевой объект отечественного рыболовства на протяжении нескольких десятилетий, успешность промысла которой в значительной степени определяет экономическую эффективность деятельности предприятий Северного рыбохозяйственного бассейна. В течение периода 1961–2020 гг. вылов неоднократно достигал уровня 0,9–1 млн т, но в дальнейшем нередко стремительно снижался (табл. 1).

Одной из основных причин сокращения вылова является флуктуация численности поколений, что свойственно многим представителям семейства тресковых. Одним из адаптационных приспособлений вида, компенсирующим высокую смертность, является исключительно высокая плодовитость, достигающая у отдельных особей трески нескольких млн шт.

Научно-обоснованные рекомендации промысла стали учитываться рыбаками, начиная с середины прошлого века, до этого времени промысел осуществлялся, исходя из потребностей рынка. Промысел ведётся с использованием разных орудий лова, но преобладает траловый лов. Для тралово-

го лова ограничения промысла были введены с 1978 г., а для прибрежного промысла – с 1989 г. Основные ограничения были связаны с минимальными размерами особей в уловах, минимальным размером ячеи в тралах и неводах, максимально возможным приловом маломерной рыбы, закрытием участков с высокой плотностью молоди, сезонными и территориальными ограничениями.

Следует отметить, что в отдельные годы нерегулируемый, несообщаемый промысел (ННН) достигал существенных величин. Особенно масштабным такой вид промысла был в период низкого уровня запасов. Так в 1992 г. этот вид промысла достиг 130 тыс. т (25% общего вылова), а в 2005 г. – 166 тыс. т (26% общего вылова).

Основными странами, добывающими треску на протяжении многих лет, являются Россия и Норвегия, вылов других странах существенно меньше. Национальный рекорд вылова трески СССР отмечен в 1968 г. и составил 677 тыс. т, Норвегии – в 2013 г. – 439 тыс. т (табл. 2).

Основным орудием лова на протяжении долгого периода являлись тралы различных конструкций. Другие орудия лова составляли меньшую долю, однако играли существенную роль (табл. 3).

### ОЦЕНКА ЗАПАСОВ

На протяжении многих лет основным методом оценки состояния запасов трески являлась модель XSA (Shepherd, 1991). В целом, модель представляет собой специальный метод настройки вычислительной процедуры одновидового анализа виртуальных популяций (ВПА) с использованием данных по уловам на единицу промыслового усилия (CPUE). Однако в последние годы в связи с всту-

ПРОМЫСЕЛ И СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ ТРЕСКИ

Таблица 1. Вылов по официальным данным и ННН промысел трески Баренцева и Норвежского морей в 1961–2020 гг., т

Год	Подрайон 1	Подрайон 2А	Подрайон 2В	ННН-промысел	Вылов всего
1961	409 694	153 019	220 508	0	783 221
1962	548 621	139 848	220 797	0	<b>909 266</b>
1963	547 469	117 100	111 768	0	776 337
1964	206 883	104 698	126 114	0	437 695
1965	241 489	100 011	103 430	0	444 983
1966	292 253	134 805	56 653	0	483 711
1967	322 798	128 747	121 060	0	572 605
1968	642 452	162 472	269 254	0	<b>1 074 084</b>
1969	679 373	255 599	262 254	0	<b>1 197 226</b>
1970	603 855	243 835	85 556	0	<b>933 246</b>
1971	312 505	319 623	56 920	0	689 048
1972	197 015	335 257	32 982	0	565 254
1973	492 716	211 762	88 207	0	792 685
1974	723 489	124 214	254 730	0	<b>1 102 433</b>
1975	561 701	120 276	147 400	0	829 377
1976	526 685	237 245	103 533	0	867 463
1977	538 231	257 073	109 997	0	<b>905 301</b>
1978	418 265	263 157	17 293	0	698 715
1979	195 166	235 449	9 923	0	440 538
1980	168 671	199 313	12 450	0	380 434
1981	137 033	245 167	16 837	0	399 037
1982	96 576	236 125	31 029	0	363 730
1983	64 803	200 279	24 910	0	289 992
1984	54 317	197 573	25 761	0	277 651
1985	112 605	173 559	21 756	0	307 920
1986	157 631	202 688	69 794	0	430 113
1987	146 106	245 387	131 578	0	523 071
1988	166 649	209 930	58 360	0	434 939
1989	164 512	149 360	18 609	0	332 481
1990	62 272	99 465	25 263	25 000	212 000
1991	70 970	156 966	41 222	50 000	319 158
1992	124 219	172 532	86 483	130 000	513 234
1993	195 771	269 383	66 457	50 000	581 611
1994	353 425	306 417	86 244	25 000	771 086
1995	251 448	317 585	170 966	0	739 999

Таблица 1. Окончание

Год	Подрайон 1	Подрайон 2А	Подрайон 2В	ННН-промысел	Вылов всего
1996	278 364	297 237	156 627	0	732 228
1997	273 376	326 689	162 338	0	762 403
1998	250 815	257 398	84 411	0	592 624
1999	159 021	216 898	108 991	0	484 910
2000	137 197	204 167	73 506	0	414 870
2001	142 628	185 890	97 953	0	426 471
2002	184 789	189 013	71 242	90 000	535 045
2003	163 109	222 052	51 829	115 000	551 990
2004	177 888	219 261	92 296	117 000	606 445
2005	159 573	194 644	121 059	166 000	641 276
2006	159 851	204 603	104 743	67 100	537 642
2007	152 522	195 383	97 891	41 087	486 883
2008	144 905	203 244	101 022	15 000	464 171
2009	161 602	207 205	154 623	0	523 431
2010	183 988	271 337	154 657	0	609 983
2011	198 333	328 598	192 898	0	719 829
2012	247 938	331087	148 638	0	727 663
2013	360 673	421678	183 858	0	<b>966 209</b>
2014	320 347	468 934	197 168	0	<b>986 449</b>
2015	272 405	375 328	216 651	0	864 384
2016	321 347	351 468	176 607	0	849 422
2017	309 902	360 477	197 898	0	868 276
2018	249 397	321 548	207 681	0	778 627
2019	234 985	318 539	139 084	0	692 609
2020	234 029	298 707	160 166	0	692 903
В среднем	271 723	233 288	112 332	14 853	631 606

плением в промысел исключительно многочисленных поколений, повлекших изменение возрастной структуры промыслового запаса, ситуация изменилась. Отработанные ранее варианты применения модели стали приводить к заметной исторической смещённости оценок, что вынуждало ежегодно пересматривать применяемые опции модели. В связи с этим интерес к исполь-

зованию моделей другого класса для оценки этих запасов, а именно, сепарабельных моделей, к числу которых можно отнести модели TISVPA (Васильев, 2006; Vasilyev, 2005) и SAM (ICES, 2009; Nielsen & Berg, 2014), возрос. Это привело к тому, что рабочая группа ИКЕС по арктическому рыболовству, начиная с 2015 г., в качестве основной модели стала использовать SAM.

Таблица 2. Вылов трески различными странами в 1961–2020 гг., т

Год	Фарерские о-ва	Франция	Германия (ГДР)	ФРГ	Норвегия	Польша	Велико-британия	Россия/ СССР	Исландия	Другие	Всего
1961	3 934	13 755	3 921	8 129	268 377	—	158 113	325 780		1 212	783 221
1962	3 109	20 482	1 532	6 503	225 615	—	175 020	476 760		245	909 266
1963	—	18 318	129	4 223	205 056	108	129 779	417 964		—	775 577
1964	—	8 634	297	3 202	149 878	—	94 549	180 550		585	437 695
1965	—	526	91	3 670	197 085	—	89 962	152 780		816	444 930
1966	—	2 967	228	4 284	203 792	—	103 012	169 300		121	483 704
1967	—	664	45	3 632	218 910	—	87 008	262 340		6	572 605
1968	—	—	225	1 073	255 611	—	140 387	676 758		—	1 074 084
1969	29 374	—	5 907	5 543	305 241	7 856	231 066	612 215		133	1 197 226
1970	26 265	44 245	12 413	9 451	377 606	5 153	181 481	276 632		—	933 246
1971	5 877	34 772	4 998	9 726	407 044	1 512	80 102	144 802		215	689 048
1972	1 393	8 915	1 300	3 405	394 181	892	58 382	96 653		166	565 287
1973	1 916	17 028	4 684	16 751	285 184	843	78 808	387 196		276	792 686
1974	5 717	46 028	4 860	78 507	287 276	9 898	90 894	540 801		38 453	1 102 434
1975	11 309	28 734	9 981	30 037	277 099	7 435	101 843	343 580		19 368	829 377
1976	11 511	20 941	8 946	24 369	344 502	6 986	89 061	343 057		18 090	867 463
1977	9 167	15 414	3 463	12 763	388 982	1 084	86 781	369 876		17 771	905 301
1978	9 092	9 394	3 029	5 434	363 088	566	35 449	267 138		5 525	698 715
1979	6 320	3 046	547	2 513	294 821	15	17 991	105 846		9 439	440 538
1980	9 981	1 705	233	1 921	232 242	3	10 366	115 194		8 789	380 434

Таблица 2. Продолжение

Год	Фарерские о-ва	Франция	Германия (ГДР)	ФРГ	Норвегия	Польша	Велико- британия	Россия/ СССР	Исландия	Другие	Всего
						Испания					
1981	12 825	3 106	298	2 228	277 818	14 500	5 262	83 000		-	399 037
1982	11 998	761	302	1 717	287 525	14 515	6 601	40 311		-	363 730
1983	11 106	126	473	1 243	234 000	14 229	5 840	22 975		-	289 992
1984	10 674	11	686	1 010	230 743	8 608	3 663	22 256		-	277 651
1985	13 418	23	1 019	4 395	211 065	7 846	3 335	62 489		4 330	307 920
1986	18 667	591	1 543	10 092	232 096	5 497	7 581	150 541		3 505	430 113
1987	15 036	1	986	7 035	268 004	16 223	10 957	202 314		2 515	523 071
1988	15 329	2 551	605	2 803	223 412	10 905	8 107	169 365		1 862	434 939
1989	15 625	3 231	326	3 291	158 684	7 802	7 056	134 593		1 273	332 481
1990	9 584	592	169	1 437	88 737	7 950	3 412	74 609		510	187 000
1991	8 981	975	Гренландия	2 613	126 226	3 677	3 981	119 427		3 278	269 158
1992	11 663	2	3 337	3 911	168 460	6 217	6 120	182 315		1 209	383 234
1993	17 435	3 572	5 389	5 887	221 051	8 800	11 336	244 860	9 374	3 907	531 611
1994	22 826	1 962	6 882	8 283	318 395	14 929	15 579	291 925	36 737	28 568	746 086
1995	22 262	4 912	7 462	7 428	319 987	15 505	16 329	296 158	34 214	15 742	739 999
1996	17 758	5 352	6 529	8 326	319 158	15 871	16 061	305 317	23 005	14 851	732 228
1997	20 076	5 353	6 426	6 680	357 825	17 130	18 066	313 344	4 200	13 303	762 403
1998	14 290	1 197	6 388	3 841	284 647	14 212	14 294	244 115	1 423	8 217	592 624
1999	13 700	2 137	4 093	3 019	223 390	8 994	11 315	210 379	1 985	5 898	484 910
2000	13 350	2 621	5 787	3 513	192 860	8 695	9 165	166 202	7 562	5 115	414 870

ПРОМЫСЕЛ И СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ ТРЕСКИ

Таблица 2. Окончание

Год	Фарерские о-ва	Франция	Германия (ГДР)	ФРГ	Норвегия	Польша	Велико-британия	Россия/ СССР	Исландия	Другие	Всего
2001	12 500	2 681	5 727	4 524	188 431	9 196	8 698	183 572	5 917	5 225	426 471
2002	15 693	2 934	6 419	4 517	202 559	8 414	8 977	184 072	5 975	5 484	445 045
2003	19 427	2 921	7 026	4 732	191 977	7 924	8 711	182 160	5 963	6 149	436 990
2004	19 226	3 621	8 196	6 187	212 117	11 285	14 004	201 525	7 201	6 082	489 445
2005	16 273	3 491	8 135	5 848	207 825	9 349	10 744	200 077	5 874	7 660	475 276
2006	16 327	4 376	8 164	3 837	201 987	9 219	10 594	203 782	5 972	6 271	470 527
2007	14 788	3 190	5 951	4 619	199 809	9 496	9 298	186 229	7 316	5 101	445 796
2008	15 812	3 149	5 617	4 955	196 598	9 658	8 287	190 225	7 535	7 336	449 171
2009	16 905	3 908	4 977	8 585	224 298	12 013	8 632	229 291	7 380	7 442	523 431
2010	15 977	4 499	6 584	8 442	264 701	12 657	9 091	267 547	11 299	9 185	609 983
2011	13 429	1 173	7 155	4 621	331 535	13 291	8 210	310 326	12 734	17 354	719 829
2012	17 523	2 841	8 520	8 500	315 739	12 814	11 166	329 943	9 536	11 081	727 663
2013	13 832	7 858	7 885	8 010	438 734	15 042	12 536	432 314	14 734	15 263	966 209
2014	33 298	8 149	10 864	6 225	431 846	16 378	14 762	433 479	18 205	13 243	986 449
2015	26 567	7 480	7 055	6 427	377 983	19 904	11 778	381 188	16 120	9 880	864 384
2016	24 084	7 946	8 607	6 336	348 949	14 639	13 583	394 107	16 031	15 139	849 422
2017	28 636	9 554	13 638	5 977	357 419	14 414	16 731	396 180	11 925	13 802	868 276
2018	26 152	6 605	12 743	9 768	333 539	13 143	11 533	340 364	10 708	14 071	778 627
2019	22 269	6 371	7 553	8 470	282 120	13 939	11 214	316 813	12 294	11 565	692 609
2020*	21 678	5 796	7 391	9 725	289 472	11 402	12 113	312 683	9 734	12 908	692 903

Примечание: \* – предварительные данные



Таблица 3. Вылов трески по орудиям лова, т

Год	Район I		Район IIa		Район IIб	
	Тралы	Другие	Тралы	Другие	Тралы	Другие
1967	238	84.8	38.7	90	121.1	-
1968	588.1	54.4	44.2	118.3	269.2	-
1969	633.5	45.9	119.7	135.9	262.3	-
1970	524.5	79.4	90.5	153.3	85.6	-
1971	253.1	59.4	74.5	245.1	56.9	-
1972	158.1	38.9	49.9	285.4	33	-
1973	459	33.7	39.4	172.4	88.2	-
1974	677	46.5	41	83.2	254.7	-
1975	526.3	35.4	33.7	86.6	147.4	-
1976	466.5	60.2	112.3	124.9	103.5	-
1977	471.5	66.7	100.9	156.2	110	-
1978	360.4	57.9	117	146.2	17.3	-
1979	161.5	33.7	114.9	120.5	8.1	-
1980	133.3	35.4	83.7	115.6	12.5	-
1981	91.5	45.1	77.2	167.9	17.2	-
1982	44.8	51.8	65.1	171	21	-
1983	36.6	28.2	56.6	143.7	24.9	-
1984	24.5	29.8	46.9	150.7	25.6	-
1985	72.4	40.2	60.7	112.8	21.5	-
1986	109.5	48.1	116.3	86.4	69.8	-
1987	126.3	19.8	167.9	77.5	129.9	1.7
1988	149.1	17.6	122	88	58.2	0.2
1989	144.4	19.5	68.9	81.2	19.1	0.1
1990	51.4	10.9	47.4	52.1	24.5	0.8
1991	58.9	12.1	73	84	40	1.2
1992	103.7	20.5	79.7	92.8	85.6	0.9
1993	165.1	30.7	155.5	113.9	66.3	0.2
1994	312.1	41.3	165.8	140.6	84.3	1.9
1995	218.1	33.3	174.3	143.3	160.3	10.7
1996	248.9	32.7	137.1	159	147.7	6.8
1997	235.6	37.7	150.5	176.2	154.7	7.6
1998	219.8	31	127	130.4	82.7	1.7
1999	133.3	25.7	101.9	115	107.2	1.8
2000	111.7	25.5	105.4	98.8	72.2	1.3



Таблица 3. Окончание

Год	Район I		Район IIa		Район IIb	
	Тралы	Другие	Тралы	Другие	Тралы	Другие
2001	119.1	23.5	83.1	102.8	95.4	2.5
2002	147.4	37.4	83.4	105.6	69.9	1.3
2003	146	17.1	107.8	114.2	50.1	1.8
2004	154.4	23.5	100.3	118.9	88.8	3.5
2005	132.4	27.2	87	107.7	115.4	5.6
2006	141.8	18.1	91.2	113.4	100.1	4.6
2007	129.6	22.9	84.8	110.6	91.6	6.3
2008	123.8	21.1	94.8	108.4	95.3	5.7
2009	130.1	31.5	102	105.2	142.1	11.4
2010	151.1	32.9	130	141.4	149.2	5.4
2011	158.1	38.4	163.5	167	181	11.9
2012	212.1	35.9	172.7	158.4	133.8	14.9
2013	308.5	52.2	216.9	204.7	159.7	24.1
2014	268.8	51.5	246.8	222.1	177.9	19.3
2015	224.3	48.1	192.2	183.2	197.7	19.0
2016	285.5	35.8	181.7	169.8	156.3	20.3
2017	265.4	44.5	189.5	171.0	180.0	17.9
2018	204.7	44.7	156.7	164.9	192.0	15.6
2019	199.4	35.6	177.8	140.7	128.9	10.1
2020	199.4	34.6	157.2	141.5	153.5	6.7

Для представителей семейства тресковых характерной особенностью является высокая волатильность численности поколений. Как видно из таблицы 2 треска не является исключением. Численность пополнения в возрасте 3 лет в течение 1946–2020 гг. демонстрировала высокую межгодовую изменчивость. Так, если среднеурожайное поколение имеет численность 755 млн шт., то урожайное 1963 г. рождения – 1902 млн шт. или в 2,5 раза больше. Самое низкое по численности пополнение отмечено в 1983 г. – 157 млн шт. (поколение 1980 г. рождения), что примерно в 5 раз меньше среднего уровня. Безус-

ловно, такие «скачки» в дальнейшем, по мере роста рыб и вступлении их в промысловый запас, оказывают существенное влияние на биомассу.

Промысловый запас трески существенно изменялся в течение 75 лет. Первый максимум биомассы наблюдался в послевоенный период 1946–1962 гг. и составлял 2–4 млн т, в дальнейшем в 1964–1965 гг. отмечалось краткосрочное снижение – до 1,4–1,7 млн т, после чего в 1966–1978 гг. наступил следующий максимум, однако он был в два раза меньше предыдущего. В течение следующих 12 лет (1979–1990 гг.) промысловый запас находился на ста-

бильно низком уровне – около 1 млн т. Третий максимум был относительно непродолжительным и наблюдался в 1991–1997 гг., в это время промысловая биомасса трески превышала 1,5 млн т (в 1993 г. – 2,4 млн т). Затем в 1999–2000 гг. вновь отмечался низкий уровень запасов – 1 млн т, который был весьма непродолжительным, и сменился устойчивым трендом роста запасов, начиная с 2001 г. Следует отметить, что в течение периода 2000–2013 гг. промысловая биомасса увеличилась в 3,5 раза, достигнув значений более 4 млн т (ICES AFWG Rep., 2014). В дальнейшем, начиная с 2014 г. отмечалось медленное снижение промысловой биомассы до 3 млн т. Этот процесс продолжается до настоящего времени и вызван вступлением в промысловую часть запаса неурожайного поколения 2007 г. рождения и низких по численности поколений 2008–2009 гг. (ICES, 2021). Нерестовый запас также был подвержен значительной межгодовой изменчивости. Исторический максимум нерестового запаса отмечался в 2014 г. и составил 2,6 млн т, тогда как минимальный – в 102 тыс. т (1980 г.), что в 6 раз меньше среднегодовых значений.

Особое внимание следует обратить на то, что если средний вылов за 75-летний период составил 672 тыс. т, то средняя биомасса нерестового запаса согласно данным математических оценок запасов составила 614 тыс. т. Согласно несложным расчётам очевидно, что за 2–3 года промыслом должны были быть выловлены все рыбы. Полученные цифры свидетельствуют о несостоятельности точки зрения специалистов ИКЕС о том, что промысел базируется исключительно на нерестовом запасе. Яркой иллюстрацией этого заблуждения являются данные, относящиеся к 1973–1974 гг., когда вылов 6–7 (!) раз превышал нере-

стовый запас. Возможно ли такое даже в теории? Более того, выполненный статистический анализ зависимости пополнения от биомассы нерестового запаса показал низкое значение коэффициента корреляции, которое указывает на отсутствие тесной связи между этими параметрами. Тем не менее, именно на идее зависимости «родители-потомство» основан главный принцип регулирования промысла: установление объёма общего допустимого улова в зависимости от уровня нерестового запаса. Поэтому более обоснованным представляется подход, основанный на использовании в расчётах данных по величине промыслового запаса. В случае, если сравнить соотношение вылова и значения промыслового запаса, то в среднем за период 1946–2020 гг. оно составило 0,29, что представляется адекватной величиной.

Оценки по модели SAM оказались существенно более устойчивыми, однако через несколько лет также обнаружилось несоответствие конфигурации модели реальным процессам (Васильев и др., 2020). По инициативе российских участников ИКЕС провел в 2021 г. экспертизу метода и данных, используемых при оценке запаса СВА трески для корректировки отмеченных недостатков. В процессе экспертизы конфигурация модели была уточнена, также были добавлены ранее не использующиеся индексы съёмки для самых старших и самой младшей возрастных групп. Уточнение конфигурации модели SAM проводилось на основе информационного критерия Акаике (AIC) и оценок ретроспективной устойчивости параметров популяции. В результате на текущий момент удалось добиться большей согласованности оценок модели и данных наблюдений, а также существенно большей устойчивости ретроспективных оценок.

ПРОМЫСЕЛ И СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ ТРЕСКИ

**Таблица 4.** Пополнение, биомасса, вылов и промысловая смертность в 1946–2020 гг.

Год	Пополнение, тыс. шт. (3 года)	Общая биомасса, т	Нерестовая биомасса, т	Вылов, т	Соотношение Вылов/нерестовый запас	Промысловая смертность 5–10- летних рыб
1946	1135788	3922916	951257	706000	0.7422	0.2514
1947	581941	3382444	903002	882017	0.9768	0.3097
1948	438495	3346692	784808	774295	0.9866	0.348
1949	625699	2889457	595004	800122	1.3447	0.3691
1950	1026289	2789609	535963	731982	1.3657	0.3828
1951	2445052	3709628	494928	827180	1.6713	0.4128
1952	2343271	4137579	489062	876795	1.7928	0.458
1953	2420871	4106232	411896	695546	1.6886	0.4126
1954	831333	4208804	407928	826021	2.0249	0.4384
1955	383557	3545134	328216	1147841	3.4972	0.5175
1956	746609	3326386	281791	1343068	4.7662	0.5677
1957	1428442	2812873	212420	792557	3.7311	0.5276
1958	937440	2359384	205292	769313	3.7474	0.5262
1959	1314694	2727446	434170	744607	1.715	0.5466
1960	1483389	2353397	384244	622042	1.6189	0.5405
1961	1554485	2353878	386337	783221	2.0273	0.6338
1962	1252375	2180958	315428	909266	2.8826	0.7402
1963	900621	2012402	216372	776337	3.588	0.8105
1964	468028	1507547	200639	437695	2.1815	0.6771
1965	870506	1451326	108010	444930	4.1194	0.5792
1966	1842715	2213432	120906	483711	4.0007	0.5494
1967	1311586	2728486	128596	572605	4.4527	0.5576
1968	183717	3288929	222794	1074084	4.821	0.6001
1969	110450	2829574	149048	1197226	8.0325	0.7077
1970	205641	2167602	242300	933246	3.8516	0.6965
1971	402577	1657516	330605	689048	2.0842	0.6463
1972	1045979	1608552	353303	565254	1.5999	0.6589
1973	1723668	2279737	334009	792685	2.3732	0.6283
1974	568211	2188062	158889	1102433	6.9384	0.613
1975	608710	2094916	133446	829377	6.2151	0.6587
1976	607084	1943691	167169	867463	5.1891	0.7053
1977	372778	1937560	336183	905301	2.6929	0.8156
1978	622679	1589042	228078	698715	3.0635	0.8529
1979	202675	1137172	180492	440538	2.4408	0.7719

Таблица 4. Продолжение

Год	Пополнение, тыс. шт. (3 года)	Общая биомасса, т	Нерестовая биомасса, т	Вылов, т	Соотношение Вылов/нерестовый запас	Промысловая смертность 5–10- летних рыб
1980	130292	852518	108433	380434	3.5085	0.7605
1981	143781	963860	161314	399038	2.4737	0.7923
1982	183737	750840	321065	363730	1.1329	0.7748
1983	141514	747868	311275	289992	0.9316	0.7913
1984	442251	831178	243575	277651	1.1399	0.8671
1985	534310	1006525	195200	307920	1.5775	0.8104
1986	1374917	1409753	164255	430113	2.6186	0.872
1987	360087	1243086	115231	523071	4.5393	0.9244
1988	335536	1008678	191380	434939	2.2726	0.8801
1989	157635	953135	236896	332481	1.4035	0.6659
1990	130130	903703	300543	212000	0.7054	0.4261
1991	295846	1337457	631789	319158	0.5052	0.4101
1992	715916	1685490	801116	513234	0.6406	0.4867
1993	988150	2201357	700998	581611	0.8297	0.5859
1994	752473	2118586	571721	771086	1.3487	0.7453
1995	539384	1852971	534198	739999	1.3853	0.7702
1996	407389	1697469	550491	732228	1.3301	0.7914
1997	785420	1542345	545261	762403	1.3982	0.9353
1998	1063528	1360918	385646	592624	1.5367	0.9393
1999	632034	1207368	280650	484910	1.7278	0.9365
2000	749727	1227729	255508	414868	1.6237	0.8472
2001	593152	1478197	382986	426471	1.1135	0.7393
2002	374202	1594432	520717	535045	1.0275	0.678
2003	756675	1680492	570925	551990	0.9668	0.6318
2004	242069	1566989	665416	606445	0.9114	0.7019
2005	693264	1517099	578794	641276	1.108	0.7041
2006	536630	1541849	583476	537642	0.9214	0.6028
2007	1243906	1866680	650377	486883	0.7486	0.44
2008	1002761	2548331	721138	464171	0.6437	0.3593
2009	581758	3081618	1009877	523430	0.5183	0.3062
2010	201832	3325191	1241679	609983	0.4913	0.2901
2011	358117	3563773	1803005	719830	0.3992	0.3054
2012	503017	3644935	2022883	727663	0.3597	0.2886
2013	464921	3740027	2257041	966209	0.4281	0.3139

Таблица 4. Окончание

Год	Пополнение, тыс. шт. (3 года)	Общая биомасса, т	Нерестовая биомасса, т	Вылов, т	Соотношение Вылов/нерестовый запас	Промысловая смертность 5–10- летних рыб
2014	852202	3480488	2153272	986449	0.4581	0.3312
2015	452019	3321906	1750900	864384	0.4937	0.3308
2016	286334	2898026	1407673	849422	0.6034	0.3504
2017	781901	2829945	1428859	868276	0.6077	0.3838
2018	508296	2631587	1286834	778627	0.6051	0.3989
2019	659091	2528242	1227414	692609	0.5643	0.4085
2020	572413	2248053	1004037	692903	0.6901	0.4342
Среднее	<b>740346</b>	<b>2223721</b>	<b>568086</b>	<b>672476</b>	<b>2.0335</b>	<b>0.5937</b>

### РЕЗУЛЬТАТЫ

На Рабочей группе ИКЕС по арктическому рыболовству в 2021 г. модель SAM применялась уже в усовершенствованной конфигурации (ICES, 2021). Стоит отметить, что оценки запаса трески в уточнённой модели SAM оказались весьма близки к оценкам, получаемым по используемой на AFWG альтернативной модели – TISVPA (Рис. 1).

Согласно оценке каждой из моделей, промысловый и нерестовый запасы трески достигли пиковых значений в 2013–2014 гг., а затем стали снижаться (рис. 1). Такая динамика во многом определялась

высокой численностью урожайных поколений 2004–2005 годов рождения. Поскольку последующие поколения были значительно меньше по численности, произошло снижение биомассы. В настоящее время промысловый потенциал этих поколений почти полностью исчерпан (рис. 2), поэтому в ближайшие годы ожидается снижение запаса.

Соответственно, в связи со снижением биомассы нерестового запаса, снижается и общий допустимый улов (ОДУ) трески, рассчитываемый по правилу регулирования промысла, принятому в Смешанной российско-норвеж-

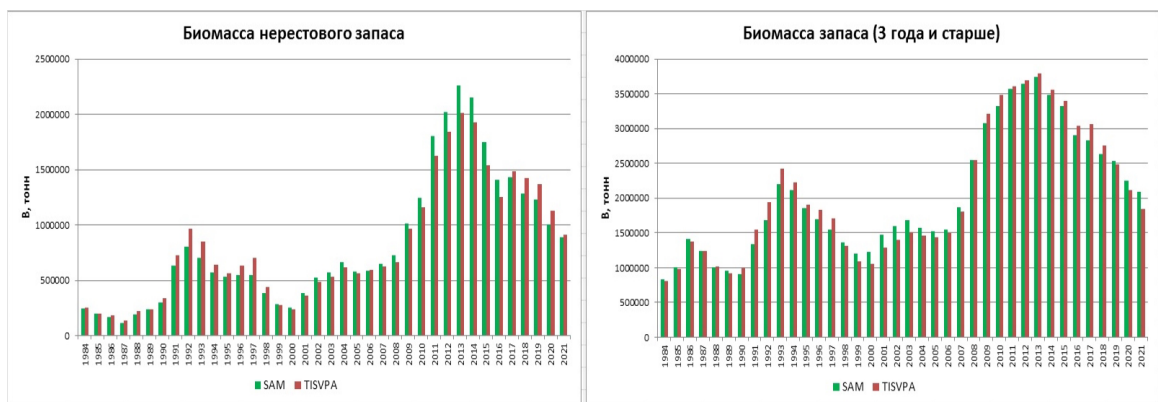


Рис. 1. Оценки биомассы нерестового и общего (3 года и старше) запаса трески, полученные по моделям SAM и TISVPA.



Рис. 2. Оценки численности трески в возрасте 13 лет и старше (по модели SAM).

ской комиссии по рыболовству (СРНК). Так, сокращение вылова в 2022 г. должно составить не более 20%, и в последующем 2023 г. с высокой вероятностью вылов также может сократиться еще на 20%.

Альтернативная оценка динамики биомассы нерестового запаса получена на основе выявленных корреляционных связей между биомассой запаса и интегральными климатическими показателями. Индекс АМО (Atlantic Multidecadal Oscillation Index) является хорошим индикатором условий формирования поколений, а при надлежащем учёте промысловой нагрузки – и биомассы запаса (Bulatov, 2013). Здесь был использован подход, разработанный нами ранее (Булатов, Васильев, 2018), однако он был модифицирован в связи с появлением новых оценок биомассы нерестового запаса трески, полученных по модели с возрастной структурой SAM (ICES, 2021).

Связь оценок биомассы нерестового запаса (SSB) со значениями индекса АМО аппроксимировалась следующим соотношением:

$$\ln(SSB) = aI + b\ln(K) + c \quad (1)$$

где:

$I$  – среднегодовой индекс АМО, усредненный за 12 лет с привязкой среднего к последнему году 12-летнего интервала и использующийся со сдвигом в 3 года относительно года SSB;

$K$  – коэффициент эксплуатации (улов/SSB), усреднённый за 4 года, включая год SSB;

$a, b, c$  – параметры, оцениваемые путем минимизации суммы квадратов отклонений между  $\ln(SSB_y)$ , полученными по модели с возрастной структурой (SAM), и значениями  $\ln(SSB_y)$  полученным по уравнению (1). Суммирование производится по годам  $y$ .

Оценки параметров составили:

$$a = 0,47 \quad b = -1,17 \quad c = 13,36$$

В расчётах использовались значения индекса АМО, начиная с 1964 г. (<http://www.psl.noaa.gov/data/timeseries/AMO/>). Найденная зависимость обеспечила весьма высокую корреляцию между оценками биомассы нерестового запаса по модели с возрастной структурой (при оценке параметров уравнения (1)



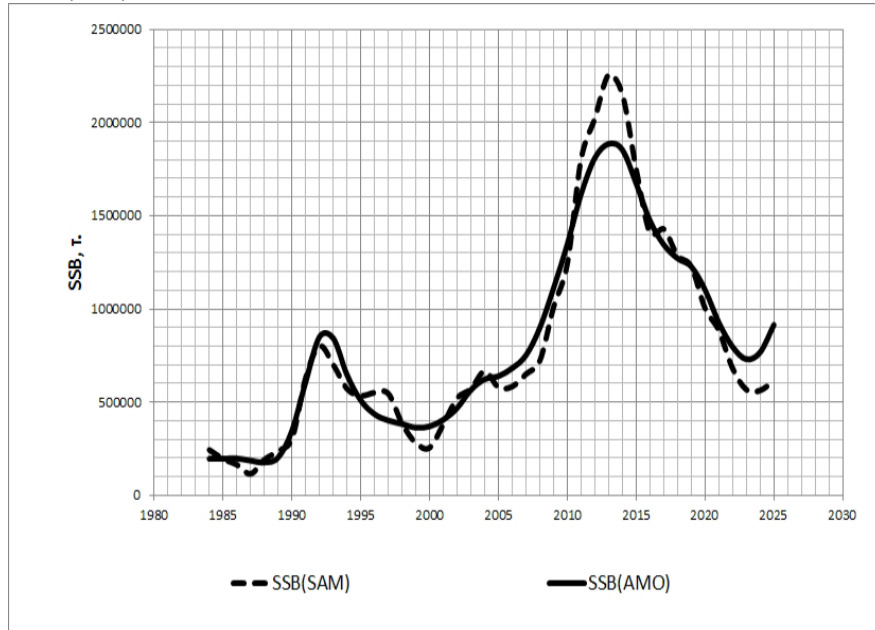
использовались оценки до 2021 г. включительно) и оценками биомассы нерестового запаса, полученными по индексу АМО по уравнению (1) (рис. 3).

Корреляция между оценками биомассы нерестового запаса по модели с возрастной структурой SAM и оценка-

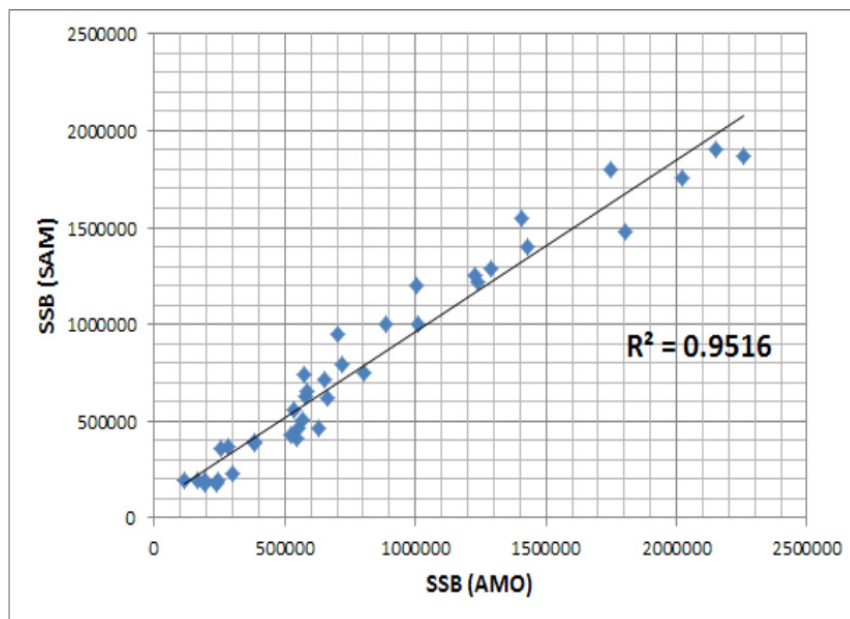
ми, полученными по индексу АМО, оказалась весьма высокой (рис. 4).

### ВЫВОДЫ

Привлечение дополнительных данных научных съёмок, особенно информации по самым старшим возрастным



**Рис. 3.** Сравнение оценок биомассы нерестового запаса, полученных по модели SAM (ICES, 2021) и по индексу АМО.



**Рис. 4.** Корреляция между оценками биомассы нерестового запаса, полученными по модели SAM (ICES, 2021) и по индексу АМО.



группам, и уточнение конфигурации модели, позволили заметно повысить точность и устойчивость оценок запаса баренцево-морской трески.

Наблюдаемое в течение ряда последних лет снижение биомассы нерестового запаса вызвано естественной убылью многочисленных поколений старших возрастов, главным образом исключительно урожайных поколений 2004–2005 годов рождения.

Прогноз состояния нерестового запаса, выполненный как на основе расчетов по модели SAM, так и на основе альтернативного подхода с использованием индекса АМО, показал высокую вероятность дальнейшего краткосрочного снижения биомассы нерестового запаса (и уловов) в ближайшие 2–3 года. Однако после вступления в нерестовую часть популяции достаточно многочисленных поколений 2011 и 2014 годов рождения, не исключен рост биомассы трески.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Булатов О.А., Васильев Д.А. Новые подходы в оценке и прогнозе запасов Северо-Восточной арктической трески с привлечением промыслово-статистических и климатических данных // *Вопр. рыболовства*, 2018. Т. 19. № 1. С. 34–41.

Васильев Д.А. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006611764 // *Реестр программ для ЭВМ*. 2006.

Васильев Д.А., Ковалев Ю.А., Четыркин А.А. Уточнение когортной модели для оценки состояния запаса трески Баренцева моря. // *Вопр. рыболовства*, 2020. Т. 21. № 1. С. 98–105.

Bulatov O.A. Climate change and the fishery in Russia-2025 // *ICES CM 2013/B:70*. 2013. Ref. 3267.

ICES. Report of the Arctic Fisheries Working Group (AFWG) // *ICES Scientific Reports* 2021. 3:58. 817 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8196>

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

Shepherd J.G. Extended survival analysis – an improved method for the analysis of catch-at age data and abundance indices // *ICES J. Mar. Sci.* 1999. V. 56. P. 584–591.

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

**FISHERY AND THE STATE OF THE BARENTS  
AND NORWEGIAN SEAS COD STOCK**

© 2022 г. O.A. Bulatov<sup>1</sup>, D.A. Vasilyev<sup>1</sup>, Yu.A. Kovalev<sup>2</sup>, A.A. Chetyrkin<sup>2</sup>

*1 – Russian Federal Research Institute of Fisheries  
and Oceanography (VNIRO), Moscow, 105187*

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

The assessment of the stock status and prospects for the fishery of the Barents Sea cod is characterized by significant uncertainty caused by the peculiarities of the age structure, which often led to significant differences in the results obtained using different models. As a result, this caused intense discussions both within the framework of the International Council for the Exploration of the Sea (ICES) and at the meetings of the Joint Norwegian-Russian Fisheries Commission.

In 2021, at a specialized ICES workshop («benchmark» group), the input data and configuration of the main assessment model - SAM, were refined, related to the inclusion of additional information on older age groups.

As a result, two models currently used by the ICES working group to estimate cod stock (SAM and TISVPA), which are very different in their approaches, showed that the number of generations born in 2004–2005 significantly decreased, which led to a decrease in cod biomass. An assessment of the prospects for the state of the stock, performed both on the basis of calculations using the SAM model and on the basis of an alternative approach using the AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation Index), showed a high probability of further decline and stabilization of the spawning stock biomass (and catches) in the next 2–3 years, after which restoration of spawning stock biomass is likely due to sufficiently abundant generations born in 2011 and 2014.

*Keywords:* stock assessment, North-East Arctic cod.