

К вопросу о методологии прогнозирования запасов и стратегии промысла минтая

Олег Аркадьевич Булатов
ФГБНУ «ВНИРО»

*Вторая научная школа молодых ученых, посвященная 100-летию
И.Б.Бирмана, г.Звенигород, 21 апреля 2015 г.*

Вопросы:

- *совершенна ли современная система оценки и прогнозирования запасов минтая?*
- *какой тип динамики численности имеет минтай, обитающий в разных районах?*
- *совершенна ли современная стратегия управления промыслом минтая, добываемого в ИЭЗ России?*

Вылов основными странами и мировой вылов в 2003-2012 гг., тыс. т

Страна	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1.Китай	14 328	14 465	14 589	14 631	14 659	14 791	14 919	15 414	15 766	16 167
2.Индонезия	4 584	4 605	4 684	4 794	5 034	4 995	5 099	5 374	5 701	5 813
3.США	4 939	4 960	4 893	4 852	4 768	4 350	4 222	4 426	5 153	5 128
4.Перу	6 086	9 604	9 389	7 017	7 210	7 395	6 914	4 261	8 248	4 841
5.Россия	3 281	2 941	3 197	3 284	3 475	3 384	3 826	4 070	4 255	4 331
6.Япония	4 688	4 337	4 334	4 337	4 298	4 311	4 104	4 085	3 775	3 644
Мировой вылов	88 287	92 760	92 492	90 238	90 792	90 134	90 119	89 086	93 734	91 336

Источник: FAO, 2014

Вылов основных промысловых видов рыб мирового рыболовства в 2002-2012 гг., тыс. т

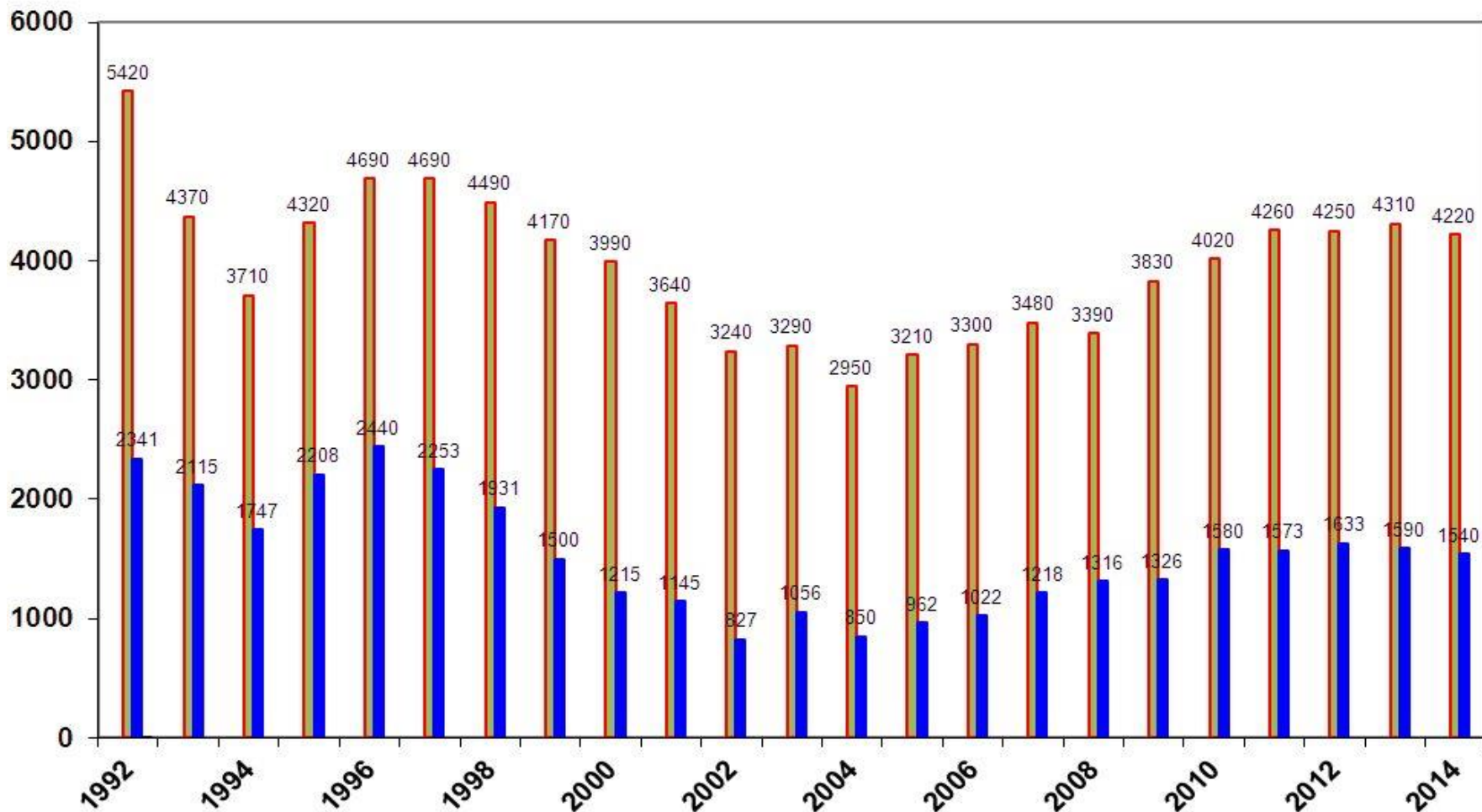
Вид	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Средний
Перуанский анчоус	9703	6204	10679	10215	7007	7611	7419	6910	4206	8320	4693	7542
Минтай	2655	2887	2693	2791	2860	2908	2649	2499	2828	3207	3271	2841
Скипджек	2030	2385	2429	2387	2531	2368	2454	2670	2634	2645	2795	2484
Сельдь атлантическая	1872	2161	2067	2306	2210	2367	2479	2518	2304	1780	1850	2174
Скумбрия восточная	1493	1870	1953	1985	1970	1714	1900	1641	1635	1716	1581	1769

Источник: FAO, 2014

Динамика вылова РФ и вылова минтая в 1992-2014 гг., тыс. т

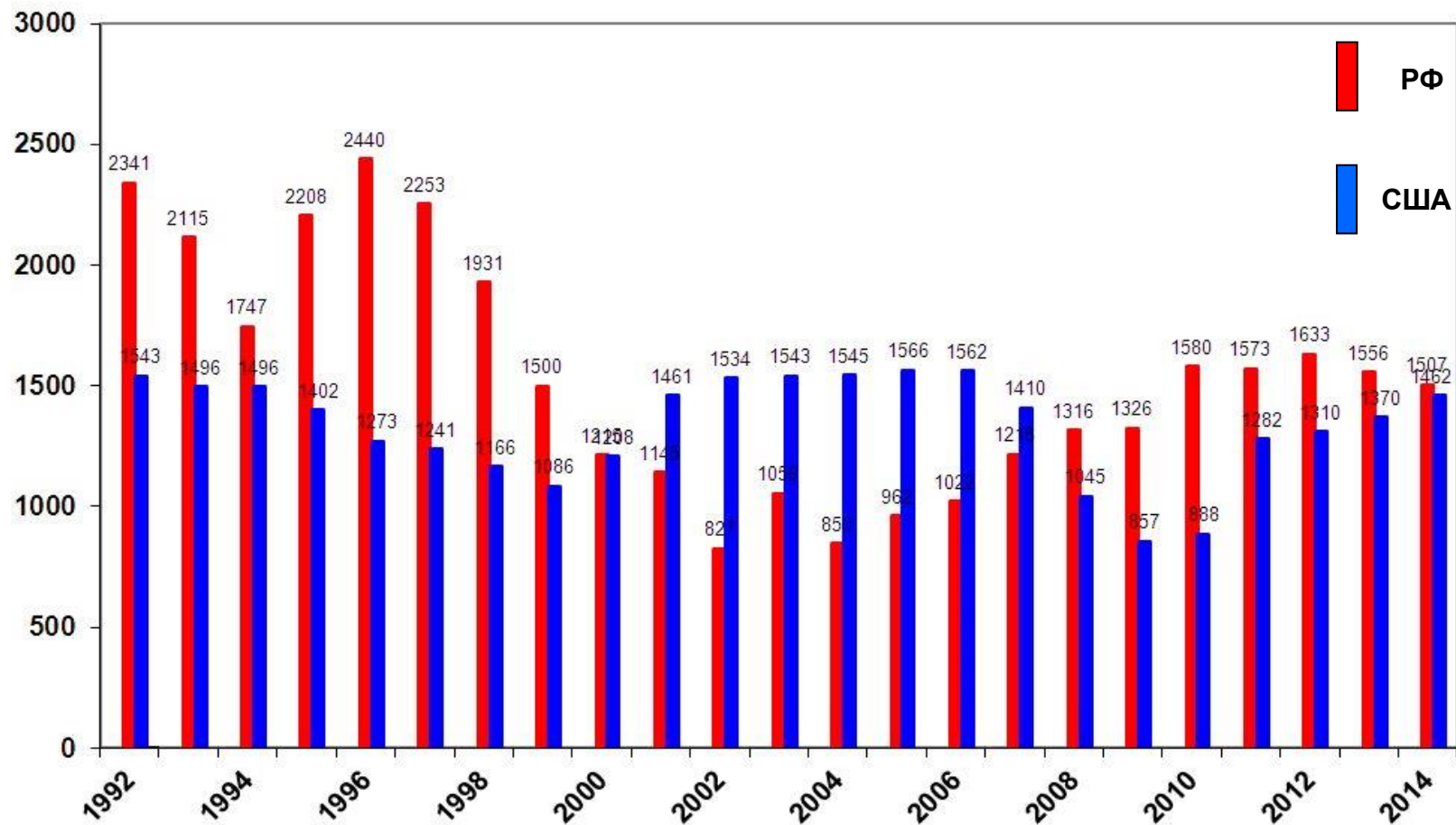


ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ



Источник: Росрыболовство

Динамика вылова минтая РФ и США в 1992-2014 гг., тыс. т



Источники: Росрыболовство и AFSC

Методы оценки запасов минтая, используемые в настоящее время в различных районах

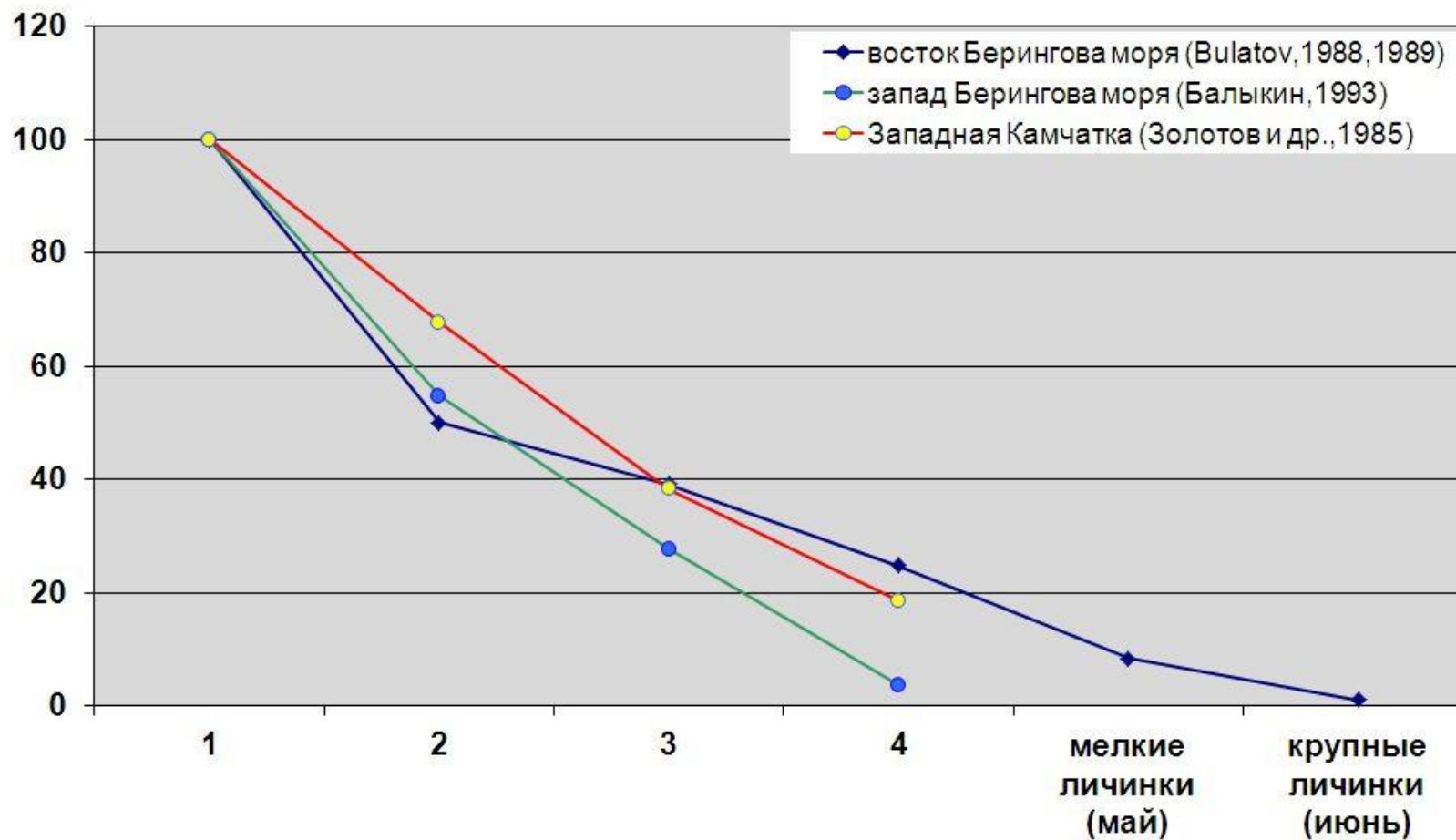
Зона/подзона	Метод			
	ихтиопланктонный	гидроакустический	траловый	моделирования
Западно-Беринговоморская зона	-	+	+	+
Карагинская подзона	-	-	+	+
Петропавловско-Командорская подзона	+	-	-	+
Северо-Курильская зона	-	-	-	+
Южно-Курильская зона	+	-	+	-
Северо-Охотоморская подзона	+	+	+	+
Западно-Камчатская подзона	+	+	+	+
Камчатско-Курильская подзона	+	+	+	+
Восточно-Сахалинская подзона	+	-	+	+
подзона Приморье	-	-	+	-
Западно-Сахалинская подзона	-	-	+	-

Сравнение точности оценок нерестового запаса минтая ихтиопланктонным методом

Автор методики	Исходная численность икры, 10x11 шт.	Средняя плодовитость тыс. шт.	Численность самок, 10 x 8 шт.	Самки: самцы	Масса нерестовых особей	Биомасса нерестового запаса, тыс. т
Hensen, 1887	235,8	193,4	1,2	1:1	0,52	125
Saville, 1964	469,1	193,4	2,4	1:1	0,52	250
Дехник, 1964	563,0	193,4	2,9	1:1	0,52	302
Соколовский, 1973	4658,5	193,4	24,1	1:1	0,52	2506
Дементьева, 1976	3684,1	193,4	19,0	1:1	0,52	1976

Источник: Булатов, 2006

Выживаемость минтая в раннем онтогенезе



Численность (млрд.шт) и биомасса (тыс.т) минтая в восточной и северной частях Охотского моря, оцененная разными методами

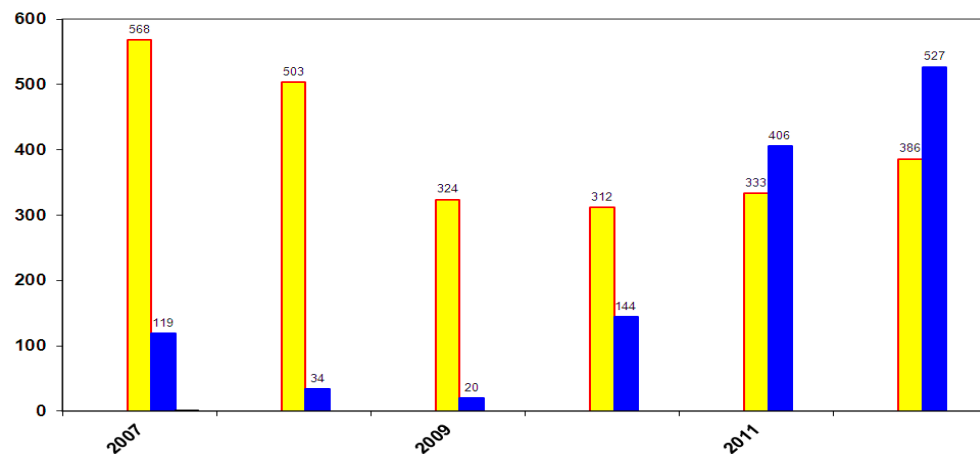
Методы	Год	западная Камчатка		залив Шелихова		североохотоморский район		восточный Сахалин		Всего		
		млн экз.	тыс.т	млн экз.	тыс.т	млн экз.	тыс.т	млн экз.	тыс.т	млн экз.	тыс.т	
Ихтиопланктонный	2010	13 168	4 210	3 282	957	2 341	653	58	20	18 849	5 840	+1,5 раза
	2011	9 989	3 489	2 267	841	13 490	4 146	322	76	26 068	8 552	
	2012	22 669	4 637	3 376	796	11 294	4 210	591	152	37 930	9 795	
	2013	9 760	2 861	2 479	1 134	12 283	3 945	230	80	24 752	8 019	
	2014	12 232	3 410	2 498	745	25 123	3 989	1 829	644	41 682	8 788	
Траловый	2010	28 550	9 048	1 323	514	19 125	5 311	1 432	615	50 430	15 488	-1,6 раза -1,5 раза
	2011	15 213	5 269	2 182	803	22 447	6 819	2 097	444	41 939	13 335	
	2012	24 932	5 042	1 902	459	16 515	5 388	1 478	379	44 827	11 268	
	2013	9 016	2 824	1 985	842	13 244	3 843	1 528	544	25 773	8 053	
	2014	18 284	5 718	2 119	437	38 622	6 144	2 270	778	61 295	13 077	
Акустический	2010	18 401	6 150	6 811	1 389	11 792	3 464	1 395	531	38 399	11 534	-1,5 раза
	2011	7 353	2 855	2 773	982	10 863	3 473	2 068	502	23 057	7 812	
	2012	10 362	3 607	1 939	545	11 370	3 911	927	311	24 598	8 373	
	2013	8 989	3 839	3 114	1 291	11 634	3 840	1 414	507	25 150	9 477	
	2014	7 548	3 112	3 828	1 131	21 696	3 382	1 039	419	34 111	8 044	

Источник: данные ТИНРО-Центра

Запасы минтая, оцененные акустическим методом и его вылов

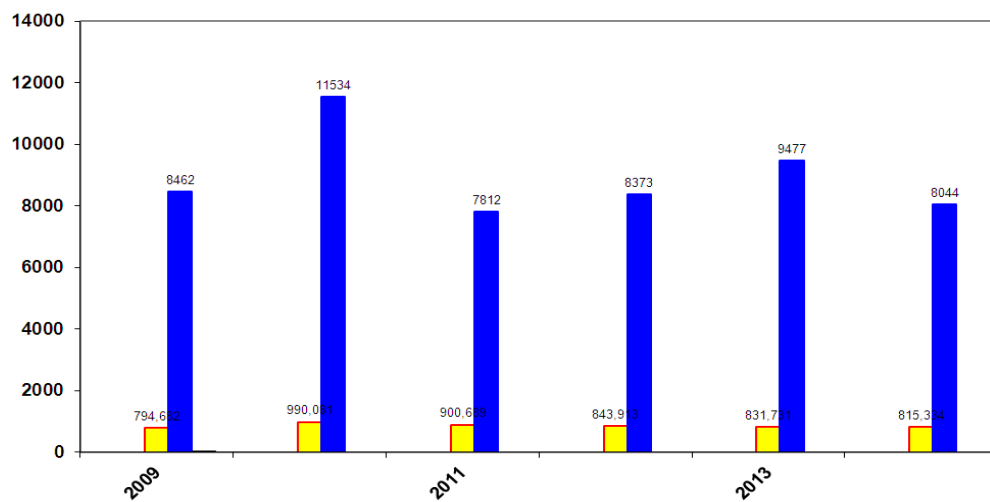
Наваринский район Берингова моря

■ Биомасса
■ Вылов



Северная и восточная части Охотского моря

■ Биомасса
■ Вылов



Источник: данные ТИНРО-Центра

Методы математического моделирования, применяемые при оценке запасов минтая

Зона/Подзона	Метод	Автор, организация
Западно-Беринговоморская зона	TISVPA	Васильев Д.А., ВНИРО
Карагинская подзона	Synthesis	Ильин О.И., КамчатНИРО
Петропавловско-Командорская подзона	Synthesis	Ильин О.И., КамчатНИРО
Северо-Курильская зона	Synthesis	Ильин О.И., КамчатНИРО
Камчатско-Курильская подзона	Synthesis	Ильин О.И., КамчатНИРО
Западно-Камчатская подзона	Synthesis	Ильин О.И., КамчатНИРО
Северо-Охотоморская подзона	Synthesis	Ильин О.И., КамчатНИРО
Восточно-Сахалинская подзона	КАФК	Михеев А.А., СахНИРО

Сравнительный анализ свойств математических моделей *Synthesis* и TISVPA

Свойства модели	Synthesis	TISVPA
Защищенность оценки от ошибок и искажений в данных	-	+
Учет возрастного состава промыслового запаса	-	+
Обеспечение однозначности оценки при отсутствии ресурсных исследований	-	+
Обеспечение несмещенности оценок	-	+

Прогноз ОДУ и вылов минтая Охотского моря (на 10.04) с использованием моделей **Synthesis** и **TISVPA**

Метод	ОДУ на 2014, тыс. т	ОДУ на 2015, тыс. т	ОДУ на 2016, тыс. т
Synthesis	821 (вылов – 775 тыс. т или 94,4%)	789	967
TISVPA	-	904 (вылов – 808 тыс. т или 89,4%)	-

Выводы:

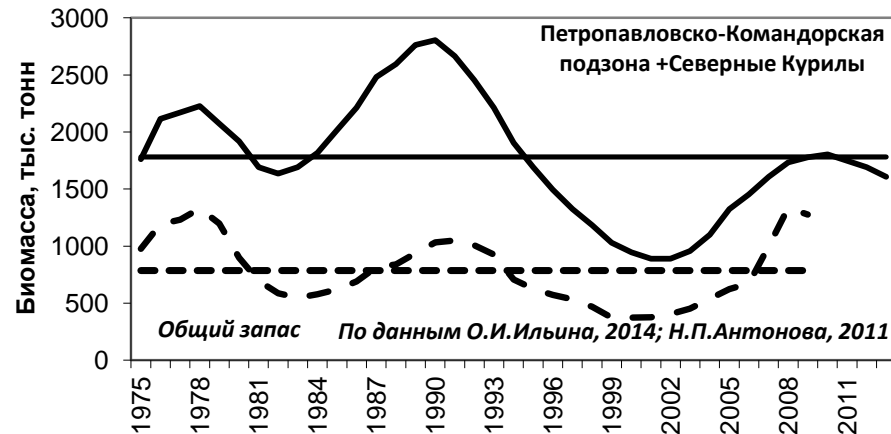
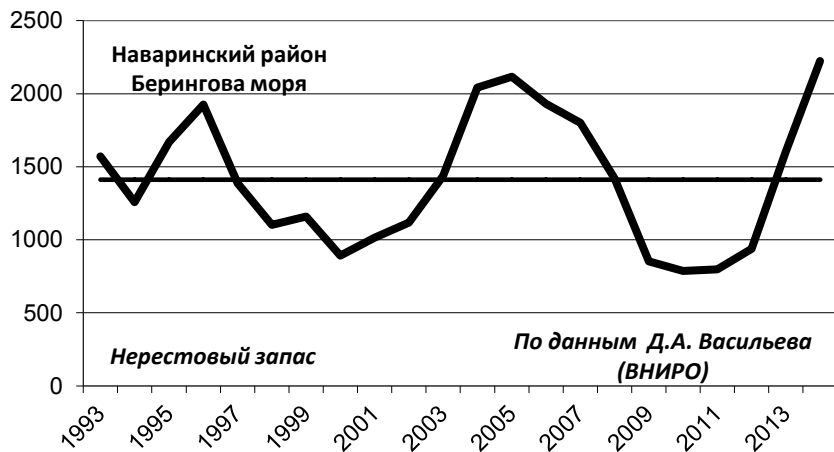
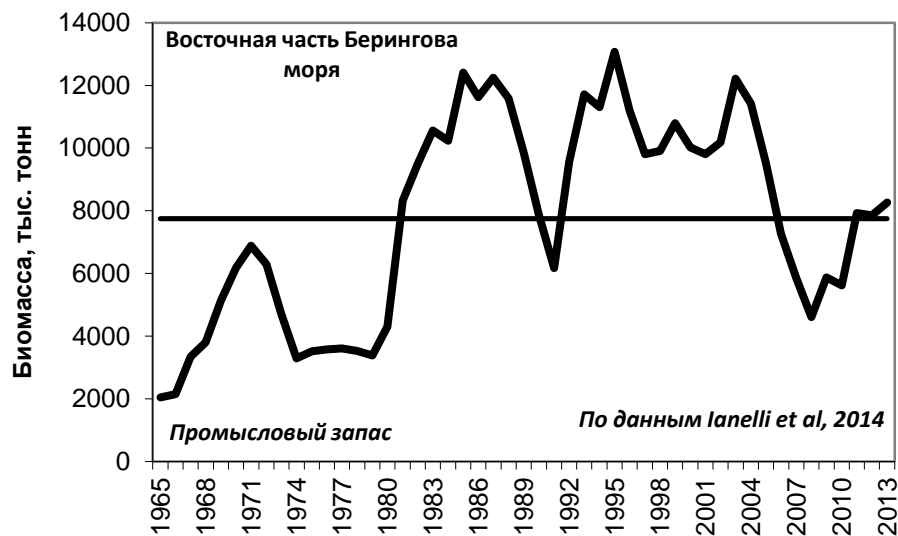
Некоторые методы прямого учета обладают следующими источниками неопределенности:

1. Ихтиопланктонный метод - недоучет смертности икры (приводит к занижению оценок нерестового запаса);
2. Акустический метод – недостаточно точное определение «силы цели» (значительное занижение запаса в Наваринском районе Берингова моря).

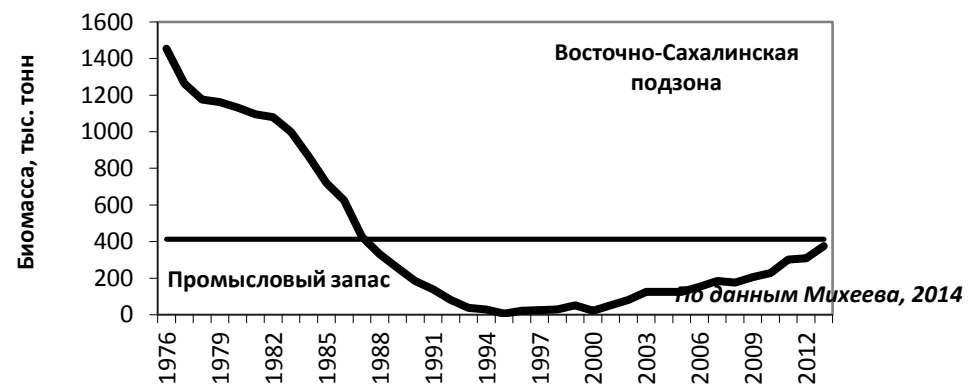
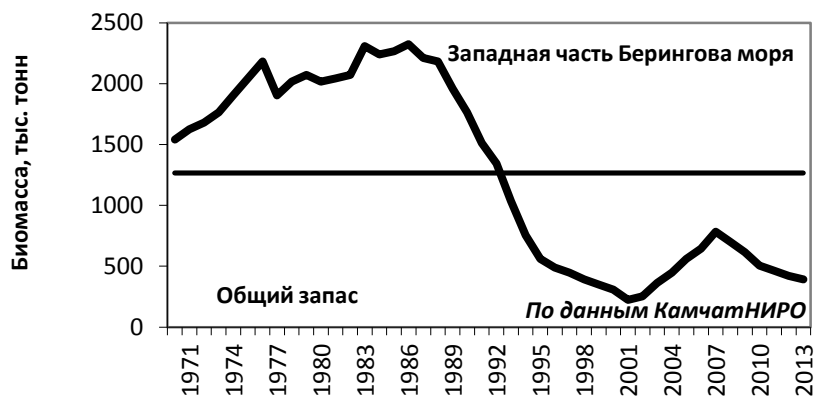
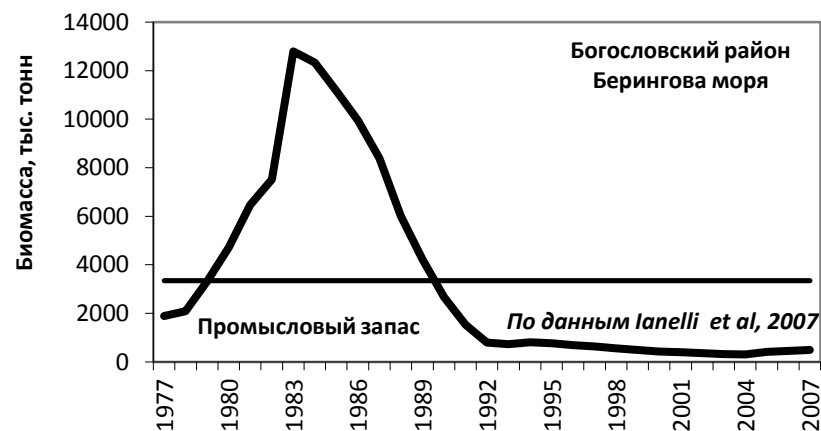
Устойчивые запасы минтая



ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ



Неустойчивые запасы минтая



Вывод

Исследование динамики запасов минтая, основанное на рядах продолжительностью 20 лет и более, с использованием единого методического подхода оценки запасов, показало:

1. Устойчивым типом динамики запасов обладает минтай, обитающий в восточной части Берингова моря, Наваринском районе Берингова моря, северной и восточной частях Охотского моря, Петропавловско-Командорской подзоне и Северо-Курильской зоне.

2. Неустойчивым типом динамики запасов обладает минтай, обитающий в зал. Аляска, Богословском районе Берингова моря, Западной части Берингова моря, Восточно-Сахалинской подзоны.

Прогноз биомассы и пополнения (общий вид)

$$B_F = B_i - U + R$$

где: B_F - прогнозируемый нерестовый запас
 B_i - учтенный нерестовый запас
 U - убыль (смертность, $F + M$)
 R - пополнение

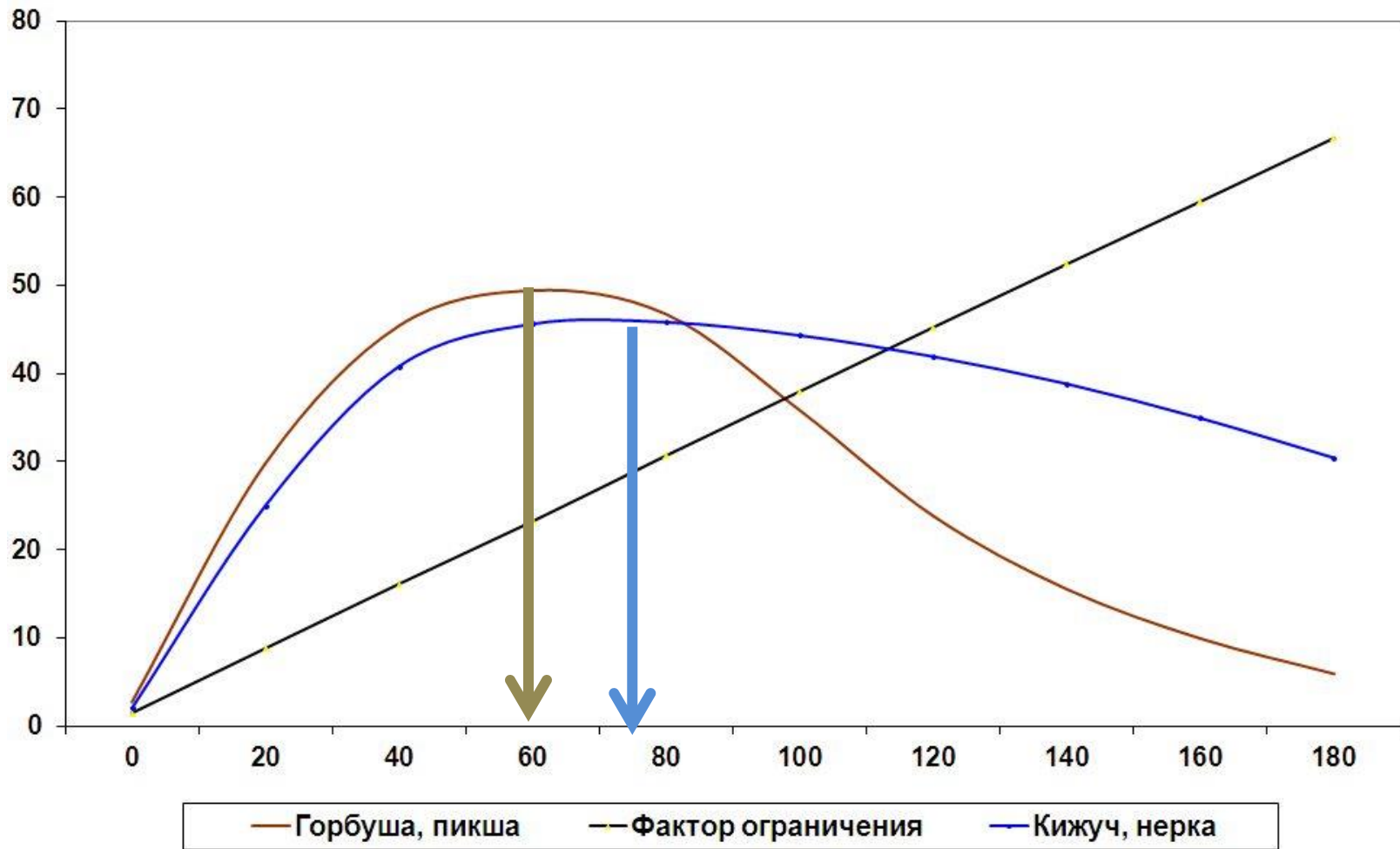
Как связано пополнение R с нерестовым запасом SSB ?

Логика подсказывает: $R = f(SSB)$

Концептуальная схема Рикера, отражающая связь «родители-потомство»



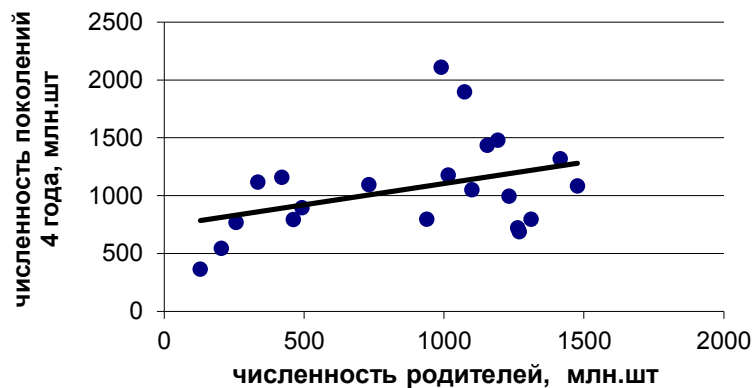
ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ



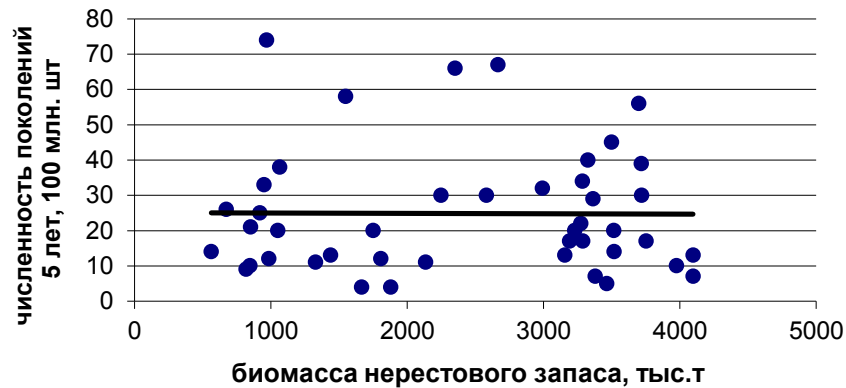
Корреляционный анализ зависимости «родители-потомство» у минтая



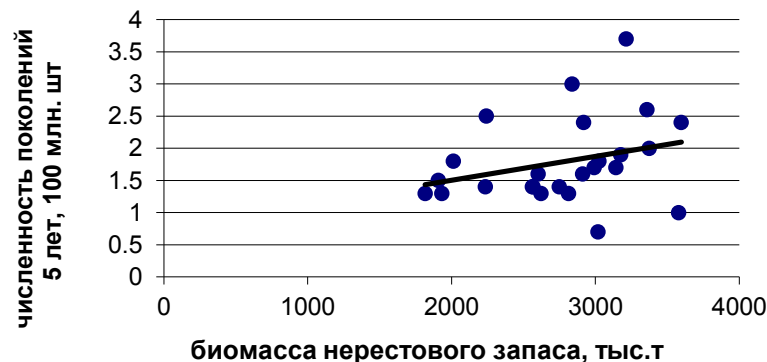
ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ



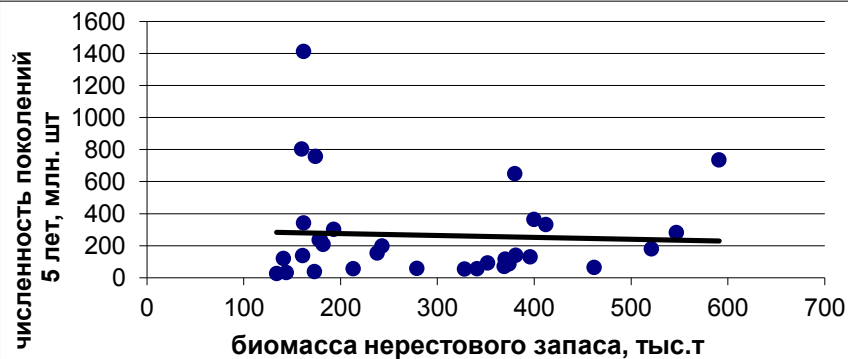
Западная часть Берингова моря (данные из Balykin,1996) , 1970-1990 гг., $r = 0,38$



восточная часть Берингова моря (данные из Ianelli et al.,2013), 1965-2008 гг., $r = -0,007$



Восточная часть Охотского моря (данные из Бабаян и др., 2006), 1974-1998 гг. , $r = 0,29$



залив Аляска (данные из Dorn et al.,2013), 1977-2008 гг., $r = -0,05$

Вывод:

Статистически значимая связь между «родителями – потомством» у минтая отсутствует.

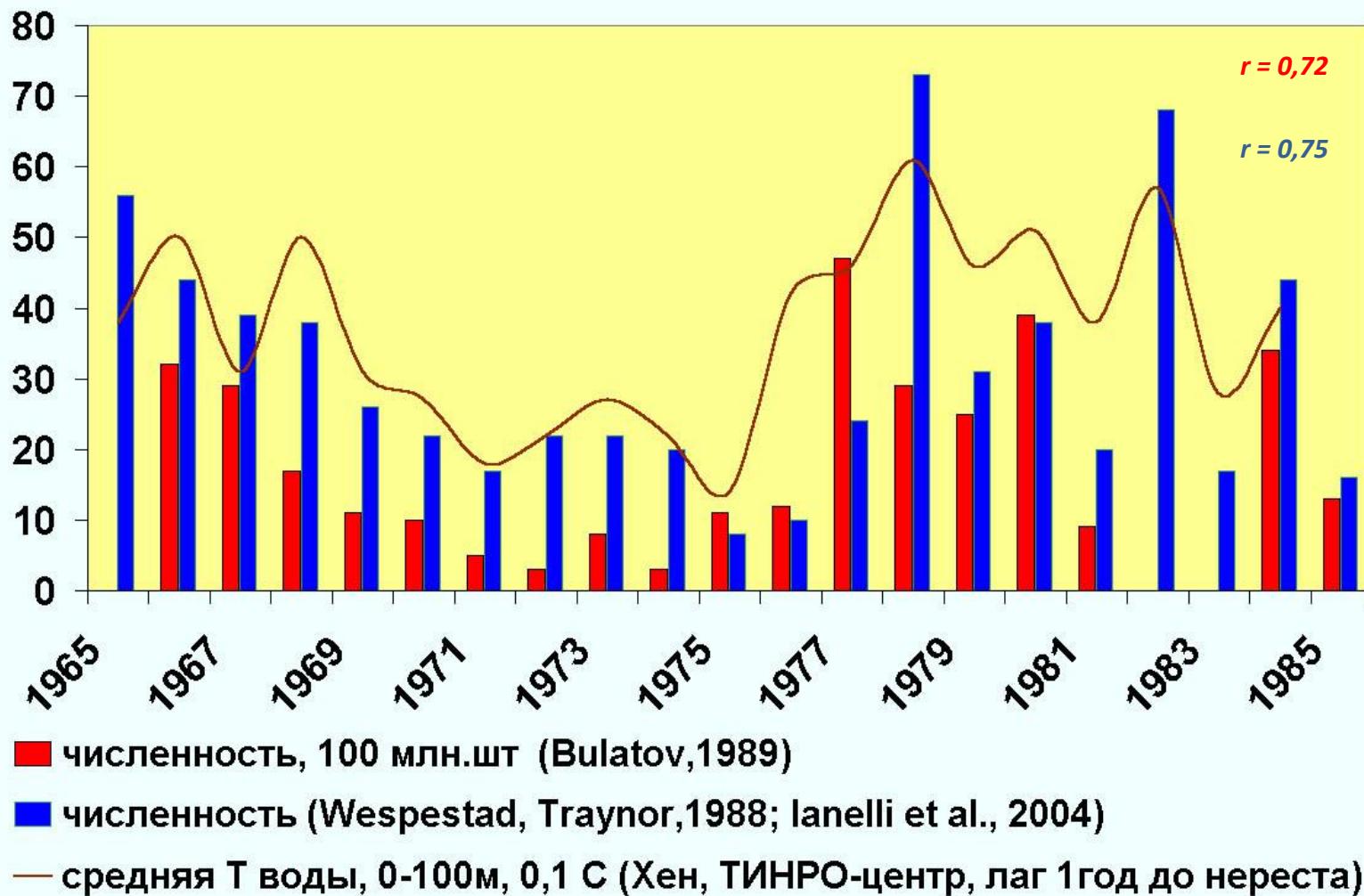
Причины:

1. Нерестовым субстратом для самок минтая является вода + икра развивается в пелагиали;
2. Родители не охраняют икру, компенсируя это относительно высокой плодовитостью (200-400 тыс. икринок).

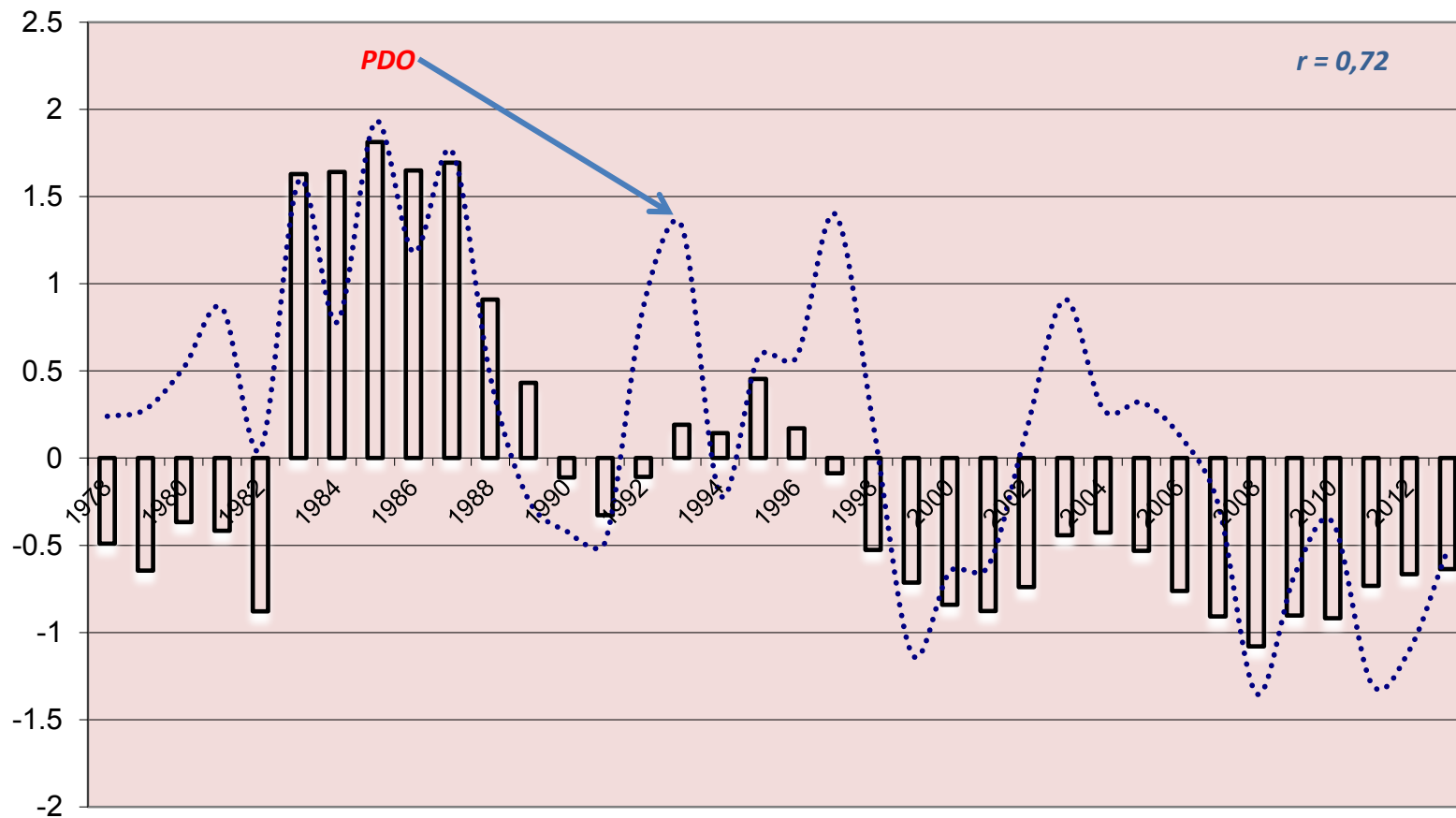
Изменчивость численности минтая восточной части Берингова моря в возрасте 5 лет



ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ



Аномалии индекса PDO и биомассы минтая в зал. Аляска, Беринговом и Охотском морях (10 млн. т)



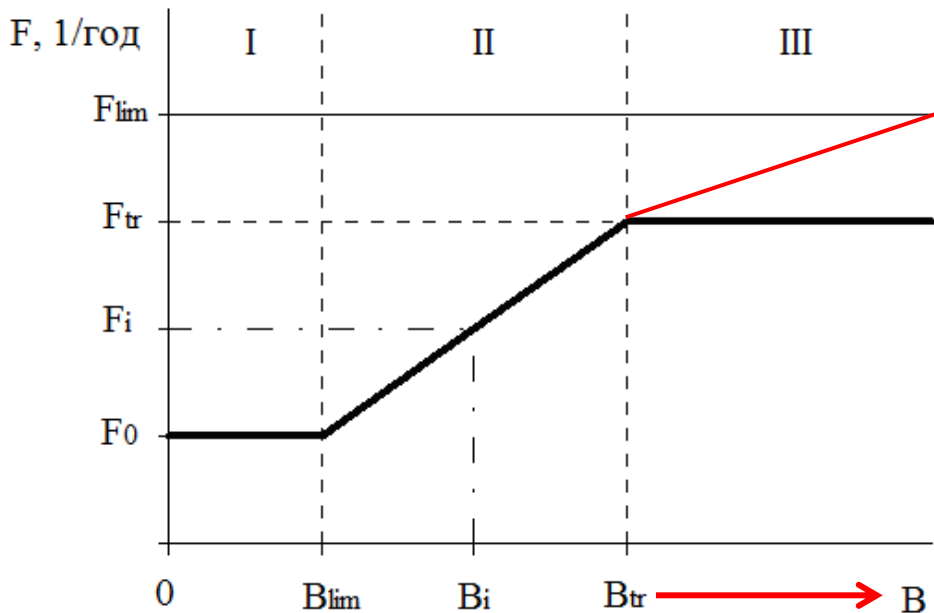
Стратегия управления промыслом минтая

Цель - рациональное использование запасов на основе научных рекомендаций

Задачи:

- 1. Мониторинг качественного состояния и количественной оценки запасов**
- 2. Прогноз состояния запасов, основанный на современной методологии**
- 3. Разработка Правила регулирования промысла с учетом устойчивости запаса**
- 4. Прогноз Биологически возможного улова**
- 5. Прогноз ОДУ с учетом:**
 - популяционного состава;**
 - социально-экономических факторов;**
 - политических особенностей;**
 - конъюнктуры рынка.**
- 6. Меры регулирования промысла и его контроль.**

Условия применения предосторожного подхода к регулированию промысла



I – режим полного запрета промысла

II – режим восстановления запаса

III – режим постоянной интенсивности промысла

неопределенность в оценках параметров учитывается в явном виде
запас может потерять устойчивость при падении величины запаса ниже некоторого критического уровня
регулирование (промысла - ОБ) обеспечивает ускоренное восстановление запаса до целевого уровня и поддержание его на этом уровне без ущерба для биологической безопасности запаса при приближении показателей состояния запасов (в первую очередь биомассы) к границам диапазона их биологически безопасных значений принимаются заранее предусмотренные меры по ограничению эксплуатации запаса вплоть до полного прекращения любой промысловой деятельности

Источник: Бабаян, 2000 (с.55)

Зависимость оценок ОДУ охотоморского минтая от величины целевого ориентира (В tr) и % промыслового изъятия в советский период и современных условиях (метод Synthesis)

	1989	1991	1991-1989	2010	2012	2013	2014	2015	2015-2012
Целевой ориентир (В tr)	-	-		4312	5074	5189	5089	5089	+15
Прогнозируемая биомасса нерестового запаса	4711	4862	+151	5247	4705	4857	4949	4870	+165
F _i , промысловая смертность				0,266	0,230			0,204	-0,026
% промыслового изъятия	29,6	29,8	+0,2	19,2	18,3	17,3	16,6	16,2	-2,1
ОДУ	1397	1450	+53	1010	862	840	821	789	-73

Вывод

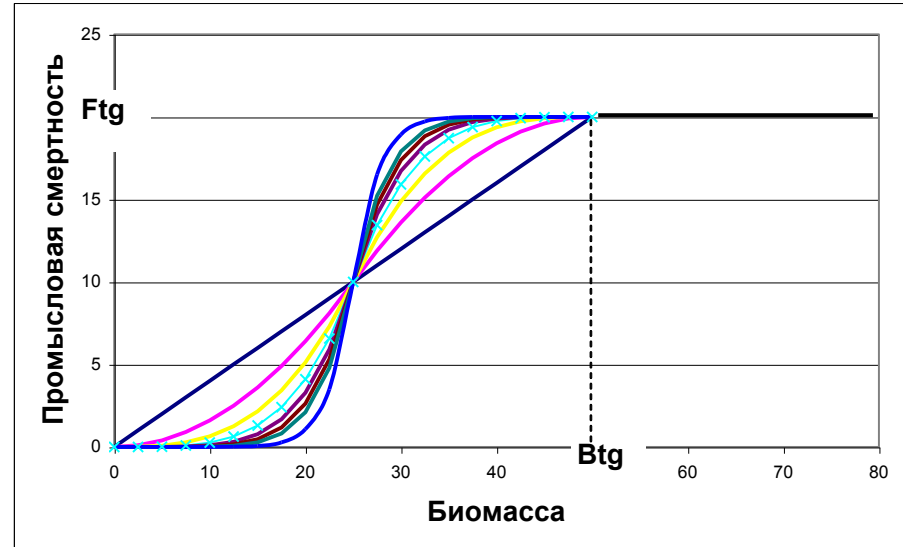
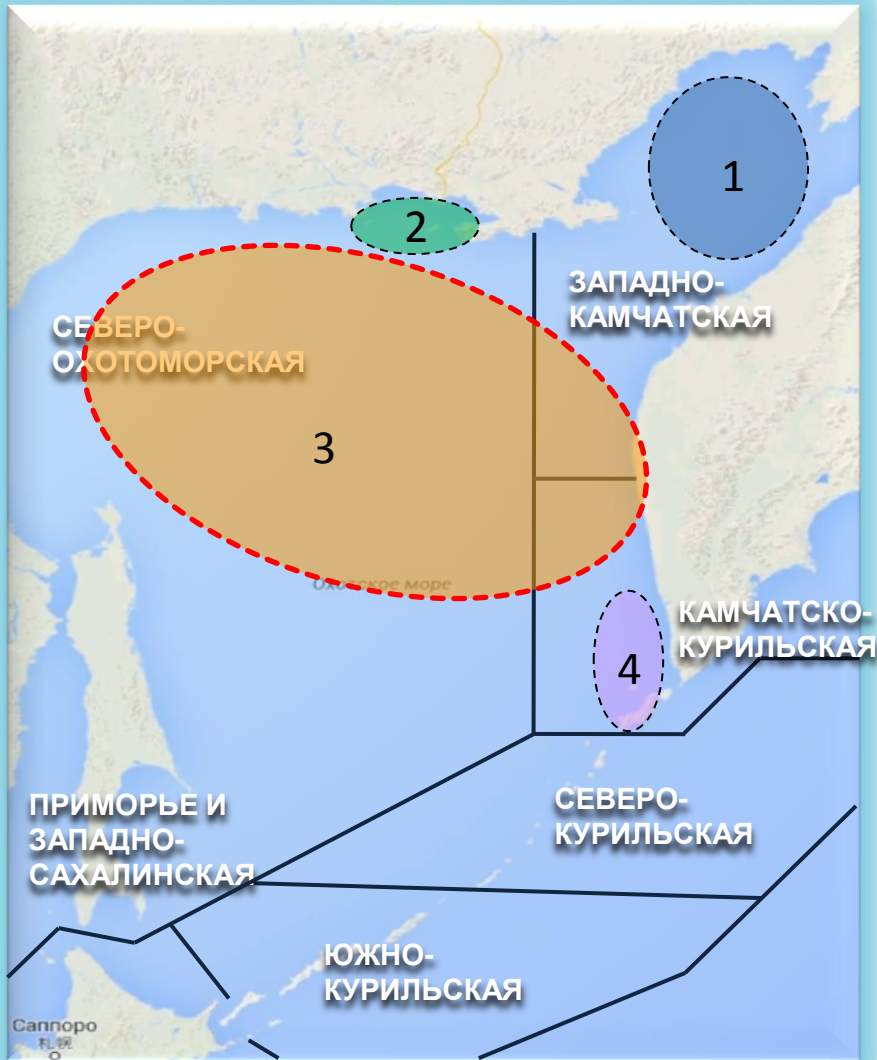
Использование предосторожного подхода обосновано к неустойчивым запасам, обитающих в:

зал. Аляска,
Богословском районе Берингова моря,
Западной части Берингова моря,
Восточно-Сахалинской подзоне.

К устойчивым запасам, обитающих в:

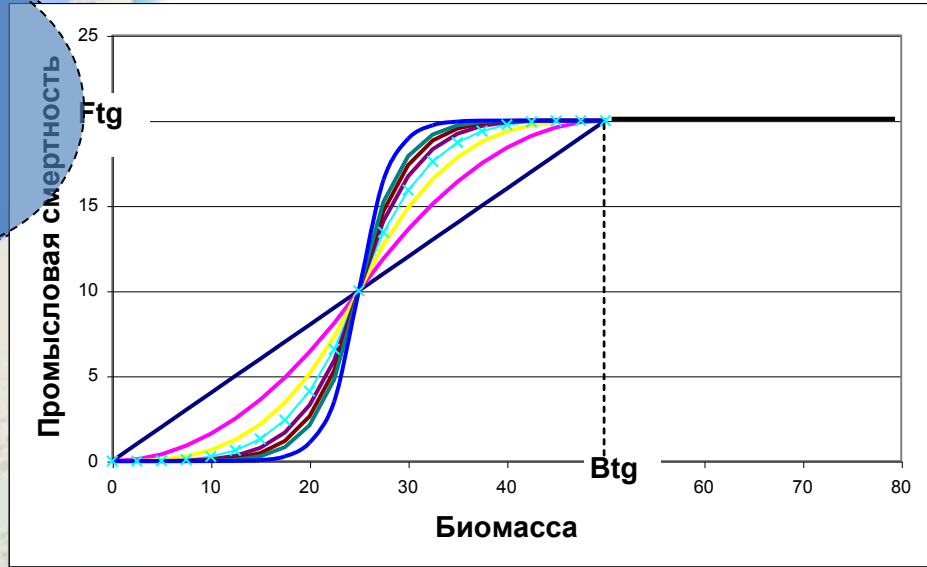
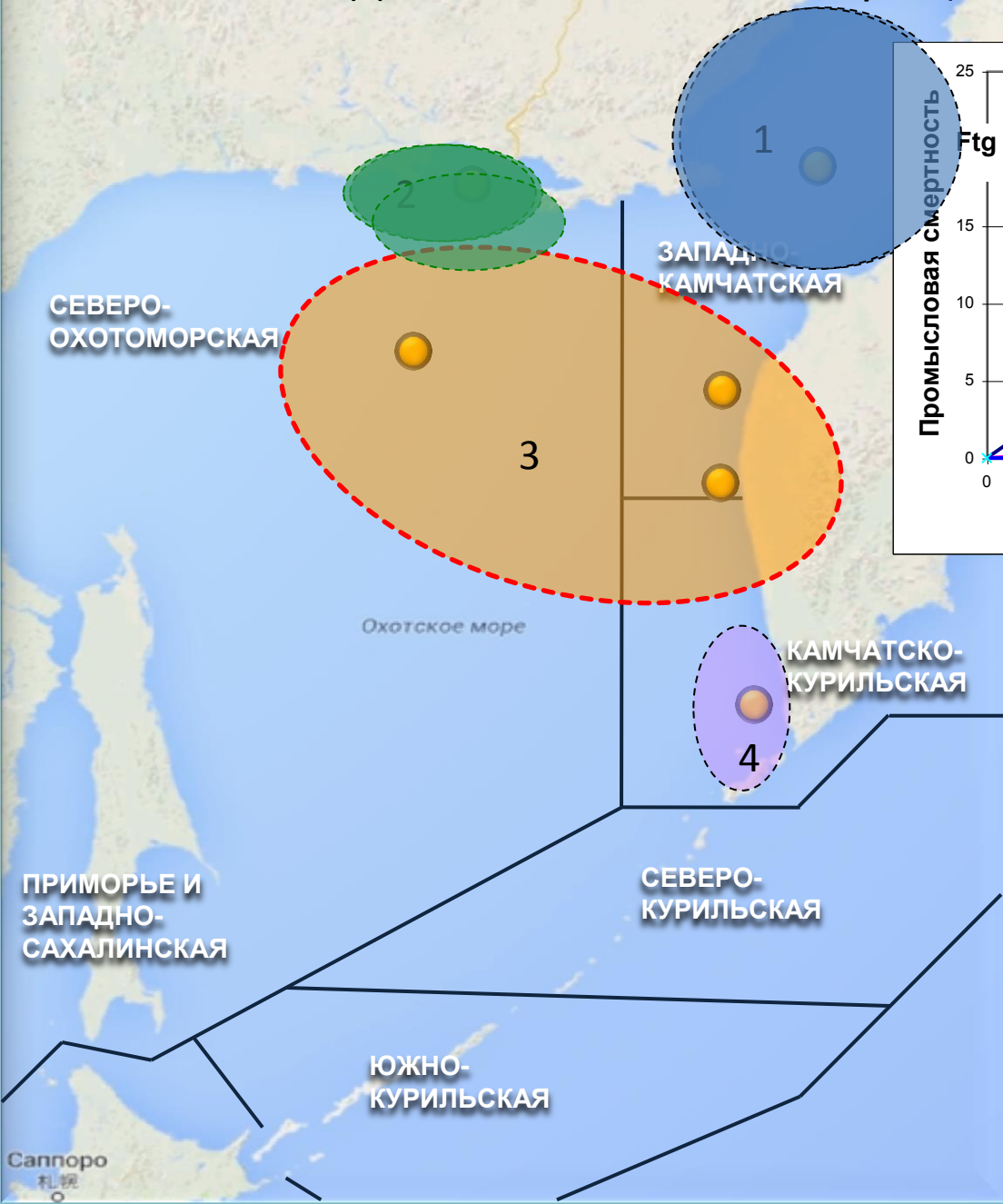
восточной части Берингова моря,
Наваринском районе Берингова моря,
северной и восточной частях Охотского моря,
Петропавловско-Командорской подзоне и Северо-Курильской зоне,
обосновано применение не предосторожного, а модифицированного
традиционного подхода, в котором отсутствует режим I – полного запрета
на промысел.

Популяционная структура минтая и расчет ОДУ



- 1) Минтай Камчатско-Курильской, Западно-Камчатской и Северо-Охотоморской подзон неоднороден**
- 2) Современное промысловое районирование Охотского моря не соответствует популяционной структуре минтая**

Расчет ОДУ в зависимости от популяционной структуры минтая



Варианты ОДУ:

A) 1 + 3* + 4	600 тыс.т.
2 + 3**	300 тыс.т.
B) 1 + 2 + 3 + 4	1200 тыс.т.
В) 1	?
2	?
3	800 тыс.т.
4	400 тыс.т.

Спасибо за внимание

