

ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

УДК 597.08.632.2

ДИНАМИКА УЛОВОВ РЫБ БИМ-ТРАЛОМ В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

© 2013 г. А.Н. Вдовин

*Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
г. Владивосток, 690950*

Статья поступила в редакцию 11.08.2011 г.

Окончательный вариант получен 27.12.2012 г.

Проведены исследования изменчивости уловов рыб, пойманных бим-тралом, на семи полигонах зал. Петра Великого. Определено, что динамика и дисперсия уловов не являются видоспецифичными. Большую роль могут играть экологические особенности, в частности донный или придонно-пелагический образ жизни. Кроме того, немаловажное значение имеет обилие вида и особенно его частота встречаемости. Вполне вероятно, что могут быть существенными и такие факторы, как миграционная активность и агрегированность скоплений.

Ключевые слова: бим-трал, обилие вида, частота встречаемости, вариабельность, частота встречаемости, миграционная активность.

Проведенные в недавнее время исследования (Вдовин и др., 2009) показали, что вариабельность оценок запасов даже в смежных съемках бывает весьма высока, какое бы орудие лова ни применялось при учете гидробионтов. Ранее нами было показано, что вариабельность оценок запасов, рассчитанных по данным учетных съемок, может больше зависеть от субъективных причин, чем от динамики численности рыб (Вдовин, Дударев, 2000). По мнению многих исследователей, оценкам запасов, рассчитанных по методу площадей (Аксютин, 1968; Никольский, 1974) соответствует весьма низкая точность (Трещев, 1983; и другие). С другой стороны, при отсутствии интенсивного промысла, правильно оценить запас вообще невозможно (Хилборн, Уолтерс, 2001). Принимая во внимание, также недостоверную промысловую статистику в нашей стране следует признать, что методы прямого учета являются самыми надежными для расчета запасов (Тарасюк, 2000). Эти методы необходимо совершенствовать и оценивать возможные погрешности учета.

Считается, что одни только методические причины (издержки в работе трала, характер вероятностного распределения рассчитываемых параметров и некоторые другие, трудно учитываемые факторы) приводят к значительным методическим погрешностям – $\pm 40-50$ в % при $P=0,05$ (Юданов, 1995). Между тем, конкретных исследований изменчивости уловов при одинаковых условиях работы ранее не проводилось. Последнее могло бы помочь определиться с величиной статистических погрешностей на отдельных станциях.

Целью работы является исследование динамики уловов рыб на полигонах зал. Петра Великого для оценки их вариабельности при минимальных методических погрешностях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Учетные траловые работы на МРБ «Пионер» проводились в период с 1 июля по 31 октября 2010 г. При работе на полигонах использовали бим-трал со сквером, оснащенный нижней подборой в виде полипропиленового каната окружностью 50 мм, с нанизанными на него свинцовыми грузилами. Подробное

описание данной конструкции (бим-трал 6,8/6,0 м с удлиненной мотней, а также 3-х метровый бим с шаровидными грузами-углубителями) приведено в наших более ранних работах (Мизюркин и др., 2010; Вдовин, Мизюркин, 2011).

Исследования динамики уловов проводились на семи полигонах (рис. 1):



Рис. 1. Карта – схема работ МРБ «Пионер» в зал. Петра Великого в июле-октябре 2010 г. Л, Кр, К, Н, П, В, ПА – обозначения полигонов. Пояснения в тексте.

Fig. 1. Scheme of RV Pioneer surveys in Peter the Great Bay in July-October, 2010. Л, Кр, К, Н, П, В, ПА – the testing grounds, other explanations are in the text.

Полигон «А»: в Амурском заливе у о. Попова на траверзе м. Птичьего на глубинах 19-22 м (14 тралений);

Полигон «Кр»: в прол. Старка (Уссурийский залив) между островами Рейнеке и Клыкова на глубинах 22-25 м (26 тралений);

Полигон «К»: в Амурском заливе между островами Козлова и Два брата на глубинах 28-29 м (43 траления);

Полигон «Н»: в Амурском заливе у о. Попова на траверзе м. Пизкого на глубинах 22-25 м (9 тралений);

Полигон «П»: в прол. Старка (Уссурийский залив) у о. Рейнеке на глубинах 20-27 м (26 тралений);

Полигон «В»: в б/х Восточной (о. Рикорда, Уссурийский залив) на глубинах 17-21 м (20 тралений);

Полигон «ПА»: в Амурском проливе на глубинах 14-17 м (9 тралений);

Всего было выполнено 147 тралений в течение 117 дней. На некоторых полигонах выполнялось по две-три серии тралений (табл. 1). Эти серии могли объединяться в различные комбинации. Кроме того, рассматривались и обобщенные выборки. Вместе с общей выборкой было проведено 24 серии тралений (табл. 1).

Исследована динамика уловов шести видов: желтополосой *Pseudopleuronectes herzensteini* и полосатой *Liopsetta pinnifasciata* камбал, керчака-яока *Myoxocephalus jaok*, мраморного керчака *M. stelleri*, бычка-ворона *Hemitripterus villosus*,

дальневосточной наваги *Eleginus gracilis*. Поскольку в некоторых сериях тралений присутствовали не все виды, общее количество выборок уловов разных видов составило 118, а не 144.

Таблица 1. Количество тралений (n) и продолжительность эксперимента (t, в днях) в разных сериях тралений.

Table 1. Number of trawls (n) and duration of testing trawl series (t, days).

Rs	A1	Kp1	K1	H	П1	B1	ПА	Всего
n	9	11	20	9	8	13	9	147
t	2	25	5	56	12	15	106	117
Rs	A2	Kp2	K2		П2	B2		
n	5	15	12		6	7		
t	52	84	17		37	41		
Rs	A	Kp	K3		П3	B		
n	14	26	11		12	20		
t	57	109	81		10	66		
Rs			K1+2		П1+2			
n			32		14			
t			22		49			
Rs			K2+3		П2+3			
n			23		18			
t			99		84			
Rs			K		П			
n			43		26			
t			103		104			

Примечание: Полигоны обозначены буквенными индексами. Серии тралений на полигонах – цифровыми индексами (Rs). Пояснения в тексте.

Note: Testing grounds are labeled as A, Kp, K, H, П, B, ПА; trawl series – by numeric indices; other explanations are in the text.

Для корректного сравнения количественных характеристик вылова рыб величины уловов пересчитывались на плотность:

$$Pn = Cn \times (1000000/q) \quad (1)$$

где Pn – удельная численность тыс. экз./км²; Cn – улов на час траления в численном (экз./км) выражении; q – площадь облова тралом (м²) за часовое траление, которая соответственно определялась по формуле:

$$q = l \times h \quad (2)$$

где l – пройденное расстояние, h – горизонтальное раскрытие трала.

Подчеркнем, что мы использовали величины относительных уловов только в численном выражении. Колебания весовых величин уловов, как правило, были сходны с колебаниями численных величин. Следует сказать, что в отдельных случаях дисперсия уловов в весовом выражении все же превышает таковую в численном выражении. Последнее определяется динамикой размерного состава у некоторых видов, в частности, у желтополосой камбалы и керчака-яока. Тем не менее, эта тенденция не имеет ярко выраженного характера, поэтому мы решили ограничиться только численными величинами в наших исследованиях.

Для сравнения вариабельности уловов мы пользовались коэффициентом вариации (CV) и ошибкой средней арифметической (m) (Плохинский, 1970). Поскольку величина ошибки средней арифметической зависит от значений разных размерностей для сравнения различных совокупностей, отличающихся по величине

уловов, использовали также относительную величину ошибки средней арифметической: ее отношение к средней арифметической, умноженное на 100 (m/M в %).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По обобщенным данным, для семи полигонов колебания коэффициента вариации уловов составляют 44-377,4%, а величина отношения ошибки к средней колеблется от 8,7 до 100% (табл. 2). Пределы рассматриваемых показателей вариации при рассмотрении более дробных выборок показывают сходные диапазоны: для CV он составляет 27,2- 346,4%, а для m/M – 9,1-100%. По усредненным показателям, наименьшая вариабельность уловов отмечена у желтополосой камбалы и керчака-яока. Немногом выше вариабельность уловов у бычка-ворона и паваги. Размах колебаний изменчивости уловов выше у паваги, но средние показатели изменчивости у этих видов близки, при этом у бычка-ворона меньше среднее значение CV, а у паваги – m/M. Самая высокая вариабельность уловов отмечена у самого малочисленного вида – мраморного керчака. Однако четкой зависимости вариабельности уловов от массовости видов не прослеживается. При том, что величины показателей вариабельности у паваги и бычка ворона очень близки, величина относительных уловов различается у них в 22 раза (табл. 2). Вполне возможно, что вероятность поимки одной особи придонно-пелагической паваги меньше, чем особей остальных видов, которые относятся к донным рыбам. При подводных наблюдениях нами замечено, что камбалы и бычки зачастую не двигаются или передвигаются медленно, причем преимущественно над дном. Навага же более подвижна и в процессе движения она часто меняет и горизонтальное, и вертикальное направления. Кроме того, навага почти всегда сгруппирована в стаи, поэтому агрегированность ее особей гораздо выше. Перечисленные факторы позволяют предположить не только меньшую вероятность поимки отдельных особей паваги по сравнению с особями других видов, но и более высокую степень случайности поимки.

Таблица 2. Показатели вариабельности уловов для массовых видов: CV – коэффициент вариации, m/M – отношение ошибки средней арифметической к средней арифметической (в %).
Table 2. Parameters of catch variability for mass fish species: m/M – relative error, %; CV – variation coefficient.

Вид	m/M			CV			Pn
	min	max	M	min	max	M	
<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>	10,3	33,0	17,5	44,0	129,7	85,6	3,51
<i>Myoxocephalus jaok</i>	8,7	56,1	26,0	56,0	210,1	114,6	2,00
<i>Pemtripterus villosus</i>	9,5	43,5	34,3	66,3	130,6	130,6	0,95
<i>Eleginus gracilis</i>	16,5	59,8	29,7	64,5	220,1	140,1	20,73
<i>Liopsetta pinnifasciata</i>	25,5	100	47,6	98,8	207,5	151,1	0,97
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	31,8	100	65,6	188,1	655,7	377,4	0,04

Примечание: Pn – удельная численность тыс. экз./км².

Note: Pn – density of distribution, 10³ ind./km².

Если говорить только о донных видах, то зависимость вариабельности уловов от обилия рыб, в общем-то, просматривается: чем выше уловы, тем меньше вариабельность (табл. 2). Однако связь эту нельзя назвать устойчивой. Коэффициент корреляции (R) между m/M и Pn для донных рыб в выборке объемом в 94 пары значений составляет всего –0,51. При смешении данных по донным рыбам и данных

по наваге, коэффициент корреляции уменьшается до $-0,18$. Поскольку численность наваги на порядок выше суммарной численности всех других рыб, никакой устойчивой связи между величиной уловов и их изменчивостью в совокупной выборке и быть не может. R между m/M и P_n в выборке для наваги (24 пары значений) составляет $-0,44$. Отметим, что, рассматривая подобную связь для наваги по сгруппированным данным (по семи парам значений, где каждая пара является параметрами того или иного полигона), мы видим несколько больший коэффициент корреляции, равный $-0,54$. Следует указать, что связь между CV и P_n по этим же семи парам значений значительно слабее ($R=-0,36$), что обусловлено значительно большей амплитудой колебаний величин CV по сравнению с величинами m/M . Последнее создает определенные неудобства для анализа связи изменчивости уловов с различными параметрами, поэтому в дальнейшем мы будем пользоваться для этого показателем m/M .

Обсуждая вышесказанное, следует отметить, что стабильно высоких уловов не было ни на одном полигоне, ни у одного вида. К примеру, на полигоне «К», где в большинстве случаев навага по численности составляла более половины улова, в одном улове она отсутствовала. Отметим, что следующие пять уловов наваги имели низкие значения. Подобные явления отмечались также у желтополосой и полосатой камбал. Несомненно, такие случаи обусловлены локальными кочевками видов.

Вполне возможно, что активность таких кочевков может отражать частота встречаемости вида (f) в районе. Корреляция между f и m/M составила $-0,8$. Связь между этими параметрами лучше всего описывается уравнением линейной регрессии при коэффициенте детерминации (R^2), равном $0,64$ (рис. 2). Однако и стопроцентная частота встречаемости не всегда гарантирует минимальные статистические ошибки (рис. 2). Тем не менее, можно видеть, что при частоте встречаемости более 65% отношение m/M не превышает 50% .

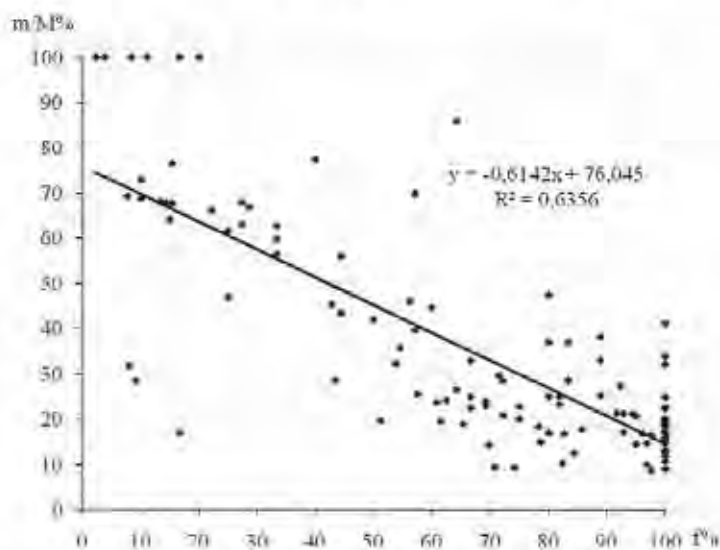


Рис. 2. Зависимость отношения m/M от частоты встречаемости рыб в уловах ($f\%$).

Fig. 2. Relative error (m/M) dependence on frequency of species catches (f).

В некоторой степени, статистические ошибки уменьшаются при увеличении объемов выборки (рис. 3). На рисунке 3 проиллюстрированы только те виды,

которые встречаются на всех полигонах. Следует сказать, что и у полосатой камбалы и у мраморного керчака, как и у всех остальных видов, минимальные величины m/M отмечаются в обобщенной выборке. Исключение составляет лишь навага и керчак-яок. Однако зачастую более низкие величины m/M наблюдаются в меньших выборках, которым соответствуют те или иные периоды на разных полигонах (см. материал и методика). Как видно из таблицы 3, минимальные величины m/M могут быть и при небольшом количестве тралений и в обобщенной выборке. Разумеется, при этом четкой связи между количеством тралений (n) и величиной m/M наблюдаться не может (рис. 4). R при этом равен $-0,22$. Однако при исключении двух видов (полосатой камбалы и мраморного керчака), которые присутствовали не на всех полигонах, а также выборки с количеством тралений менее 23, величина R достигает $-0,42$. Отметим, что количество пар значений уменьшилось со 118 до 25. Степенная зависимость слабо отражает связь аргумента и функции, можно только видеть, что при количестве тралений от 23 и выше больших величин статистических ошибок нет (рис. 5).

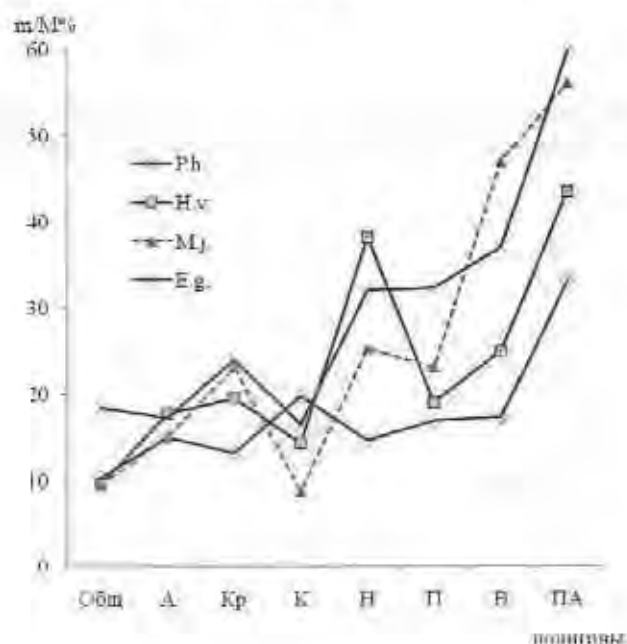


Рис. 3. Локальная изменчивость отношения ошибки к средней ($m/M\%$). Ph. – желтополосая камбала, H. v. – бычок-ворон, M.j. – керчак-яок, E.g. – дальневосточная навага. Обозначения полигонов как на рисунке 1. Общ – обобщенная выборка по всем полигонам.

Fig. 3. Relative errors (m/M) for brown sole (Ph.), sea raven (H.v.), plain sculpin (M.j.), and saffron cod (E.g.). The testing grounds are labeled as for Fig. 1; Общ. – generalized sampling for all grounds.

Таким образом, можно констатировать, что в определенной степени величина статистических ошибок отчасти зависит от величины выборки и в большей степени от частоты встречаемости вида. Так, в выборках объемом более 23 тралений самая большая величина m/M (32,3%) отмечена для наваги на полигоне «П», где ее частота встречаемости составила всего 53,9% (рис. 5). И все же, скорее всего, изменчивость уловов должна определяться миграционной активностью видов. При этом на некоторых полигонах на протяжении всего эксперимента ситуация может оставаться стабильной, а может меняться по периодам (рис. 6). Максимальные и близкие к

максимальным статистические ошибки наблюдаются в самом длительном эксперименте «КЗ», минимальные и близкие к минимальным — в обобщенной выборке.

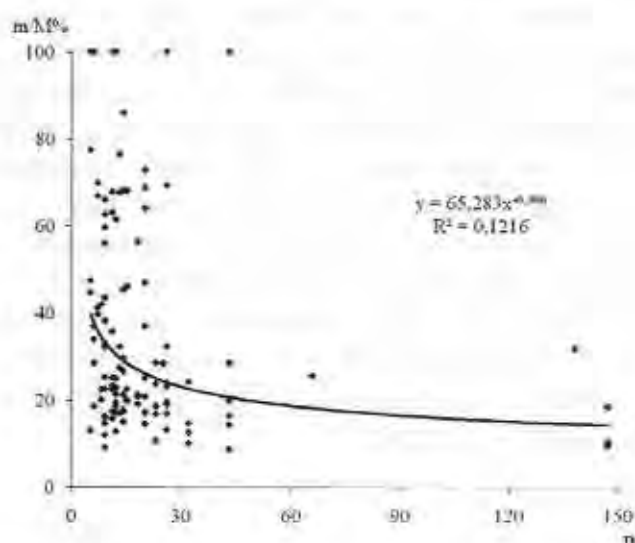


Рис. 4. Зависимость отношения m/M от количества тралений (n) для всех серий тралений.

Fig. 4. Relative error (m/M) dependence on the number of trawls (n) for all trawl series.

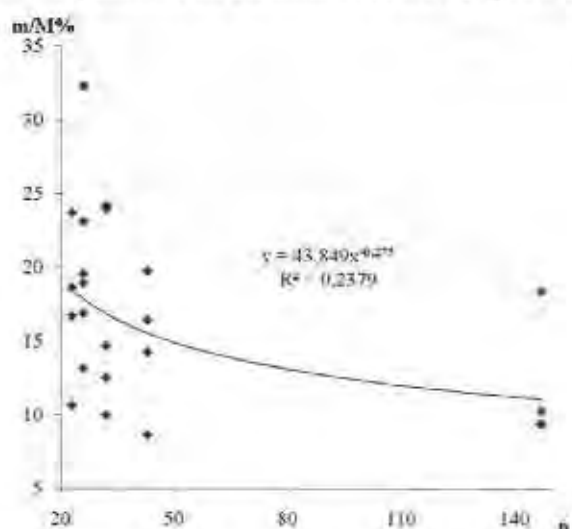


Рис. 5. Зависимость отношения m/M от количества тралений (n) для 25 серий с числом тралений больше 22.

Fig. 5. Relative error (m/M) dependence on the number of trawls (n) for 25 trawl series with $n > 22$.

Следует отметить, что для четырех массовых видов локальная динамика изменчивости уловов весьма сходна (рис. 2). Минимальные и близкие к минимальным ошибкам встречаются только на трех полигонах «А», «Кр» и «К». Все максимальные ошибки отмечаются в Амурском проливе (полигон «ПА»), расположенном между Уссурийским и Амурским заливами. На этом полигоне, в отличие от других, уловы не повторялись даже в смежных тралениях. По всей видимости, для четырех рассматриваемых видов рыб данный район являлся транзитной зоной. В обобщенной выборке высоких величин статистических ошибок нет. У полосатой камбалы и мраморного керчака отношение m/M составляет

25,5 и 31,8% соответственно. У более массовых видов эта величина не превышает 20% (рис. 2).

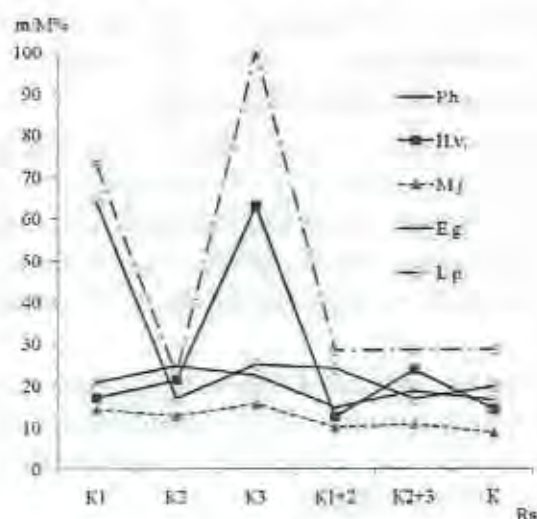


Рис. 6. Изменчивость отношения ошибки к средней ($m/M\%$) в разных сериях тралений (R_s) на полигоне «К».

Fig. 6. Relative error (m/M) variability for certain trawl series (R_s) on the testing ground K.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что динамика уловов определяется множеством факторов. Из них трудно выделить какие-либо определяющие. На одном и том же полигоне для одного вида уловы могут быть относительно стабильными на протяжении всего эксперимента, а для другого резко меняться по периодам. С другой стороны, для каждого полигона характерна своя специфика динамики уловов, при этом она повторяется у многих видов.

Статистические погрешности величин уловов в большинстве случаев не определяются объемом выборки. Тем не менее, если рассматривать выборки уловов массовых видов объемом от 23 и больше тралений, статистические ошибки невелики.

Очевидно, что какие-либо закономерности можно устанавливать только для массовых видов. Однако общей устойчивой связи между обилием рыб и дисперсией уловов нет. Слабые связи проявляются при рассмотрении отдельно донных рыб и придонно-пелагической наваги.

Наиболее устойчивая связь выявлена между отношением m/M и частотой встречаемости ($R = -0,8$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований показывают, что динамика и дисперсия уловов, скорее всего, не являются видоспецифичными. Большую роль могут играть экологические особенности, в частности донный или придонно-пелагический образ жизни. Кроме того, немаловажное значение имеет обилие вида и особенно его частота встречаемости. Вполне вероятно, что могут быть существенными и такие факторы, как миграционная активность и агрегированность скоплений.

Пока преждевременно судить о точности оценок обилия рыб при проведении каких-либо экспериментов, в том числе и при выполнении съомок. Тем не менее, можно с уверенностью говорить о том, что оценки обилия массовых видов вызывают

доверие лишь при достаточно больших объемах выборок и высокой частоте встречаемости. По данным наших исследований, объем выборки должен быть не менее 23 тралений, а частота встречаемости – не менее 65%. Оценки же обилия малочисленных видов, рассчитанные по данным учетных съемок, вряд ли могут быть использованы для решения прикладных задач.

На данный момент мы имеем возможность дать только одну рекомендацию. При расчете запасов какого-либо вида рыб методом зональных средних (Борец, 1997) по данным учетных съемок из обследованной акватории следует исключать районы, где этот вид отсутствует. Таким образом, уменьшится площадь, занимаемая видом в съемке, но повысится частота встречаемости и, как следствие, точность оценок обилия.

Полученные данные во многом являются предварительными. Более точную информацию можно будет получить путем сравнения динамики уловов рыб в последовательно сменяющихся экспериментах, которые будут представлять собой траления на полигонах и в микросъемках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аксюткина Э.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пром-ть. 1968. 289 с.

Борец Л. А. Донные ихтиоцепы российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-Центр. 1997. 217 с.

Вдовин А. Н., Дударев Д. А. Сравнительная оценка количественных учетов рыбной сырьевой базы Приморья // Вопросы рыболовства. 2000. Т. 1, № 4. С. 46-57.

Вдовин А. П., Мизюркин М. А., Пак А. Возможности использования бим-трала для прямых учетов гидробионтов // Вопросы рыболовства. 2009. Т. 10, № 1(37). С. 150-160.

Вдовин А. Н., Мизюркин М. А. Сравнение оценок обилия рыб по данным учетных работ тралами разных конструкций // Вопр. рыболовства. Т. 12, № 1(45). 2011. С. 150-161.

Мизюркин М. А., Вдовин А. Н., Шевченко А. И., Вологов В. М., Калчугин П. П., Максимович А. Л. Влияние особенностей конструкции и скорости буксировки бим-трала на результативность лова // Вопр. рыболовства. 2010, Т. 11, № 3(43). С. 601-609.

Никольский Г. В. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов. 1974. М.: Пищ. пром-ть. 447 с.

Плохинский Н. А. Биометрия. 1970. М.: МГУ. 367 с.

Тарасюк С. Использование результатов донных траловых съемок для оценки запасов гидробионтов // Рыб. хоз-во. 2000. № 1. С. 38-40.

Трещев А.И. Интенсивность рыболовства. 1983. М.: Легкая и пищ. пром-сть. 236 с.

Хилборн Р., Уолтерс К. Количественные методы оценки рыбных запасов. Выбор, динамика и неопределенность. 2001. СПб: Политехника. 2001. 228 с.

Юданов К. И. Результативность учетных съемок // Рыб. хоз-во. 1995. № 4. С. 48-49.

**RESULTS OF TESTING THE DYNAMICS OF FISH CATCH BY BEAM TRAWL
IN PETER THE GREAT BAY**

© 2013 y. A.N. Vdovin

Pacific Scientific Research Fisheries Center, Vladivostok

Variations of the beam trawl fish catches are investigated for seven grounds in Peter the Great Bay (Japan Sea). The catches dynamics and dispersion were not species-specific, but depended on ecological features of fish species (either near-bottom or pelagic-bottom mode of life) and their abundance and catch frequency. Other factors like migration activity and aggregation density could be essential, as well.

Key words: beam trawl, abundance, catch frequency, catch variability, migration activity.