

639.2.031.21:639.2.053.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДОННЫХ ТРАЛОВЫХ СЪЕМОК ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ГИДРОБИОНТОВ

С. Тарасюк – СахНИРО

Метод прямого учета, или метод площадей, в последние годы становится по существу единственным для текущего и ретроспективного определения биомассы сырьевых ресурсов. Связано это главным образом с заметным ухудшением качества промыслово-статистических данных, которые наряду с другой информацией лежат в основе продукционных моделей либо методов прогнозирования численности поколений, использующих математическое моделирование. Вместе с тем сокращение финансирования рыбохозяйственных институтов неизбежно привело к существенному уменьшению их возможностей в организации ежегодных учетных съемок и свертыванию части стандартных работ.

В поисках полноценной замены традиционных многолетних специализированных учетных съемок ученые ТИНРО-центра обратились к материалам широкомасштабных (в масштабах моря) комплексных работ, осуществляемых в последние десятилетия под руководством д-ра биол. наук, проф. В.П. Шунтова. Главной целью этих работ является изучение экосистем, био- и рыбопродуктивности Дальневосточных морей. Получены чрезвычайно значимые научные результаты, проливающие свет на функционирование экосистем и причины изменений в донных и пелагических сообществах. Однако наряду с несомненными преимуществами при решении задач мониторинга экосистем тенденция использования результатов таких съемок для оценки текущей биомассы запаса практически всех встречаемых в уловах объектов вызывает настороженность.

Невозможность получения качественных данных в ходе одной крупномасштабной комплексной учетной съемки по всей совокупности промысловых видов обусловлена, в частности, огромным районом исследований, их растянутостью во времени, невысокой плотностью сетки станций (обычно одно траление на 150–200 кв. миль) и т.д. Равномерное расположение станций, удаленных друг от друга на значительные расстояния, уменьшает объем и качество информации о концентрациях локализованных, особенно малочисленных, популяций и, соответственно, снижает надежность оценок. Большая длительность съемки во времени приводит к тому, что скопления активно перемещающихся объектов могут быть вообще не учтены либо учтены неоднократно. Различия в биологии и поведенческих реакциях гидробионтов (сезонные миграционные циклы, суточные вертикальные перемещения и их амплитуда, развитость органов чувств, реакция на трал, крейсерская скорость движения, степень агрегированности скоплений и др.) определяют невозможность стандартного подхода к планированию и организации съемки для получения репрезентативного материала для большой совокупности промысловых объектов.

Препятствием к использованию материалов крупномасштабных съемок в целях оценки и прогнозирования запасов комплекса промысловых видов являются также погрешности, присущие самому методу. Как известно, принцип метода состоит в том, что число выловленных на единице площади биологических объектов экстраполируется на всю площадь их обитания. Хотя метод имеет множество модификаций, все они опираются на исходный принцип, выраженный формулой:

$$N = (NS/ks) \pm \xi_N; \xi_N = |\xi_{mN} + \xi_K|,$$
 где \bar{N} – величина запаса, N – средневзвешенный (или средний) улов с единицы площади; S – общая площадь исследуемой акватории; k – коэффициент уловистости; s – протраленная площадь; ξ_{mN} , ξ_K и ξ_N – соответственно погрешности в оценке средневзвешенного улова, коэффициента уловистости и запаса.

Источники погрешностей кроются в варибельности практически всех переменных, используемых в уравнении. Первая из переменных, величина среднего

или средневзвешенного улова, определяется путем обычного осреднения совокупности значений уловов, осреднения логарифмов уловов, либо взвешивания на площади слоев (при использовании модификации метода – стратифицированной случайной выборки) и т.д. Уменьшить дисперсию этой переменной можно, в частности, увеличив число тралений. При этом, распределение станций по району исследования будет оптимальным в случае, когда для заданного числа станций обеспечивается максимальная точность (минимальная дисперсия) оценки среднего улова. Если попытаться оптимизировать крупномасштабную комплексную учетную съемку с целью достичь максимальной точности оценок среднего улова по всем исследуемым объектам, то число станций возрастет многократно, вплоть до нереальных величин.

Площадь обследования S должна быть сопоставима с площадью распределения объекта и полностью ее охватывать. Траловые станции могут быть расположены как равномерно, так и по слоям (чаще задаваемым диапазонами глубин), либо их распределение определяется методом случайных чисел. Если же съемкой охватывается лишь часть распределения объекта, это вносит неопределенную погрешность в вычисления. Другое требование к планированию съемки – осуществление ее в период, когда распределение объектов непрерывное. Например, во время сезонной миграции, когда объект распределен прерывисто, образуя множество мелких стай, вероятность точечного попадания траловой станцией на такую стаю невелика. Немаловажным является и способность объекта совершать вертикальные суточные миграции. Так, при выполнении донного траления в темное время суток, когда объект смещается в вышележащие слои, улов будет минимальным или нулевым. На практике весьма трудно и, пожалуй, нельзя спланировать комплексную съемку в период, который бы удовлетворял всем требованиям в отношении комплекса изучаемых объектов.

Площадь облова тралом s складывается из ширины зоны облова и ее длины и определяется как произведение скорости траления на его продолжительность. Если скорость и длительность траления можно измерить достаточно точно, то адекват-

ность определения ширины зоны облова зависит от того, какая характеристика учетного орудия лова принимается за этот показатель — раскрытие по траловым доскам либо по устью трала. При изучении поведения донных рыб различной систематической принадлежности в зоне облова специалистами ПИНРО выявлено, что большинство из них реагируют на приближение досок и кабелей, концентрируясь в устье трала, но некоторые реагируют только на приближение непосредственно сетной части трала. Для большинства донных рыб при определении площади облова необходимо основываться на горизонтальном раскрытии по траловым доскам, для малоподвижных рыб и промысловых беспозвоночных — на раскрытии трала по устью. Вторым моментом в правильной оценке площади облова является учет увеличения горизонтального раскрытия трала при повышении скорости траления, что редко принимается во внимание.

Наконец, значение коэффициента уловистости k (соотношение количества объектов в улове и зоне облова) различные исследователи при выполнении расчетов выбирают достаточно произвольно. К способам инструментальной оценки этого показателя относятся прямые наблюдения, подводная видеосъемка или фотографирование (такие работы проводились в Черном и Баренцевом морях). Однако даже для объектов близкой систематической принадлежности получаемые или применяемые в расчетах разными исследователями оценки уловистости существенно различаются. Чаще всего совершенно не учитывается, что уловистость одних и тех же биологических объектов значительно варьирует при изменении скорости траления. Как показали исследования ПИНРО, пик уловистости приходится на момент, когда уравниваются скорость траления и крейсерская скорость движения гидробионта. Если трал перемещается медленнее, чем облавливаемая стая, объекты лова движутся перед подборой и попадают в трал постепенно, по мере усталости. При увеличении скорости траления до оптимальной для промысла конкретного вида доля улавливаемых особей увеличивается и улов возрастает до максимума. Однако при скорости траления выше оптимальной уменьшается сгонное воздействие траловых досок, кабелей, сужается ширина зоны облова до величины раскрытия трала по устью и больше рыб проходят под нижней подборой. В результате снижается улов, а значит, и уловистость.

Оптимальная скорость траления для разных видов рыб неодинакова. Кривые зависимости уловистости от скорости траления имеют вид параболы, причем параметры такой кривой зависят от размера и плавательной активности одного и того же вида. Недочет переменного характера уловистости также вносит неопределенную ошибку. Хотя алгоритмы учета вари-

бельности коэффициента уловистости при оценке точности получаемых результатов известны в литературе, на практике ошибка этого показателя обычно не определяется. Это приводит к мнимому завышению надежности получаемых оценок численности и биомассы биологических ресурсов.

Весьма немаловажным и до сих пор не проработанным является вопрос о зависимости коэффициента уловистости трала от характера грунта. Как показали наблюдения с подводных погружаемых аппаратов за камчатским крабом, при работе на илисто-песчаных и сложных, со скальными элементами грунта оценки уловистости тралов различались в 2–3 раза. Подобную вариабельность оценок уловистости можно предположить и для других беспозвоночных и рыб.

Таким образом, имеется целый ряд методических тонкостей при применении метода прямого учета численности ресурсов, невнимание к которым может привести к оценкам, далеким от истинных. Заметим, что современные пакеты программ автоматизированной обработки результатов учетных съемок ("Слайн — планировщик", MapDesigner, Surfer for WINDOWS, CAT и др.) не решают проблемы точности исходных данных, хотя и обеспечивают высокий уровень их математической обработки и интерполяции.

Более эффективно применение метода при его ориентированности на небольшой круг объектов, сходных по биологическим, поведенческим особенностям, а также ареалу обитания. В этом случае можно заранее спланировать необходимое число станций, увеличив их на участках, где ожидаются скопления, определить оптимальный сезон для проведения съемки, скорость траления, выбрать время суток, оснастку трала и т.д., используя полученные ранее знания биологии объектов исследований. При обработке материала нужно учесть всю известную информацию по количественной оценке изменения раскрытия трала и коэффициента уловистости от скорости траления, селективности орудия лова, относительной улавливаемости различных размерных групп объекта, характере грунта и др. Эта задача требует творческого подхода к планированию, дальнейшей обработке и интерпретации полученных данных; простая формализация может нанести только вред и привести к заведомо неверным выводам.

Вышесказанное проиллюстрируем результатами учетных донных траловых съемок, проведенных специалистами СахТИНРО в шельфовых водах о-ва Сахалина в 70-х — первой половине 90-х годов. Выполненные учетные работы можно условно подразделить на три категории: узкоспециализированные траловые съемки; комплексные многовидовые и комплексно-специализированные, в ходе которых в схему или порядок выполнения станций

внесены дополнительные коррективы для получения более надежных оценок по конкретным промысловым объектам.

Рассмотрим результаты применения метода площадей на примере типично донной и широко распространенной рыбы — желтоперой камбалы в заливе Терпения и в северной части Татарского пролива. С 1976 по 1993 г. здесь было выполнено 40 траловых съемок: 19 — в северной части Татарского пролива (836 станций) и 21 — в заливе Терпения (1141 станция).

Узкоспециализированные траловые съемки здесь были ориентированы на наиболее значимые в промысловом отношении объекты (чаще всего минтай). Обычно трал был вооружен в придонном варианте, траления выполнялись не по стандартной сетке станций, а прицельно, по записям. Уловы желтоперой камбалы в таких съемках были единичными. Съемками не охватывался район обитания второстепенных относительно основного объекта исследований видов, чаще они проводились в осенний и зимний периоды, когда скопления камбал локализованы на труднодоступных для тралений сваловых участках. Результаты оценок численности камбал в этих съемках получались настолько недостоверными, что мы их не использовали в дальнейшем.

Комплексные съемки дали значительно более обширный материал для анализа. При планировании их в основном придерживались стандартной сетки станций с равномерным распределением, сроки проведения были оптимальными для многих донных обитателей шельфа, в том числе камбал. Съемками были охвачены глубины от 20 до 200 м, т.е. весь батиметрический диапазон обитания камбал в период нагула. Плотность расположения станций составляла в среднем одно траление на 80 квадратных миль, скорость тралений обычно равнялась 3–3,4 уз. Таких съемок в северной части Татарского пролива было выполнено 4, а в заливе Терпения — 10.

Комплексно-специализированные съемки относительно желтоперой камбалы выполнялись в конце 80-х — начале 90-х годов. Скорость тралений в некоторых из них была уменьшена до 2–2,2 уз (оптимальной для улавливаемости камбал), а плотность сетки станций была увеличена в 1,5 раза в диапазоне глубин от 20 до 50 м, где в летний период нагуливается камбала. Всего было выполнено 7 съемок (4 — в заливе Терпения).

При определении подхода к оценке запасов желтоперой камбалы в съемках второй и третьей категорий руководствовались принципом достижения максимальной надежности получаемых оценок с учетом всех особенностей обработки данных.

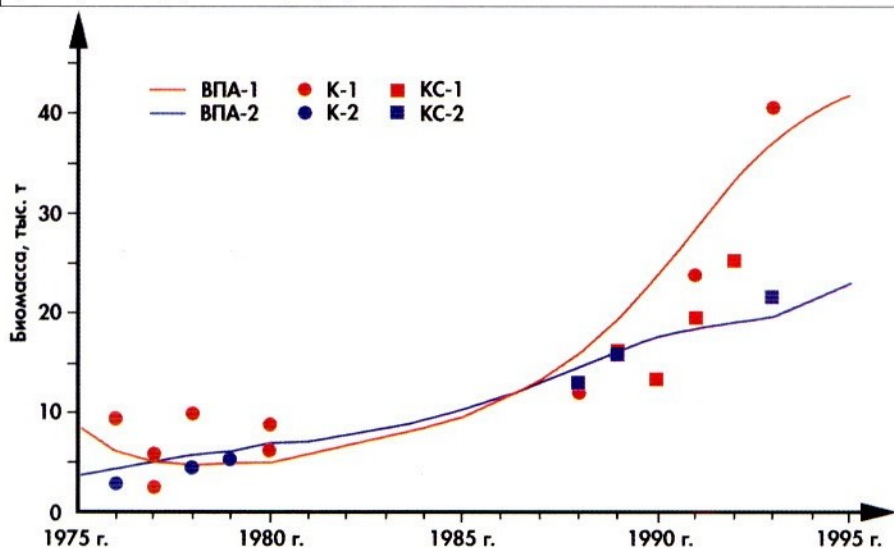
Определение величины биомассы промысловой части запаса желтоперой камбалы и относительной погрешности оценок

Год	Категория съемки	ξ_{mn}	ξ_K	ξ_N	$\Delta B/B$
Северная часть Татарского пролива					
1976	К	39,8	51,9	91,7	-33,1
1976	К	23,9	35,1	59,0	-29,3
1978	К	41,1	82,1	123,2	-22,1
1979	К	41,4	83,5	124,9	-12,2
1988	КС	15,0	17,8	32,8	-9,7
1989	КС	19,6	0,0	19,6	-2,4
1993	КС	14,2	24,3	38,5	+10,2
Залив Терпения					
1976	К	76,9	66,0	142,9	+52,6
1976	К	21,5	51,0	72,5	-48,4
1977	К	18,6	43,8	62,4	-50,2
1977	К	45,8	34,1	79,9	+15,6
1978	К	28,0	39,3	67,3	+108,0
1980	К	25,0	47,3	72,3	+25,8
1980	К	18,2	34,9	53,1	+79,4
1988	К	18,0	34,1	52,1	-24,2
1989	КС	30,8	0,0	30,8	-16,3
1990	КС	24,7	19,9	44,6	-43,8
1991	К	36,1	31,0	67,1	-16,8
1991	КС	30,2	9,3	39,5	-31,8
1992	КС	26,5	20,4	46,9	-24,2
1993	К	56,3	16,3	72,6	+9,6
Средняя по двум районам					
За весь период	К	35,0	46,5	81,5	37,7
	КС	23,0	13,1	36,1	19,8

Условные обозначения: К – комплексная учетная траловая съемка, КС – комплексно-специализированная траловая съемка.

ξ_{mn} , ξ_K и ξ_N – соответственно относительная погрешность в оценке среднего улова, уловистости и запаса, %;

$\Delta B/B$ – относительная величина отклонений между оценками биомассы запаса, установленными методами прямого учета и виртуальных популяций, %.



Оценка биомассы запаса желтоперой камбалы, обитающей в шельфовых водах Южного Сахалина: 1 – залив Терпения; 2 – северная часть Татарского пролива; ВПА – метод виртуальных популяций; К – метод прямого учета, комплексная съемка; КС – метод прямого учета, комплексно-специализированная съемка

показало, что точность метода все-таки недостаточно высока. Особенно это относится к результатам комплексных учетных съемок, где относительная погрешность в оценках биомассы запаса при уровне значимости $P < 0,05$ варьировала от 52,1 до 142,9 %, в среднем 81,5 % (см. таблицу). Погрешности оценки среднего улова оказались несколько ниже, чем коэффициента уловистости – в среднем 35 % против 46,5 %.

В комплексно-специализированных съемках относительная погрешность оценок запаса была более чем вдвое ниже – 36,1 %, во многом благодаря оптимизации скорости траления, что снизило погрешность оценки коэффициента уловистости почти в 3 раза. Большое число станций в районе обитания камбалы способствовало уменьшению погрешности оценки среднего улова почти в 1,5 раза.

Сравнение средних величин оценок запаса, полученных методом площадей и другим, совершенно независимым от него методом виртуальных популяций (ВПА), показало, что результаты применения комплексных съемок отличаются от оценок, полученных методом ВПА в большей степени, чем результаты комплексно-специализированных съемок (см. рисунок). В первом случае относительная величина отличий (без учета их знака) составила в среднем 37,7 %, во втором – только 19,8 %. Это подтверждает справедливость вывода о меньшей точности комплексных съемок по сравнению с комплексно-специализированными.

Итак, комплексные учетные съемки не обеспечивают достаточной статистической надежности оценок запаса отдельно взятого объекта. С некоторой долей уверенности можно судить лишь о тренде запаса при наличии многолетних рядов. Разовая оценка может быть достаточно далека от фактической численности популяций, а использование такой оценки в прогнозировании приведет к заведомо неверному определению допустимого вылова.

В широкомасштабных траловых съемках, которые отличаются от рассмотренных нами комплексных съемок значительно меньшей плотностью сетки станций, относительная погрешность получаемых оценок запаса для отдельных популяций должна быть еще выше, по всей видимости, более 80 %. Такая точность недостаточна для использования полученных данных в целях прогнозирования допустимого улова промысловых биологических объектов. Очевидно, наряду с комплексно-специализированными, в которых намечены более углубленные исследования по одному или нескольким сходным по своей биологии объектам. В этом случае результаты по отдельным объектам будут гораздо более значимы. Вместе с тем следует помнить, что во всех случаях необходим осторожный подход к интерпретации полученных методом прямого учета оценок запаса.

S. Tarasiuk. Applying the results of bottom trawl surveys to assess stocks of hydrobiota

In the paper considered particularities of using a method of direct estimation under different types of trawl surveys. Shown sources of arising the errors and inaccuracy using a method on a planning and interpreting results stages both. It had recognized, that large-scale complex trawl surveys can not ensure getting sufficiently reliable for forecasts whole evaluations of spare on separate objects. It was recommended in each separate case to use with complex also narrow-specific and complex-specific surveys.