

---

## МНОВИДОВОЙ ПРОМЫСЕЛ

---

УДК 639.2:573.22.087.1.001.57

### МОДЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИМИЗАЦИИ МНОВИДОВЫХ ПРОМЫСЛОВ ПРИКАМЧАТСКИХ ВОД

© 2007 г. А.И. Абакумов<sup>1</sup>, Л.Н. Бочаров<sup>2</sup>, Е.П. Каредин<sup>2</sup>, Т.М. Решетняк<sup>2</sup>

*1 – Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН,*

*Владивосток 690041*

*2 – Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,*

*Владивосток 690950*

Поступила в редакцию 15.01.2007 г.

Окончательный вариант получен 06.02.2007 г.

Предложена процедура оптимального распределения квот. Оптимальность понимается в смысле близости ожидаемых результатов промысла к рекомендуемому общему допустимому улову. Существующая система распределения квот пообъектно для мновидовых промыслов создает почву для сильных отклонений результатов промысла от планируемых. Результаты применения предлагаемой процедуры к данным о промыслах в ряде подзон Берингова и Охотского морей показывают ее эффективность: распределяя квоты предлагаемым образом, мы не допускаем заметных отклонений от планируемых режимов промысла.

### ВВЕДЕНИЕ

Приоритетной задачей по совершенствованию отечественного рыболовства на дальневосточном бассейне является задача оптимизации действующих промыслов (Котенев, 2001). Оптимизация промыслов должна преследовать цель повышения их эффективности.

Эффективность рыболовства определяют:

- 1) эффективностью освоения сырьевой базы,
- 2) эффективностью использования полученных уловов.

Первая величина может быть выражена соотношением между суммарным выловом и суммарным общим допустимым уловом (ОДУ) в районе промысла; вторая – долей от биомассы полученных уловов, направляемой на технологическую переработку.

Обе величины, по оценкам ученых и специалистов (Материалы... 2002), равны примерно 0,7 и, действуя в совокупности (мультипликативно), они дают величину 0,49. Это означает, что только половину доступного ресурсного потенциала превращают на флоте в сырье для технологической обработки и используют для выпуска конечной продукции.

Эффективное освоение сырьевой базы, на наш взгляд, может быть достигнуто установлением для действующих промыслов обоснованных

(оптимальных) режимов квотирования базовых объектов промысла. Наша работа посвящена рассмотрению вариантов решения этой задачи.

После принятия ООН Конвенции по морскому праву ведущие рыбодобывающие державы мира приняли за основу своей стратегии регулирования рыболовства концепцию общего допустимого улова (ОДУ), который следует определять для каждой единицы запаса (популяции, для которой допускается промысел).

Главная задача управления промыслами – соблюдение соответствия между производственными характеристиками эксплуатируемых популяций, выражаемых в величинах ОДУ, и выловом. Это обычно достигается ограничением численности задействованного флота, сокращением сроков ведения промыслов, запретами на применение некоторых орудий лова и/или ограничениями их характеристик (например, шага ячеи сетного полотна тралов), контролем нарастающих уловов и т.д. В целом на большинстве промыслов (за исключением, вероятно, крабовых) этой главной цели удается добиться, и величина вылова на промыслах оказывается все-таки несколько меньше величины определенного рыбохозяйственной наукой ОДУ. Однако в последние годы буквально хлынул поток информации о «неполном учете и выбросах части уловов, относящихся к прилову». Масштаб проблемы оказался неожиданно велик – по оценкам ФАО в выбросы идет и не учитывается в общем вылове до 30% общего мирового вылова (Кочиков, 2000). Эта величина, вероятно, характерна и для российского рыболовства (Борец, Каредин, 2001).

В настоящее время квотирование вылова осуществляют на основе утвержденных величин ОДУ. В 2004 г. доли квот по объектам промысла (кроме лососей) для потребителей были зафиксированы на 5 лет, по принцип квотирования на основе ОДУ остался. Из величины ОДУ часть ее направляют на обеспечение международных соглашений страны, деятельности рыболовных предприятий и другие нужды, а остаток передается в ведение субъектов федерации, где распределяется на квоты в соответствии с долями предприятий-судовладельцев. В дальнейшем под ОДУ мы будем понимать этот остаток, распределяемый в виде квот. Предприятия в соответствии с законом получают определенные объемы квот, отражаемые в разрешениях на промысел. При этом реализуется общее правило: в виде квот для специализированного промысла распределяется примерно 70% ОДУ, остальное резервируют для изъятия в виде прилова на других промыслах. Это правило в принципе разумно, но пока не имеет научного обоснования и последствия его всеобщего применения на всех объектах и во всех районах промысла отражены в характеристиках состояния современного дальневосточного рыболовства (Бочаров, Каредин, 1999; Каредин, 2001).

Лежащее в основе нынешней системы распределения квот тотальное применение концепции ОДУ в настоящее время часто критикуют (Бочаров, 2004; Котенев, 2005). Разрешения на промысел (квоты) выдают для отдельных

биологических объектов, и это приводит к различным коллизиям. Основная из них, лежащая на поверхности, – это искажение объемов разрешенного вылова из-за того, что орудия промысла биологических объектов в море многовидовые (Буслов, 2006). Многие действия промысловиков (сокрытие, выбросы части уловов и т.п.) зачастую также связаны с этим обстоятельством. Анализ последствий промысла усложняется крайней запутанностью данных о промысле и сложностью восстановления более или менее достоверной картины.

Выбросы части уловов приобрели недопустимые размеры, однако для рыбаков это вынужденная практика. В течение всего времени развития отечественного рыболовства на дальневосточном бассейне флот работал на избыточной сырьевой базе при отсутствии требований по обязательной переработке пойманного. Кроме того, важным фактором было абсолютное доминирование в уловах одного вида. Для других видов, присутствующих в уловах, на судах не было и нет сейчас техники переработки. На дальневосточном бассейне величина ОДУ никогда не была фактором, сдерживающим развитие рыболовства. Сырьевую базу всегда осваивали не полностью (Каредин, 2000). В настоящее время при низком, по сравнению с 80-ми годами прошлого столетия, состоянии запасов освоение сырьевой базы составляет 60-80%. И преодоление этого недоосвоения следует считать важной задачей оптимизации промыслов.

Вопрос о многовидовом рыболовстве в последние годы часто обсуждают в литературе и на различных собраниях в связи с распространенной практикой выбросов многочисленного на всех промыслах прилова (Кузнецов, Кузнецова, 1995; Пальм, Чикилев, 2000; Бочаров, 2004; Кочкиков, 2005).

Нами проведен анализ рыбного промысла с точки зрения его многовидовых характеристик с использованием концепции ОДУ. Этот анализ опирается на разработанные авторами математические модели. С одной стороны, мы стремимся к такому распределению квот, при котором почти нет переловов. С другой стороны, предлагаемые нами варианты приводят к полному освоению сырьевой базы (расчетный вылов совпадает с ОДУ). Наши результаты можно сравнить с результатами других авторов по проблемам многовидового промысла (Кузнецов, Кузнецова, 1995; Кочкиков, 2000; Балыкин, Терентьев, 2004; Терентьев, Винников, 2004).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы данные о промыслах в трех подзонах дальневосточных морей, полученные из обзоров промысловой обстановки на Дальневосточном бассейне (Обзор..., 2002, 2003, 2004). Авторы выражают признательность сотрудникам отдела бассейновых прогнозов регулирования промысла (ОБПРП) ТИНРО-центра и, в особенности, ведущему инженеру отдела С.П. Дудареву за помощь и консультации при сборе информации для работы.

Объемы ОДУ взяты из периодических изданий прогнозов (Прогноз..., 2001, 2002, 2003). Мы анализируем данные промыслов и сравниваем их результаты с возможным оптимальным распределением квот, рассчитываемым в предлагаемой нами оптимизационной задаче.

Рассмотрен промысел в Карагинской подзоне Берингова моря за 2001-2003 гг., Западно-Камчатской подзоне Охотского моря за 2001-2003 гг. и Камчатско-Курильской подзоне Охотского моря за 2001 г. Данные зафиксированы по основным объектам и способам промысла. В материалах о промыслах не представлены объемы выловов по ряду объектов. Это связано со спецификой их промысла, в частности, большой долей в их промысле иностранного флота, сведения о работе которого нами не учтены. В наших расчетах соответствующие объекты не участвуют и на результаты не влияют. В данных о промыслах для подзоп (табл. 1, 5, 6) эти объекты отмечены знаком «\*». В таблицах 1-6 применены следующие сокращения: СТФ – среднетоннажный флот, КТФ – крупнотоннажный флот. Во всех таблицах жирным шрифтом выделены базовые объекты.

Первоначальная постановка математических задач приведена в работе (Абакумов и др., 2004). В данной работе мы используем одну из этих задач. Математическое описание начнем с основных обозначений. Рассмотрим район моря (океана), где имеется  $m$  объектов промысла и  $n$  способов промысла (субъектов промысла). Фиксирован период промысла. Индексы  $i, j = 1, \dots, m$  соответствуют объектам промысла, индекс  $k = 1, \dots, n$  – способам промысла. Использованы следующие обозначения:

$\alpha_{ijk}$  – доля объекта  $i$  в вылове способом  $k$  при квоте на базовый объект  $j$ ;

$u_{jk}$  – квота вылова на период промысла объекта  $j$  способом  $k$ ;

$v_{ijk}$  – реальный вылов объекта  $i$  способом  $k$  при квоте на базовый объект  $j$ ;

$v_{ik}$  – суммарный реальный вылов объекта  $i$  способом  $k$ ;

$v_i$  – суммарный реальный вылов объекта  $i$ .

Часть приведенных выше данных является исходной, часть характеристик рассчитывается в задаче.

Предварительно по данным о промыслах вычислены коэффициенты прилова  $\alpha_{ijk} = v_{ijk}/v_{jk}$ . Такие формулы предполагают, что квоты реализуются выловом квотируемого объекта как базового. Тогда  $v_{ik} = \sum_{j=1}^m \alpha_{ijk} \cdot u_{jk}$ ,  $v_i = \sum_{k=1}^n v_{ik}$ .

Основная задача связана с определением рационального распределения квот. Она посвящена вычислению таких объемов квот  $u_{jk}$ , что суммарные выловы при реализации этих квот будут равны заданным ОДУ. Другими словами, необходимо вычислить минимум отклонений модельного и заданного выловов.





Таблица 2. Средние значения заблокированных квот (%) Карагинской подзоны на специализированных промыслах в 2001-2003 гг.  
Table 2. Average values of the blocked quotas (%) for Karagin subzones for specialized fisheries in the years 2001-2003.

Объект	ОДП усред- ненные (т)	Сблокированные квоты (%)																	
		Треска			Минтай			Сельдь			Камбала			Палтусы			Терпуги		
		СЛФ			КТФ			КТФ			СТФ			СТФ			КТФ		
		Ярус	Трал	Сно- ррев.	Трал	Трал	Трал	Трал	Трал	Трал	Сно- ррев.	Трал	Трал	Трал	Ярус	Сеть	Трал	Трал	Трал
Треска	8300	100	100	100	1,4	28,8	0,1	0,3	0	18,7	5,2	0	4,1	0	0	2,5	0,8	2,0	0,5
Палтусы	1160	7,5	1,0	1,7	0,4	0,3	0,0	0,1	0	1,2	0,5	100	100	100	100	100	0,3	3,5	2,3
Минтай	11666,7	2,6	10,8	20,1	100	100	9,2	1,6	0	23,8	0,9	0,2	4,3	15,1	1,3	0	17,7	2,6	0
Сельдь	72000	0	0	0	26,9	3,6	100	100	100	3,3	0,3	0	0	0	0	0	4,8	0	0
Окуш	75,7	3,7	0	0	0,3	0,2	0,0	0	0	0,0	0,1	34,7	4,0	6,6	5,8	1,5	1,8	2,6	0,1
Терпуги	1500	0,0	0,0	0,0	2,3	2,7	0,2	0,2	0	5,6	1,8	0	0	0	8,2	100	100	6,1	0
Камбалы	10133,3	0,0	10,4	61,0	0,4	10,5	0,3	0,4	0	100	100	0	0	0	0	0	1,8	4,0	4,9
Навага	4066,7	0	8,7	17,7	0,0	8,0	0,1	0,3	0	15,2	3,2	0	0	0	0	0	4,6	18,8	0
Бычки	2333,3	0	3,4	28,5	0,3	2,5	0	0	0	23,2	9,4	0	0	0	0	2,2	0	1,6	0
Окаты акулы	800	1,3	0,1	0	0,1	0	0,0	0	0	0	0,1	18,0	0	0	0	0	0	0	0
Макрурысы	2000	1,9	0	0	0,1	0	0,0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	6,0	8,6	100
Мойва	3333,3	0	2,6	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ликоды	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кальмары	11666,7	0,1	0	0	0,7	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	0,1	0,2
Прочие	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0
Горбуша	36820	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кета	2298	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Нерка	568,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кижуч	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Чавыча	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Гольцы	492,7	0	0,0	0	0	1,3	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Всего % промысла:	17,0	37,1	129,0	32,9	58,4	10,0	2,9	0	91,0	22,0	52,9	12,4	21,6	17,5	20,2	61,9	20,7	0,8	28,2
																			18,4

Пусть  $(u_1, \dots, u_m)$  – заданный вектор ОДУ по объектам промысла. Необходимо найти такие расчетные оценки квот  $u_{jk} \geq 0$ , что:

$$\Phi = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j,k=1}^{m,n} \alpha_{ijk} \cdot u_{jk} - u_i \right)^2 \rightarrow \min \quad (*)$$

Решение этой оптимизационной задачи состоит в применении метода градиентного спуска с переменным шагом к функционалу в (\*) по переменным  $u_{jk} \geq 0$ .

Для анализа результатов промыслов и расчетных решений нашей задачи разработан ряд показателей. Совокупным ОДУ далее будем называть сумму ОДУ по всем объектам для данной зоны (подзоны):  $u = \sum_i u_i$ . Аналогично через  $v = \sum v_i$  обозначим совокупный вылов в зоне (подзоне). Применяем коэффициенты освоения совокупного ОДУ на промыслах  $k = (v/u) \times 100\%$  и аналогичные коэффициенты освоения совокупного ОДУ в оптимизационной задаче. Для более детальной характеристики промысла применяем показатели:

$$\text{перелова (\%)} \quad k_+ = \left( \sum_{\substack{i=1 \\ v_i \geq u_i}}^m v_i / \sum_{\substack{i=1 \\ v_i \geq u_i}}^m u_i - 1 \right) * 100\%$$

$$\text{и недолова (\%)} \quad k_- = \left( 1 - \sum_{\substack{i=1 \\ v_i \leq u_i}}^m v_i / \sum_{\substack{i=1 \\ v_i \leq u_i}}^m u_i \right) * 100\%$$

Показатели перелова указывают долю перелова по перелавливаемым объектам, а показатели недолова – долю недолова по недолавливаемым объектам.

Для сравнения промысла и решения в оптимизационной задаче применяем также пообъектные показатели освоения (%) ОДУ на промыслах  $k_i = (v_i/u_i) \times 100\%$  и аналогичные показатели в оптимизационной задаче.

Таблица 3. Расчетные оценки квот (тыс. т) по задаче оптимизации на усредненных данных по промыслу по Карагинской подзоне в 2001-2003 гг.

Table 3. Calculated prospective assessment of quotas (103 tons) aimed at optimization of the average data on fisheries for Karagin subzone in the years 2001-2003.

Объект	ОДУ усредненные (тыс.т)	Расчетные оценки вылова (тыс.т)	Расчетные оценки квот (тыс.т)							Сумма расчетных оценок квот по орудиям (тыс.т)
			СТФ		КТФ	СТФ				
			Трал	Ярус	Трал	Сморр евол	Сеть	Копелн евол	Подледный лов	
Треска	8,30	8,30	3,54	0,00	0,00	3,27	0,00	0,00	0,00	6,81
Палтусы	1,16	1,17	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94
Минтай	11,67	11,67	1,30	0,00	5,82	0,00	0,00	0,00	0,00	7,11
Сельдь	72,00	72,00	23,44	0,00	23,37	0,00	0,00	23,42	0,00	70,24
Окуш	0,08	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Терпуги	1,50	1,50	0,55	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99
Камбалы	10,13	10,13	3,56	0,00	0,00	3,61	0,00	0,00	0,00	7,17
Навага	4,07	4,08	0,63	0,00	1,09	0,00	0,00	0,00	0,48	2,21
Бычки	2,33	2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Скаты, акулы	0,80	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Макруры	2,00	2,00	0,00	1,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,91

Примечание: сокращенные обозначения как в таблице 1.

Note: shortened notations are similar to those in the table 1.

Таблица 4. Результаты решения оптимизационной задачи в сравнении с выловами на промыслах (тыс. т) в Карагинской подзоне в 2001-2003 гг.

Table 4. Results of the solution of the optimization task in comparison with catch (103 tons) for Karagin subzone in the years 2001-2003.

Объект	ОДУ усреднен- ные (тыс.т)	Расчетные оценки вылова (тыс.т)							Сумма расчетных оценок вылова по орудиям (тыс.т)	Объем вылова (тыс.т)						Вылов на промыслах (тыс.т)
		СТФ			КТФ					СТФ			КТФ			
		Трал	Ярус	Трал	Стор- ревод	Сеть	Копел. невод	Подлед. лов		Трал	Ярус	Трал	Стор- ревод	Сеть	Копел. невод	
Треска	8,30	4,23	0,01	0,11	3,95	0,00	0,00	0,00	8,30	4,62	3,76	0,12	2,23	0,00	0,00	10,74
Палтусы	1,16	1,02	0,00	0,06	0,10	0,00	0,00	0,00	1,17	0,15	0,31	0,15	0,06	0,03	0,00	0,71
Минтай	11,67	2,10	0,00	8,05	1,52	0,00	0,00	0,00	11,67	1,66	0,10	9,67	0,92	0,00	0,00	12,36
Сельдь	72,00	23,50	0,00	24,96	0,12	0,00	23,42	0,00	72,00	1,84	0,00	52,20	0,08	0,00	0,66	54,77
Окуш	0,08	0,34	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,04	0,14	0,03	0,00	0,00	0,00	0,22
Терпуги	1,50	0,68	0,00	0,61	0,20	0,00	0,00	0,00	1,50	0,17	0,00	0,38	0,13	0,00	0,00	0,68
Камбалы	10,13	4,24	0,00	0,29	5,60	0,00	0,00	0,00	10,13	3,84	0,00	0,22	3,45	0,00	0,00	7,52
Навага	4,07	1,27	0,00	1,19	1,13	0,00	0,00	0,48	4,07	5,61	0,00	0,43	0,67	0,00	0,00	6,97
Белуги	2,33	0,54	0,00	0,02	1,77	0,00	0,00	0,00	2,33	0,82	0,00	0,02	1,06	0,00	0,00	1,90
Скат, акулы	0,80	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
Макрорусы	2,00	0,05	1,91	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,32	0,34	0,02	0,00	0,00	0,00	0,68



**Таблица 5.** Средние значения объемов вылова рыб Западно-Камчатской подзоны (тонн) на специализированных промыслах в 2001-2003 гг.  
**Table 5.** Average volumes of catch for West-Kamchatka subzone (tons) for specialized fisheries in the years 2001-2003.

Объект		ОДУ усред- ненные (т)	Вылов в рамках промыслов																		Навага	Доно- присевы
			Треска			Палтусы				Сельдь		Минтай				Камбала						
			СТФ		Стор	СТФ		Стор	Стор	Стор	Стор	Стор	Стор	Стор	Стор	Стор	Стор	Стор				
			Трал	Ярус		Трал	Стор												Трал	Стор		
Минтай	230000	362	58	5	27	25	0	25	0	53	440	150	37919	112194	1896	438	101	297	2334			
Сельдь	78000	0	0	0	0	0	0	0	0	3584	4792	1825	103	162	0	0	0	20	0			
Камбала	35800	20	872	32	0	54	0	1	0	20	0	0	1076	241	19156	2965	367	3193	8628			
Навага	17600	4	570	6	0	4	0	0	0	17	0	0	754	42	2413	154	4033	1533	1978			
Треска	13100	5804	1150	64	305	53	0	20	0	2	0	0	425	576	864	244	186	612	1516			
Палтусы	5670	1196	49	0	2044	829	277	179	33	2	68	0	4	6	167	27	4	16	21			
Бычки	3000	0	317	0	3	2	0	0	0	0	0	0	472	120	3271	450	697	1793	2353			
Скат, акула	1250	220	3	0	76	18	2	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2			
Окунь	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Терпуг	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	53			
Макрурус	0	5	0	0	5	5	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14			
Корюшка*	634	10	0	0	4	2	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	0			
Мойва*	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	13	0			
Ликода*	3700	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Прочие*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	0	0	0	7	1			
Горбуша*	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Кета*	650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Нерка*	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Кижуч*	290	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Чавыча*	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Гольца*	270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0			
Всего:	390727	7620	3022	107	2468	993	281	236	33	3677	5301	1975	40755	113419	27769	4278	5393	7504	16899			

**Примечание:** \* - данные об этих объектах в расчетах оптимизационной задачи (\*) не использовались. Сокращенные обозначения как в таблице 1.

**Note:** \* - data about these objects were not used by calculations of optimization task (\*).

Таблица 6. Значения объемов вылова рыб Камчатско-Курильской подзоны (тонн) на специализированных промыслах в 2001 г.  
Table 6. Values of catch for Kamchatka-Kuril subzone (tons) for specialized fisheries in the year 2001.

Объект	ОДУ (т)	Вылов в рамках промыслов												Навага СТФ	Донно-пшестая СТФ
		Треска СТФ		Наловцы				Минтай		Камбала СТФ	Трал				
		Ярус	Трал	Ярус	СТФ	Трал	КТФ	КТФ	Трал						
Треска	10200	3096	3723	168	178	0	0	298	2741	56	959	46			
Наловцы	4680	556	371	1573	1220	77	90	676	492	44					
Минтай	70000	165	792	22	21	18	90020	19991	3408	50	2092				
Камбала	53400	0	1769	3	59	0	-	2759	18448	2105	11237				
Навага	4400	0	185	0	19	0	-	1082	2600	2883	3860				
Батки	13000	4	1272	0	316	0	-	1975	6711	878	3517				
Макрорусы	5000	45	0	679	449	0	0	0	0	0	-				
Скаты, акулы	45	247	219	212	102	1	0	0	141	106	46				
Гольцы*	625	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0				
Ликозы*	1600	4	-	33	0	0	0	0	-	6	-				
Корюшка*	564	0	0	0	0	0	0	54	211	75	91				
Сельдь*	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	-				
Окуни*	0	4	-	30	12	0	0	0	-	0	-				
Перути*	0	0	17	3	0	0	0	0	35	-	46				
Ленок*	0	0	76	0	0	0	0	244	105	0	0				
Угольные*	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0				
Зубатки*	0	0	0	0	0	0	0	0	211	13	0				
Прочие*	0	0	0	8	2	0	0	0	-	25	-				
Горбуша*	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Кета*	550	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Нерка*	4335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Кижуч*	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Чумачи*	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Гольцы*	625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Всего:	159290	4121	8423	2732	2379	96	90110	27079	35173	6240	22793				

Примечание: \* – данные об этих объектах в расчетах оптимизационной задачи (\*) не использовались. Сокращенные обозначения как в таблице 1.

Note: \* – data about these objects were not used by calculations of optimization task (\*).

# РАСЧЕТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Технологию применения оптимизационной задачи (\*) подробно разберем на данных о промыслах в Карагинской подзоне в 2001-2003 гг. (табл. 1). Базовыми объектами промыслов в прикамчатских водах в эти годы были треска, минтай, сельдь и камбалы, при этом минтаевый промысел не выделялся по мощности, что нетрадиционно для дальневосточных морей. Другие промыслы в целом менее значимы. Общее количество промыслов в прикамчатских водах – более 20. На всех промыслах имеется различный по объему прилов. Так, на тресковом промысле с применением ярусов прилов состоит в основном из палтусов, минтая и окуней. На траловом и снюрреводном промыслах трески прилов в основном состоит из минтая, бычков, камбал и наваги. Практически отсутствует прилов на промыслах сельди (в связи с прицельностью промысловых операций) и макрурусов (из-за большой глубины лова, вне зоны обитания большинства массовых видов). Весьма разнообразен прилов на промысле донно-пищевых объектов. Донно-пищевые объекты – это устоявшееся понятие в рыбопромысловой практике, включающее в себя такие виды, как минтай, треска, бычки, камбала, навага, терпуг, палтусы, скаты, – в ситуациях, когда их доля не поддается выделению по доминированию в уловах (по 10-20% биомассы в уловах). На этом промысле, в отличие от остальных, не один базовый объект, а несколько, и не всегда ясно, что на этом промысле следует считать собственно приловом (треска, минтай, камбалы) и какой объект принимать в качестве базового при расчетах.

Таблица 7. Освоение (%) промысловых биоресурсов, переловы и недоловы (%) в подзонах Охотского и Берингова морей.

Table 7. Real catch, overfishing and underfishing (%) for subzones of the Okhotsk and Bering Seas.

Подзона	Год	Промыслы			Оптимизационная задача		
		Освоение	Перелов	Недоллов	Освоение	Перелов	Недоллов
Карагинская	2001	77,3	24,9	13,4	98,8	0,4	1,8
	2002	66,7	34,9	39,7	100,2	1,4	1,1
	2003	67,4	88,8	33,7	97,9	0,2	2,6
Западно-Камчатская	2001	66,4	17,9	39,6	101,7	1,9	0,2
	2002	63,8	-	34,7	99,7	0,01	0,4
	2003	58,8	-	36,9	96,1	0,6	5,0
Камчатско-Курильская	2001	133,2	56,6	35,7	103,0	6,1	4,2

Данные таблиц 1 и 7 показывают, что сырьевая база рыболовства в Карагинской подзоне осваивается в разные годы только на 66-77%. Этот уровень в общем традиционен для всего дальневосточного бассейна и не может быть преодолен простым увеличением численности промыслового флота, так как при этом быстро наступает опасность перелова малочисленных объектов. Основа вылова (и недолова) в Карагинской подзоне создается на промыслах трески и

минтая. Предложенная оптимизационная задача (\*) позволяет посредством варьирования величинами квот разрешенного вылова базовых объектов заранее спланировать на основе прогноза ОДУ структуру действующих промыслов, обеспечивающую максимально возможное освоение сырьевой базы (близкое к 100%) при избежании сколько-нибудь значимого перелова сопутствующих объектов.

На основе данных о промыслах рассчитываются коэффициенты  $\alpha_{jk}$  (табл. 2). Эта же таблица представляет собой «сблокированные» квоты (на 100 т базового вида) в терминах работы (Балыкин, Терентьев, 2004). Дальнейшие расчеты выполняли для первых 11 объектов, так как остальные малозначимы в общем объеме промысла.

Рассчитанные по формуле (\*) квоты (табл. 3) суммарно по способам промысла меньше ОДУ, но порождаемый ими вылов (табл. 4) близок к ОДУ. В промыслах и оптимальном расчете замечен перелов окуней (рис. 1), что, на наш взгляд, связано с малым ОДУ этого объекта и неизбежными приловами его при гораздо более масштабных промыслах трески, минтая и палтусов. В целом, рекомендуемый по формулам (\*) вылов значительно ближе к ОДУ, чем реальный (рис. 1, табл. 7), и не создает сколько-нибудь значительных переловов (кроме окуней). Но за счет приближения к ОДУ для массовых объектов перелов окуней в оптимальном варианте оказывается больше, чем на промыслах. При этом показатели освоения, переловов и недоловов в целом в Карагинской подзоне в оптимальном варианте гораздо лучше, чем на промыслах.

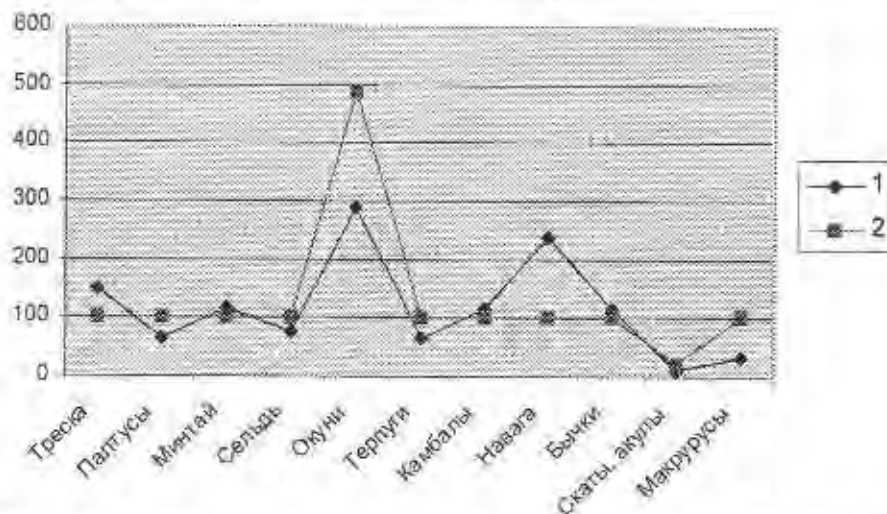


Рис. 1. Освоение (%) ОДУ на промыслах (1) и освоение (%) ОДУ по расчетам в оптимизационной задаче (2), Карагинская подзона, усредненные данные за 2001-2003 гг.

Fig. 1. Real catch (1) and catch as solution of optimal task (2) for Karagin subzone in the years 2001-2003, % of MSY.

Усредненные данные о промыслах в Западно-Камчатской подзоне в 2001-2003 гг. приведены в таблице 5. Сырьевая база сильно недоиспользуется, особенно по сельди. На этом фоне диссонансом выглядит перепромысел бычков, что



связано с незначительным ОДУ для бычков и мощным промыслом минтая, камбал и наваги. При этих промыслах происходит значительный прилов бычков. В рамках действующей концепции ОДУ разумного выхода из этой ситуации нет, поскольку и предлагаемое нами оптимальное решение лишь незначительно уменьшает переэксплуатацию бычков (рис. 2). Промыслы 2001 г. по вылову близки к ОДУ. Исключение составляет промысел бычков, где перелова не удастся избежать и при оптимизации (\*). В 2002 и 2003 гг. наблюдается явный недолов, из значимых объектов особенно по сельди (рис. 3). При этом оптимальное (\*) решение в 2002 г. предлагает полное использование ОДУ по всем объектам, кроме скатов и акул. В 2003 г. оптимальное решение не достигает ОДУ еще и по наваге и бычкам (рис. 4). Касательно наваги этому мешает грозящий перелов камбал. Для бычков же нет собственного промысла, а на других промыслах вылов бычков ограничен возможными переловами базовых объектов.

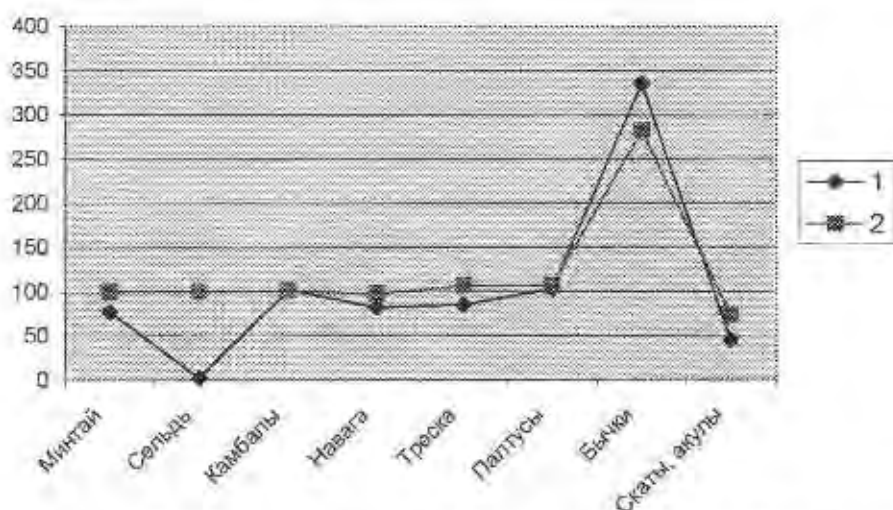


Рис. 2. Освоение (%) ОДУ на промыслах (1) и освоение (%) ОДУ по расчетам в оптимизационной задаче (2). Западно-Камчатская подзона, 2001 г.

Fig. 2. Real catch (1) and catch as solution of optimal task (2) for West-Kamchatka subzone in the year 2001, % of MSY.

Таблица 6 содержит данные о промыслах в Камчатско-Курильской подзоне в 2001 г. Здесь ситуация иная по сравнению с Западно-Камчатской подзоной. Наблюдается перелов всех основных объектов, кроме камбал и макрурусов. Причем, перелов минтая происходит прямо на его промысле как базового вида, а перелов наваги связан с общим промыслом донно-пищевых объектов. Оптимальное (\*) решение указывает на гораздо меньшие переловы (или их отсутствие) по минтаю и наваге (рис. 5). При этом вылов по камбалам удастся «подтянуть» к ОДУ.

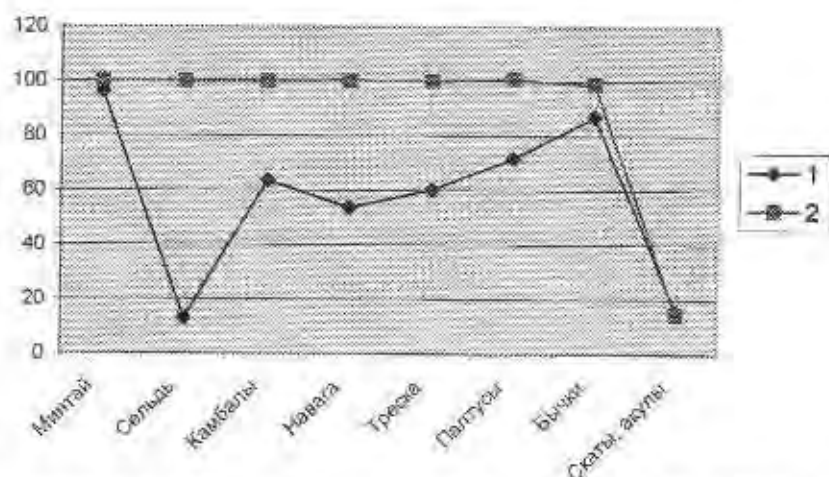


Рис. 3. Освоение (%) ОДУ на промыслах (1) и освоение (%) ОДУ по расчетам в оптимизационной задаче (2). Западно-Камчатская подзона, 2002 г.

Fig. 3. Real catch (1) and catch as solution of optimal task (2) for West-Kamchatka subzone in the year 2002, % of MSY.

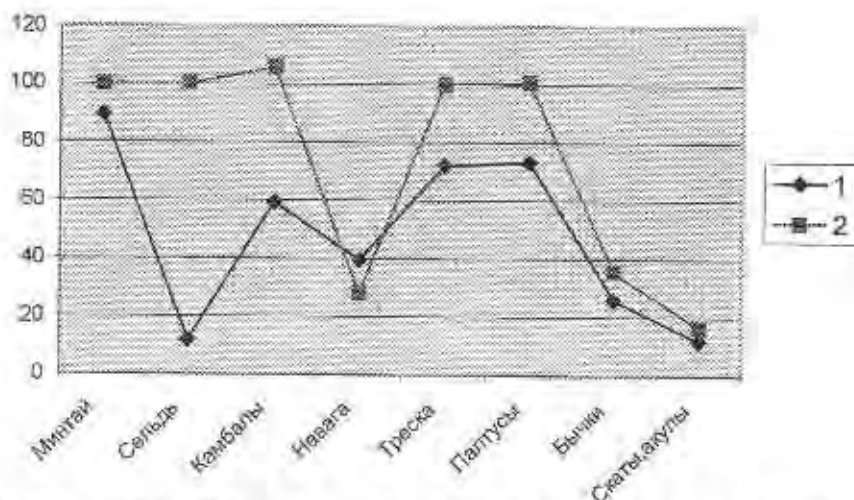


Рис. 4. Освоение (%) ОДУ на промыслах (1) и освоение (%) ОДУ по расчетам в оптимизационной задаче (2). Западно-Камчатская подзона, 2003 г.

Fig. 4. Real catch (1) and catch as solution of optimal task (2) for West-Kamchatka subzone in the year 2003, % of MSY.

Некоторые общие итоги анализа приведены в таблице 7. Для Карагинской и, особенно, Западно-Камчатской подзон в 2001-2003 гг. характерен недолов – 59-77% освоения совокупного ОДУ. Вместе с тем велики переловы – до 89% для Карагинской подзоны в 2003 г. Предлагаемый оптимальный по формуле (\*) вариант дает стопроцентное освоение совокупного ОДУ с точностью до 2%, при этом недоловы и переловы удерживаются в пределах 5%. Для Камчатско-Курильской подзоны в 2001 г. промыслы характеризуются общим переловом, но и недоловы велики – около 36%. Оптимальный вариант предлагает освоение совокупного ОДУ на уровне 103%, переловы и недоловы оказываются в пределах 6%.

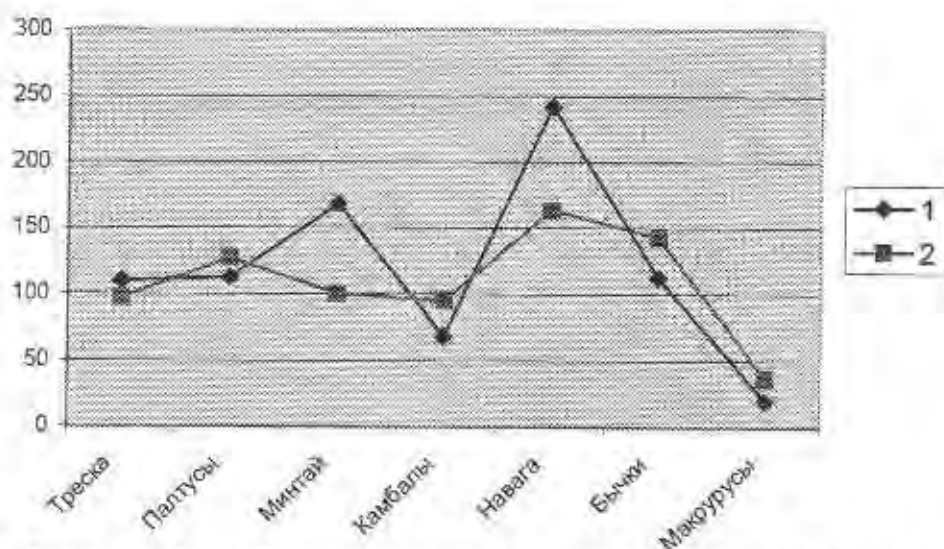


Рис. 5. Освоение (%) ОДУ на промыслах (1) и освоение (%) ОДУ по расчетам в оптимизационной задаче (2). Камчатско-Курильская подзона, 2001 г.

Fig. 5. Real catch (1) and catch as solution of optimal task (2) for Kamchatka - Kuril subzone in the year 2001, % of MSY.

Если задача состоит в максимальном освоении ОДУ без переексплуатации ресурсов, то оптимальное (\*) решение наилучшим образом удовлетворяет таким требованиям.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Организация и планирование рыбных промыслов основана на концепции ОДУ. Тотальное применение этой концепции ко всем промыслам создает для рыбаков противоречивые ограничения. Даже применение формальных методов не позволяет в ряде случаев найти вариант ведения промыслов, не нарушающий все существующие ограничения. В то же время использование концепции ОДУ для сравнительно небольшого количества основных объектов промыслов позволяет найти такие варианты, когда наносимый промыслами ущерб минимален для всех объектов. Мы попытались это продемонстрировать применением к распределению квот оптимизационной задачи (\*). В нашей задаче промысел оптимизируется с точки зрения полноты использования сырьевой базы, характеризуемой ОДУ. Если требование соблюдения ОДУ будет жестким лишь для части объектов промыслов, а для остальных объектов будет в той или иной мере смягчено, то промыслы могут стать более эффективными с потребительской точки зрения и более рациональными с экологических позиций. Массовое применение нашей схемы расчетов в этом случае поможет переходу к способам более рационального использования сырьевой базы.

В перспективе можно подступиться к проблеме оптимального распределения промысловых мощностей в дальневосточном бассейне с учетом многовидового характера промысла, технологических возможностей переработки

вылова и повышения экономической эффективности рыбохозяйственного комплекса. Имитационные компьютерные модели могут оказаться при этом весьма полезными.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абакумов А.И., Бочаров Л.Н., Каредин Е.П. Модельный анализ многовидовых рыбных промыслов // Изв. ТИНРО, 2004, Т. 138, С. 220-224.
- Балькин П.А., Терентьев Д.А. Организация многовидового промысла рыб на примере Карагинской подзоны // Вопросы рыболовства, 2004, Т. 5, №3(19), С. 489-499.
- Борец Л.А., Каредин Е.П. Сырьевая база рыбной промышленности на ДВ бассейне на период до 2015 г. // Рыбное хозяйство, 2001, №6, С. 18-19.
- Бочаров Л.Н. Перспективный подход к обеспечению населения продуктами рыболовства // Изв. ТИНРО, 2004, Т. 138, С. 3-18.
- Бочаров Л.Н., Каредин Е.П. Предпосылки перспективного развития. Биологические ресурсы. В кн.: Рыбная промышленность Приморья на рубеже веков. Международный институт конъюнктуры и прогнозирования. М.: НИП «Море», 1999, С. 36-45.
- Буслов А.В. Возможность организации и регулирования многовидового рыболовства в современных условиях на примере Петропавловск-Командорской подзоны (Восточная Камчатка) // Вопросы рыболовства, 2006, Т. 7, №2(26), С. 267-276.
- Каредин Е.П. Сырьевая база рыбной промышленности дальневосточного бассейна на период до 2015 г. и условия ее полного освоения // Вопросы рыболовства, 2000, Т. 1, №2-3, Ч. 1, С. 158-163.
- Каредин Е.П. Современное состояние и использование сырьевой базы российского рыболовства на Дальневосточном бассейне Мирового океана. Сб. Мировой океан. Вып. 2. М.: ВИНТИ, 2001, С. 95-114.
- Котенев Б.Н. Экосистемная стратегия оценки биоресурсов Мирового океана. Сб. Мировой океан. Вып. 2. М.: ВИНТИ, 2001, С. 69-87.
- Котенев Б.Н. К новой стратегии управления водными биологическими ресурсами в морях России // Мат. междунар. научно-практ. конф. «Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов Мирового океана». М.: ВНИРО, 2005, С. 65-66.
- Кочиков В.Н. Приловы и выбросы в мировом рыболовстве // Рыбное хозяйство, 2000, №5, С. 24-27.
- Кочиков В.Н. Ресурсами рыболовства нужно управлять более эффективно // Мат. междунар. научно-практ. конф. «Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов Мирового океана». М.: ВНИРО, 2005, С. 68-70.
- Кузнецов В.В., Кузнецова Е.Н. Система регулирования изъятия при многовидовом промысле // Рыбное хозяйство, 1995, №1, С. 31-32.
- Материалы всероссийской конференции «Пути решения проблем изучения и сохранения биоресурсов Мирового океана в свете морской доктрины РФ до 2020 г.», Сб. докладов, М.: ВНИРО, 2002, 183 с.



Обзор промысловой обстановки на дальневосточном бассейне в 2001 г. Владивосток: ТИНРО-центр, 2002. 556 с.

Обзор промысловой обстановки на дальневосточном бассейне в 2002 г. Владивосток: ТИНРО-центр, 2003. 507 с.

Обзор промысловой обстановки на дальневосточном бассейне в 2003 г. Владивосток: ТИНРО-центр, 2004. 585 с.

Пальм С.А., Чикилев В.Г. О возможности многовидового рыболовства на материковом склоне в северо-западной части Берингова моря // Вопросы рыболовства. 2000. Т. 1. №2-3. Ч. 2. С. 84-85.

Прогноз общих допустимых уловов по тихоокеанскому бассейну на 2001 г. Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. 144 с.

Прогноз общих допустимых уловов по тихоокеанскому бассейну на 2002 г. Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. 202 с.

Прогноз общих допустимых уловов по тихоокеанскому бассейну на 2003 г. Владивосток: ТИНРО-центр, 2002. 221 с.

Терентьев Д.А., Винников А.В. Анализ материалов по видовому и количественному составу уловов в Петропавловск-Командорской подзоне (Восточно-Камчатская зона) в качестве подхода к рациональному многовидовому промыслу // Вопросы рыболовства. 2004. Т. 5. №2(18). С. 276-290.

## THE MODELLING ANALYSIS AND PROSPECTIVE RESULTS OF OPTIMIZATION OF MULTISPECIFIC FISHERY IN OF WATERS BY KAMCHATKA

© 2007 y. A.I. Abakumov<sup>1</sup>, L.N. Bocharov<sup>2</sup>, E.P. Karedin<sup>2</sup>, T.M. Reshetnjak<sup>2</sup>

*1 – Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok*

*2 – Pacific Research Fisheries Center, Vladivostok*

The procedure of optimal distribution of quotas is being proposed. The optimality is regarded as proximity of prospective results of fisheries compared to the recommended maximum sustainable yield (MSY). The existing system of distribution of quotas for each object in multispecific fisheries creates ground for strong deviations of results of fisheries from planned. The results of application of proposed procedure to data on fisheries in subzones of the Bering and Okhotsk seas show its efficiency: we have not noticeable deviations from planned results of fisheries.