

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ АЛЬТИМЕТРИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ РАЙОНОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ПРОМЫСЛА ТИХООКЕАНСКОГО КАЛЬМАРА В ЯПОНСКОМ МОРЕ

© 2011 г. Е. В. Самко

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), Владивосток

E-mail: samko@tinro.ru

Поступила в редакцию 19.04.2010 г.

Проведен анализ зависимости между промыслом тихоокеанского кальмара и динамикой вод в Российской зоне Японского моря на основе ежедневных уловов кальмара в летне-осенний период 2003 г. и информации об уровне океана по данным спутниковой альтиметрии. Анализ показал, что между топографией уровенной поверхности и промыслом тихоокеанского кальмара имеется вполне определенная зависимость. Промысел тихоокеанского кальмара велся в диапазоне аномалий уровенной поверхности от -4.2 до 5.7 см, при этом высокие уловы отмечались в диапазоне аномалий уровенной поверхности от -2 до 4 см. Максимальное количество высоких уловов отмечается при небольших положительных значениях отклонений уровня от равновесия (до 2 см) и слабоположительных значениях тенденции изменения уровня (менее 2 см), т.е. наиболее перспективными районами для промысла кальмара являлись динамически стабильные участки акватории между циклоническими и антициклоническими областями, со сдвигом в сторону антициклонических образований.

Ключевые слова: спутниковая альтиметрия, аномалии уровня моря, тихоокеанский кальмар, Японское море

ВВЕДЕНИЕ

Тихоокеанский кальмар (*Todarodes pacificus* (Steenstrup, 1880)) является одним из массовых видов пелагических сообществ открытых и прибрежных вод Японского моря. Биомасса этого вида в российских водах Японского моря по оценкам ТИНРО-Центра в последние годы колебалась в пределах $200-500$ тыс. т, что позволяет вылавливать свыше 100 тыс. т (Мокрин, Слободской, 1998; Дударев и др., 2004). Объем его добычи в российских водах рыбаками Японии и Республики Корея в настоящее время не превышает 6 тыс. т. Все это позволяет рассматривать тихоокеанского кальмара как одного из перспективных объектов для отечественной рыбной промышленности Дальнего Востока (Мокрин, 2006).

При анализе факторов, влияющих на распределение нагульных скоплений тихоокеанского кальмара, большинство исследователей используют температуру воды как наиболее доступный для массового использования фактор среды (Мокрин, Филатов, 1999; Kasahara, 1978; Lee et al., 1985; Murata, 1990).

Несмотря на большое количество публикаций, подтверждающих приуроченность скоплений тихоокеанского кальмара к гидрологическим фронтам, особенности процесса формирования и распада

скоплений в связи с условиями среды изучены весьма слабо (Araya, Kaga, 1972; Kasahara, Ito, 1972; Kim et al., 1984; Tameishi, 1993). В качестве объяснения приуроченности скоплений кальмаров к фронтам упоминается только тот факт, что фронтальные образования являются местами повышенной биологической продуктивности, в первую очередь планктонного сообщества (Зуев, Несис, 1971; Несис, 1985; Bakun, Csirke, 1998; Owen, 1981).

Ранее значимые для формирования скоплений кальмаров характеристики среды можно было получить только с помощью контактных океанологических измерений, будь то характеристики вертикальной структуры моря или биомасса планктона. Однако в последние годы отмечается значительное уменьшение океанологической информации, полученной контактными методами. В связи с этим возрастает роль и значение спутниковой информации (СИ), поток которой не только не уменьшился, но и, учитывая новые виды СИ, значительно увеличился. Современная аппаратура дистанционного зондирования (ДЗ) позволяет проводить регулярные наблюдения в широкой полосе с высоким пространственным разрешением, что делает возможным обновлять наблюдения с высокой частотой. Точность дистанционных измерений вполне соответствует требованиям океанологической практи-

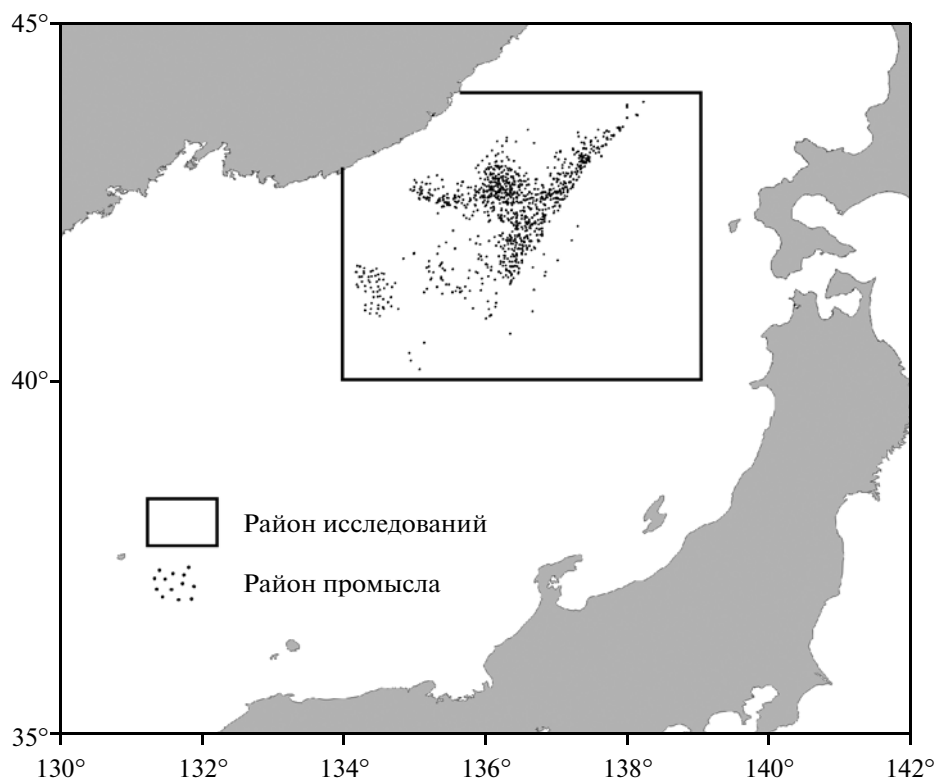


Рис. 1. Район проведения исследований.

ки. В силу этого ДЗ из космоса рассматривается сейчас как основной источник непрерывно поступающей информации о Мировом океане и его изменчивости.

В представленной работе сделана попытка привлечения спутниковой альтиметрии для определения океанологических ориентиров промысла тихоокеанского кальмара в Японском море. Как отмечено Фуком В.Р. (Фукс, 2003; Фукс, 2004), уровень океана можно рассматривать как интегральный показатель интенсивности термодинамических и динамических процессов в океане, отражающих абиотические условия обитания и распределения промысловых организмов.

Уровень океана является более показательным предиктором абиотических условий, чем температура воды, так как он:

- отражает термодинамические условия всей толщи океана, а не только поверхности океана;
- дает более адекватное описание течений, вихрей, зон апвеллинга и даунвеллинга;
- прямо, а не опосредованно, связан с изменчивостью атмосферных условий.

Результаты предшествующих исследований позволяют утверждать, что между уровнем по-

верхностью океана и формированием промысловых участков на промысле сайры и кальмара Бартрама в Южно-Курильском районе имеется значимая зависимость, которую можно использовать при поиске промысловых скоплений этих объектов (Старицын и др., 2004; Samko et al., 2003). Попытаемся получить подобные зависимости и для промысла тихоокеанского кальмара в Японском море.

ДАННЫЕ И МЕТОДИКА

Океанологической основой для проведения исследования послужили альтиметрические данные с сайта Центра астродинамических исследований, Колорадо, США (<http://argo.colorado.edu/~realtime/>), представляющие собой карты аномалий уровня моря, рассчитанные относительно средней высоты морской поверхности по данным спутниковой альтиметрии, полученные со всех доступных спутников и осредненные за 10 дней (время, за которое спутник TOPEX/Poseidon обходит всю поверхность Земли). Альтиметрическая информация выбиралась для района ведения промысла: 40°–44° с.ш., 134°–139° в.д. (рис. 1).

Таблица 1. Распределение уловов японского добывающего флота на промысле тихоокеанского кальмара в 2003 г

Месяц	июль	август	сентябрь	октябрь	Всего
Кол-во уловов	10	236	721	71	1038

Кроме того, были рассчитаны величины изменчивости (тенденции) уровня моря ($\Delta\xi$) в местах лова относительно предшествующего срока

$$\Delta\xi = \xi_0 - \xi_1,$$

где ξ_0 — аномалии уровня, отмечавшиеся в период проведения лова, ξ_1 — аномалии уровня в предшествующий 10-дневный срок. При $\Delta\xi < 0$ происходит дивергенция полного потока, в то время как при $\Delta\xi > 0$ происходит конвергенция потока (Старицын и др., 2004). Области повышенной дивергенции в океане связаны с фронтальными зонами и интенсивным апвеллингом, определяющим, как правило, высокую общую биологическую и промысловую продуктивность, а области конвергенции течений обуславливают скопления кормового планктона и планктоноядного нектона.

В качестве промысловой информации использовались ежедневные уловы японского рыболовного флота на промысле тихоокеанского кальмара за 2003 г. в водах России. Принимая во внимание тот факт, что на промысле кальмара Японией были задействованы суда одного класса со стандартным промвооружением, можно считать, что уловы различных судов полностью сопоставимы. При проведении исследования мы вынуждены принимаем допущение, что уловы достаточно адекватно отражают распределение тихоокеанского кальмара в районе промысла. Распределение промысловой информации по месяцам представлено в табл. 1.

Основной период нагула тихоокеанского кальмара в водах Японского моря приходится на май—декабрь, с пиком в июне—октябре (Kasahara, 1978). В водах России кальмар встречается с июня по ноябрь, а пик промысла отмечается в июле—октябре (Мокрин, Слободской, 1998).

Для оценки связи между различиями в характеристиках среды и успешностью промысловых операций все уловы (U) были разделены на четыре группы:

- низкий, $0 < U < 0.5$ т;
- удовлетворительный, $0.5 \leq U < 1.5$ т;
- высокий, $1.5 \leq U < 5$ т;
- очень высокий, $U \geq 5$ т.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Промысел тихоокеанского кальмара в Японском море в 2003 г. велся на акватории с аномалиями уровня моря от -4.2 до 5.7 см. На рис. 2 представлена диаграмма распределения уловов кальмара в зависимости от величины аномалии уровня моря. Можно заметить, что наибольшее количество результативных операций сделано при слабopоложительных значениях аномалий уровня моря от 0 до 2 см, а на акватории с аномалиями уровня от -2 до 4 см была сосредоточена подавляющая часть уловов. Это заключение находит подтверждение и при анализе табл. 2. Показано, что 94.3% промысловых операций и 94.2% от суммарного улова тихоокеанского кальмара были получены в вышеназванном уровне диапазоне.

Если анализировать распределение только повышенных (высоких и очень высоких) уловов, а их в путину 2003 г. было выполнено 798, то можно констатировать, что 92.4% повышенных уловов были добыты на акватории с аномалиями уровня моря от -2 до 4 см. При этом 63.7% промысловых операций с повышенными уловами выполнено в уровне диапазоне 0—2 см (табл. 2). Отметим, что диапазон изменчивости аномалий уровня океана, отмеченных нами за весь рассматриваемый период времени в районе ведения промысла, составлял от -10.7 до 12.9 см. А в целом по всему Японскому морю он существенно больше. Следовательно, можно прийти к заключению, что скопления кальмара формировались на динамически стабильных участках акватории между циклоническими и антициклоническими областями, со сдвигом в сторону антициклонических образований.

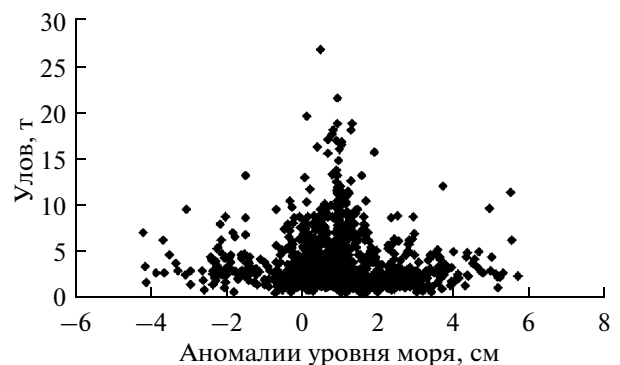


Рис. 2. Зависимость распределения уловов тихоокеанского кальмара от аномалий уровня моря за весь период промысла.

Таблица 2. Уловы тихоокеанского кальмара в зависимости от аномалий уровня моря

Аномалии уровня моря, см	Количество уловов					Общий вылов, т				
	низкий	удовлетворительный	высокий	очень высокий	Σ	низкий	удовлетворительный	высокий	очень высокий	Σ
(-6)-(-4)	0	1	1	1	3	0	1.23	3	6.64	10.87
(-4)-(-2)	1	4	29	5	39	0.44	4.01	83.42	36.64	124.51
(-2)-0	5	25	96	23	149	1.31	26.63	263.16	166.45	457.55
0-2	18	125	319	189	651	5.46	131.56	960.04	1618.79	2715.85
2-4	4	54	97	13	168	1.21	54.2	250.02	92.76	389.19
4-6	0	3	21	4	28	0	2.94	55.53	25.86	84.33
Σ	28	212	563	235	1038	8.42	220.57	1615.17	1947.14	3791.3
Аномалии уровня моря	Количество уловов, %					Общий вылов, %				
	низкий	удовлетворительный	высокий	очень высокий	Σ	низкий	удовлетворительный	высокий	очень высокий	Σ
(-6)-(-4)	0	0.1	0.1	0.1	0.3	0	0	0.1	0.2	0.3
(-4)-(-2)	0.1	0.4	2.8	0.5	3.8	0	0.1	2.2	1	3.3
(-2)-0	0.5	2.4	9.2	2.2	14.4	0	0.7	6.9	4.4	12.1
0-2	1.7	12	30.7	18.2	62.7	0.1	3.5	25.3	42.7	71.6
2-4	0.4	5.2	9.3	1.3	16.2	0	1.4	6.6	2.4	10.5
4-6	0	0.3	2	0.4	2.7	0	0.1	1.5	0.7	2.2
Σ	2.7	20.4	54.2	22.6	100	0.2	5.8	42.6	51.4	100

Рассмотрим, как менялись условия проведения промысловых операций за период промысла. В июле промысел велся только в водах с положительными аномалиями уровня (рис. 3а). Причем наибольшее количество промысловых операций было выполнено в диапазоне аномалий уровня 2–4 см, 60% постановок, 72.8% от суммарного улова. При этом в интервале 4–6 см было выполнено 30% постановок и взято 26.8% улова. Высокие уловы отмечались при аномалиях уровня 2–6 см, очень высокие от 2 до 4 см.

В августе промысел сдвигается в сторону отрицательных значений аномалий уровня (рис. 3б). Наибольшее количество промысловых операций (86.5%)

сделано в диапазоне от -2 до 2 см. В этом диапазоне поймано 86.0% от общего улова. Промысловые операции с высокими и очень высокими уловами отмечались при аномалиях уровня от -4 до 4 см, причем максимум постановок с высокими и очень высокими результатами отмечался в интервале от -2 до 2 см.

В сентябре постановки с различными уловами отмечаются в широком диапазоне аномалий уровня, от -4.2 до 5.7 см (рис. 3в). При этом наблюдается один ярко выраженный максимум в интервале 0–2 см (69.9% постановок и 78.8% от общего улова). Следующим по значимости диапазоном (16.5% постановок и 9.4% суммарного улова) является диапазон 2–4 см.

В октябре постановки производились на акваториях с аномалиями уровня от -1.8 до 5.2 см. При этом промысловые операции с очень высокими уловами отмечались только при аномалиях уровня в диапазоне от -2 до 2 см (рис. 3г). Причем 70.5% постановок и 73% уловов взяты на акваториях с аномалиями уровня от 0 до 4 см.

В табл. 3 представлены помесечные диапазоны аномалий уровня моря, в которых добыто наибольшее количество тихоокеанского кальмара.

Таблица 3. Диапазоны аномалий уровня моря, благоприятные для проведения промысловых операций

Месяц	Диапазон аномалий уровня моря, см
Июль	2–4
Август	(-2)–2
Сентябрь	0–2
Октябрь	0–4
В целом	(-2)–4

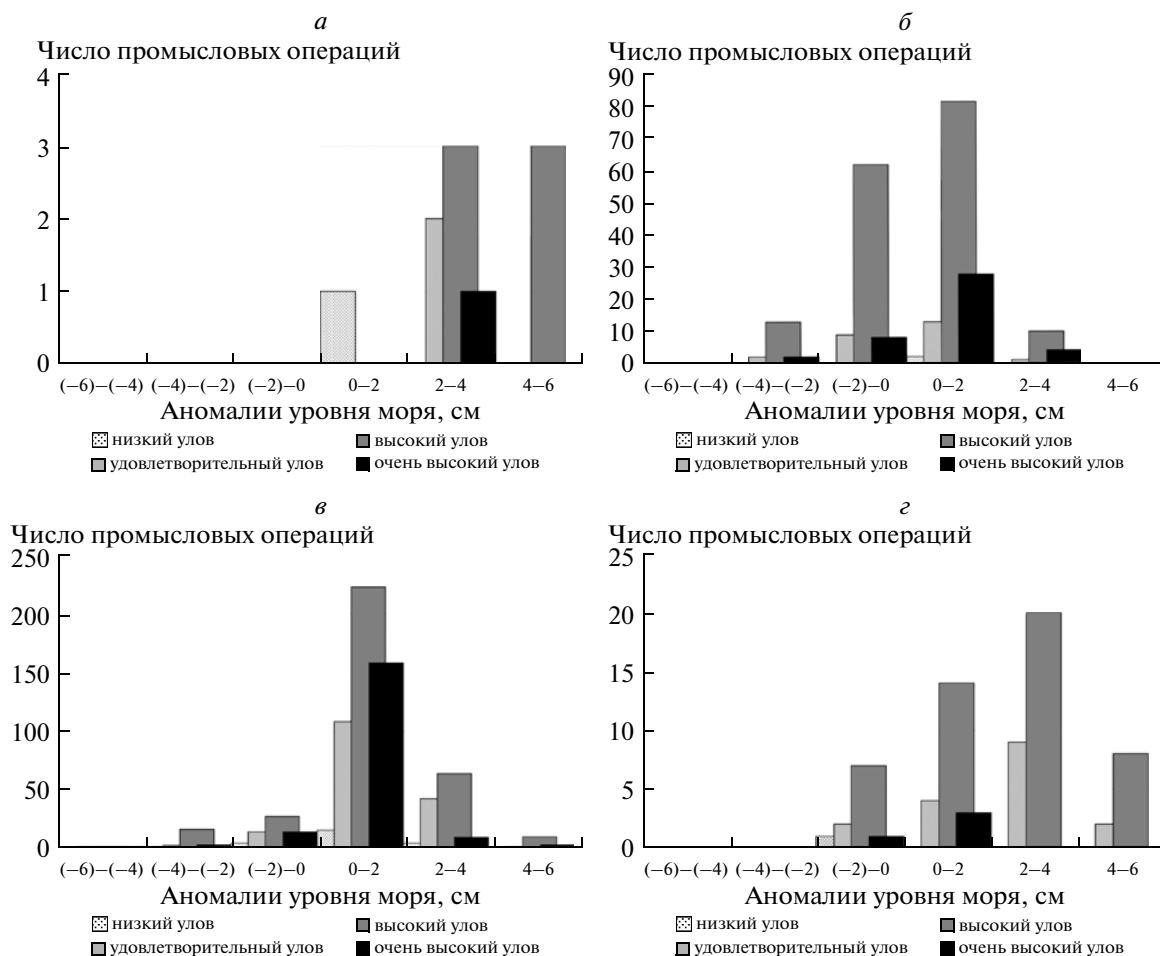


Рис. 3. Зависимость уловов тихоокеанского кальмара от аномалий уровня моря по месяцам: *а* – июль, *б* – август, *в* – сентябрь, *г* – октябрь.

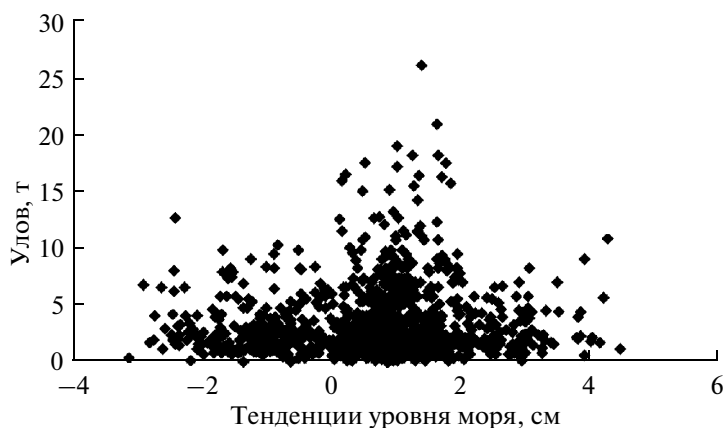


Рис. 4. Зависимость распределения уловов тихоокеанского кальмара от тенденции уровня моря для всего периода промысла.

Помимо самих аномалий уровня моря интерес для исследователя представляет и изменение аномалий во времени (тенденция уровня).

На рис. 4 представлена диаграмма зависимости уловов тихоокеанского кальмара от тенденции уровня моря за весь период промысла. Хорошо вид-

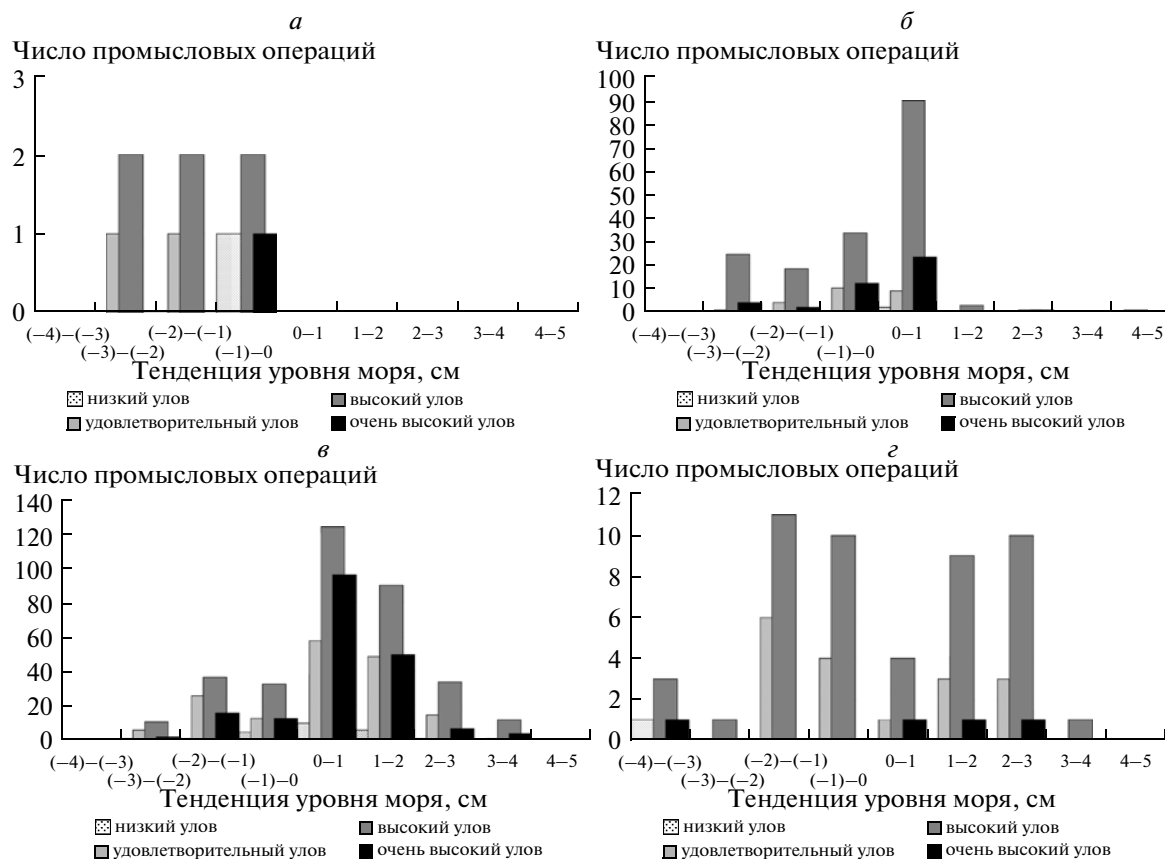


Рис. 5. Зависимость уловов тихоокеанского кальмара от тенденции уровня моря по месяцам: *а* — июль, *б* — август, *в* — сентябрь, *г* — октябрь.

но, что максимальные уловы кальмара были сделаны при слабоположительных значениях $\Delta\xi$ (от 0 до 2 см), т.е. в зоне конвергенции потоков.

В июле все уловы сосредотачивались в отрицательной зоне тенденций уровня, т.е. в зоне дивер-

генции потока, от -3 до 0 см. Причем и минимальный улов 0.12 т, и максимальный 11.59 т были выполнены при слабоотрицательных значениях $\Delta\xi$, (рис. 5а).

В августе уловы кальмара отмечались в диапазоне градаций $\Delta\xi$ от -3 до 5 см. Причем максимальное количество уловов отмечалось в градации $\Delta\xi$ $0-1$ см, где взято подавляющее большинство высоких и очень высоких уловов (рис. 5б). В этой и соседней с ней градации от -1 до 0 см была взята большая часть общего улова кальмара (76%).

В сентябре наблюдается некоторое смещение уловов кальмара в сторону положительных значений тенденции уровня моря. Наибольшее количество уловов, как и в августе, отмечается в диапазоне $0-1$ см; на втором месте диапазон $1-2$ см. В этих двух градациях наблюдается самое большое количество постановок с удовлетворительными, высокими и очень высокими уловами (рис. 5в). Именно в этих диапазонах было взято 73% от общего улова.

В октябре большая часть уловов кальмара распределяется в интервале $\Delta\xi$ от -2 до 3 см достаточно равномерно, за исключением градации $0-1$ см, где

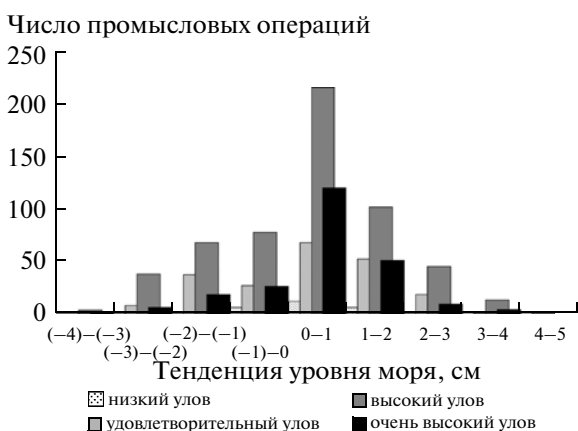


Рис. 6. Зависимость уловов тихоокеанского кальмара от тенденции уровня моря за весь период промысла.

Таблица 4. Уловы тихоокеанского кальмара в зависимости от тенденции уровня моря

Тенденция уровня моря, см	Количество уловов					Общий вылов, т				
	низкий	удовлетво- рительный	высокий	очень высокий	Σ	низкий	удовлетво- рительный	высокий	очень высокий	Σ
(-4)-(-3)	1	0	3	1	5	0.43	0	7.96	6.87	15.26
(-3)-(-2)	1	8	38	6	53	0.25	8.75	105.23	46.34	160.57
(-2)-(-1)	1	37	68	18	124	0.16	42.21	196.91	136.91	376.19
(-1)-0	6	27	78	26	137	1.93	26.07	215.27	203.17	446.44
0-1	12	68	216	120	416	3.72	69.75	633.51	976.11	1683.09
1-2	6	52	102	51	211	1.68	52.52	288.8	487.83	57.11
2-3	1	18	45	9	73	0.25	19.36	131.54	57.11	208.26
3-4	0	1	13	4	18	0	0.66	35.96	33	69.62
4-5	0	1	0	0	1	0	1.25	0	0	1.25
Σ	28	212	563	235	1038	8.4	220.6	1615.2	1947.3	3791.2
Тенденция уровня моря, см	Количество уловов, %					Общий вылов, %				
	низкий	удовлетво- рительный	высокий	очень высокий	Σ	низкий	удовлетво- рительный	высокий	очень высокий	Σ
(-4)-(-3)	0.1	0	0.3	0.1	0.5	0	0	0.2	0.2	0.4
(-3)-(-2)	0.1	0.8	3.7	0.6	5.1	0	0.2	2.8	1.2	4.2
(-2)-(-1)	0.1	3.6	6.6	1.7	11.9	0	1.1	5.2	3.6	9.9
(-1)-0	0.6	2.6	7.5	2.5	13.2	0.1	0.7	5.7	5.4	11.9
0-1	1.2	6.6	20.8	11.6	40.1	0.1	1.8	16.7	25.7	44.4
1-2	0.6	5	9.8	4.9	20.3	0	1.4	7.6	12.9	21.9
2-3	0.1	1.7	4.3	0.9	7	0	0.5	3.5	1.5	5.5
3-4	0	0.1	1.3	0.4	1.7	0	0	0.9	0.9	1.8
4-5	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0	0	0
Σ	2.7	20.4	54.2	22.6	100	0.2	5.8	42.6	51.4	100

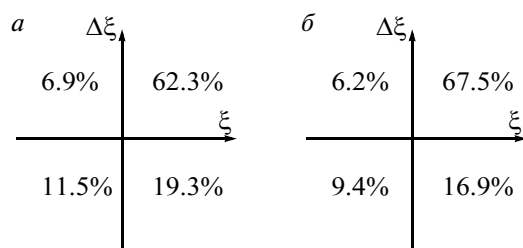


Рис. 7. Зависимость характеристик промысла тихоокеанского кальмара от аномалий (ξ) и тенденции ($\Delta\xi$) уровня моря по четвертям в $\xi/\Delta\xi$ координатах: *a* – количество промысловых операций, *b* – общий вылов.

отмечалось более чем в 2 раза меньшее число уловов, нежели на всем остальном означенном интервале. Распределение уловов по величине в октябре (рис. 5з) аналогично распределению суммарных уловов.

При рассмотрении всего периода промысла кальмара легко выделяется диапазон величин тенденций уровня от -2 до 2 см, при которых поймано подавляющее большинство кальмара, более 85% по постановкам и 88% по общему улову (табл. 4). Причем в отрицательной части выделенного диапазона было выполнено 25% постановок и взято 22% от об-

щего улова, а в положительной 60% и 66% соответственно.

Таким образом, в выделенном нами диапазоне $\Delta\xi$ от -2 до 2 см наибольший интерес для лова кальмара представляет положительная его часть ($0-2$ см). Этот вывод подтверждает и рис. 6, где приведено распределение постановок по величине улова. Хорошо видно, что наибольшее количество постановок с высокими и очень высокими уловами относятся к интервалу $0-2$ см.

Рассмотрим распределение уловов как двумерную функцию переменных ξ и $\Delta\xi$. При этом четверти координатной плоскости в поле переменных ξ и $\Delta\xi$ легко интерпретируются следующим образом (Шатохин, 2004):

четверть 1: $\xi > 0$ и $\Delta\xi > 0$, “растущая” зона конвергенции;

четверть 2: $\xi > 0$ и $\Delta\xi < 0$, “разрушающаяся” зона конвергенции;

четверть 3: $\xi < 0$ и $\Delta\xi < 0$, “растущая” зона дивергенции;

четверть 4: $\xi < 0$ и $\Delta\xi > 0$, “разрушающаяся” зона дивергенции.

В результате проведенного анализа получено, что большинство уловов (62.3%) выполнено в четверти 1,

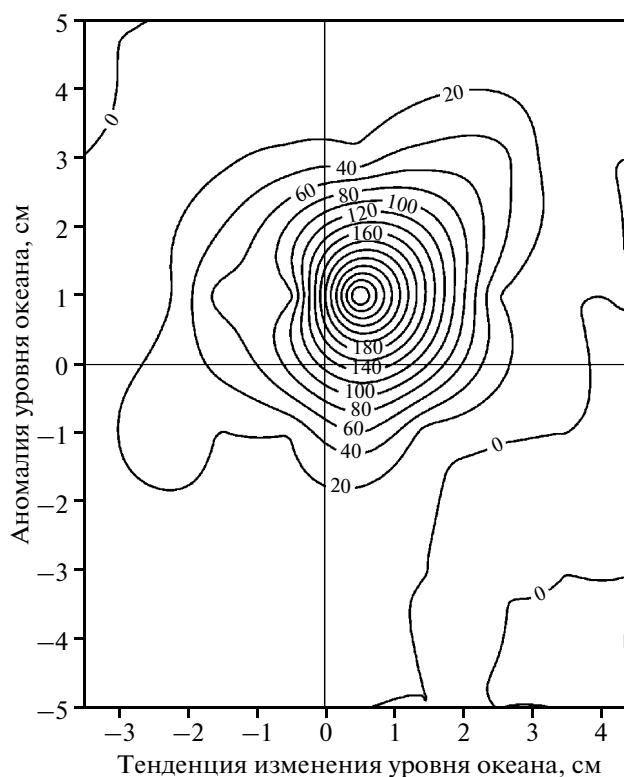


Рис. 8. Распределение количества высоких и очень высоких уловов тихоокеанского кальмара в зависимости от аномалий и тенденции уровня моря.

в “растущей” зоне конвергенции. При этом было поймано 67.5% от общего улова кальмара (рис. 7).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенный анализ показал, что между топографией уровенной поверхности и промыслом тихоокеанского кальмара имеется вполне определенная зависимость, которую хорошо иллюстрирует рис. 8, где представлена диаграмма распределения количества промысловых операций с большими и очень большими уловами, в зависимости от величины аномалий (ξ , см) и тенденции изменения уровня ($\Delta\xi$, см) за предшествующие семь дней.

Хорошо видно, что максимальное количество постановок с уловами более 1.5 т отмечаются при небольших положительных значениях отклонений уровня от равновесия (до 2 см) и слабopоложительных значениях тенденции изменения уровня (менее 2 см), т.е. в областях с “растущей” зоной конвергенции.

Следовательно, наиболее перспективными районами для промысла кальмара являлись динамически стабильные участки акватории между циклоническими и антициклоническими областями, со сдвигом в сторону антициклонических образований. На наш взгляд, подобное положение перспективных для промысла участков исследуемой акватории достаточно хорошо объяснено в (Шатохин, 2004): основной “поставщик” первичной продукции — зоны циклонических образований. При этом очень важным является разграничение центральных областей циклонов и их периферии. Если центральные зоны циклонов, где происходит подъем глубинных вод, определяют в основном интенсивность подачи биогенных элементов в зону активного фотосинтеза, то периферийные участки являются зонами повышенной биопродуктивности, так как именно в них происходит основной прирост биомассы фитопланктона. Это определяется необходимым временем запаздывания, зависящим от общих условий процесса фотосинтеза в различных водных массах и зонах дивергенции. Затем фитопланктон и зоопланктон механически выносятся в соседние зоны конвергенции и участки антициклонических вихрей, где концентрируются, как правило, под воздействием адвекции “теплых вод”, усиливающих интенсивность конвергенции. Так создаются зоны потенциально повышенной рыбопромысловой продуктивности. Если в последующем периоде создаются условия “доступности” этих участков для рыбных скоплений, то возникает район с повышенной рыбопромысловой обстановкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дударев В.А., Байталюк А.А., Мокрин Н.М., Шелехов В.А.* Современное состояние сырьевой базы рыболовства северо-западной части Японского моря // Вопросы рыболовства. 2004. Т. 5. № 3(19). С. 405–417.
- Зуев Г.В., Несис К.Н.* Кальмары (Биология и промысел). М.: Пищ. пром., 1971. 360 с.
- Мокрин Н.М.* Экология и перспективы промысла тихоокеанского кальмара *Todarodes pacificus* в Японском море: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2006. 21 с.
- Мокрин Н.М., Слободской Е.В.* Руководство по поиску и промыслу пелагических кальмаров в Японском море и Южно-Курильском районе. Владивосток: ТИНРО-Центр, 1998. 61 с.
- Мокрин Н.М., Филатов В.Н.* Особенности формирования нагульных скоплений тихоокеанского кальмара (*Todarodes pacificus* Steenstrup, 1880) в зоне России Японского моря в летне-осенний период // Изв. ТИНРО. 1999. Т. 126. С. 331–342.
- Несис К.Н.* Океанические головоногие моллюски. Распространение, жизненные формы, эволюция. М.: Наука, 1985. 285 с.
- Старицын Д.К., Филатов В.Н., Фукс В.Р.* Основы использования спутниковой альтиметрической информации для оценки океанологических условий промысла сайры // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 137. С. 398–408.
- Фукс В.Р.* Гидродинамические основы интерпретации альтиметрических съемок морской поверхности // Колебания уровня в морях. СПб.: РГГМУ, 2003. С. 79–91.
- Фукс В.Р.* Спутниковая альтиметрия в промысловой океанографии // Вопросы промысловой океанологии. Вып. 1. М.: ВНИРО, 2004. С. 126–146.
- Шатохин Б.М.* Исследование закономерностей и механизмов формирования зон повышенной биологической и рыбопромысловой продуктивности, как основа новых подходов в планировании учетных съемок запасов и поиска промысловых скоплений // Вопросы промысловой океанологии. Вып. 1. М.: ВНИРО, 2004. С. 147–167.
- Araya H., Kaga Y.* Distribution and migration of common squid in the northern Japan Sea // Studies of Japanese common squid (*Todarodes pacificus* Steenstrup). Res. Rep. Tech. Couns. Agr. for Fish. 1972. V. 57. P. 144–152. (in Japanese).
- Bakun A., Csirke J.* Environmental processes and recruitment variability // FAO Fisheries Technical Paper № 376. Rome, 1998. P. 105–124.
- Kasahara S.* Descriptions of offshore squid angling in the Sea of Japan, with special reference to the distribution of common squid (*Todarodes pacificus* Steenstrup); and on the techniques for forecasting fishing conditions // Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. 1978. V. 29. P. 179–199.
- Kasahara S., Ito S.* Distribution and migration of common squid in the offshore Japan Sea // Studies of Japanese common squid (*Todarodes pacificus* Steenstrup). Res. Rep. Tech. Couns. Agr. for Fish. 1972. V. 57. P. 115–143. (in Japanese).
- Kim B.A., Jo Y.J., Kim J.P., Lim K.B., Kim B.K., Hong S.H.* Oceanographic conditions and fishing grounds of common squid, *Todarodes pacificus* (Steenstrup), in the Yellow Sea off Korea // Bull. Fish. Res. Dev. Agency. 1984. V. 33. P. 21–34. (in Korean with English abstract).

Lee S.D., Son Y.S., Kim Y.C. A study on the vertical distribution of common squid, *Todarodes pacificus* Steenstrup, in the eastern waters of Korea // *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*. 1985. № 36. P. 23–28. (in Korean with English abstract).

Murata M. Oceanic resources of squids // *Mar. Behav. Physiol.* 1990. V. 18. P. 19–71.

Owen R.W. Fronts and eddies in the sea: mechanisms, interactions and biological effects // *Analysis of marine ecosystems*. L., 1981. P. 197–233.

Samko E.V., Kapshiter A.V., Slobodskoi E.V. Contemporary analysis of the neon flying squid distribution and satellite altimetry data // *The 12th Annual Meeting PICES*. Seoul, Republic of Korea, 2003. P. 143.

Tameishi H. Formation of the fishing grounds of the Japanese common squid at warm eddies and streams in the Japan Sea // *Contributions to the fisheries researches in the Japan Sea*. 1993. № 28. P. 43–55. (in Japanese).

Revealing the Perspective Areas of the Japanese Flying Squid Fishery in the Japan Sea with Use the Satellite Altimetry Data

E. V. Samko

Pacific Scientific Research Fisheries Centre (TINRO-Centre), Vladivostok

Relationship between fishing grounds of Japanese flying squid and water dynamics in the Russian waters of the Japan Sea is analyzed on the data of daily squid catches in summer-autumn of 2003 and the sea surface height data obtained by means of satellite altimetry. The catches of squid were observed within the wide range of SSH anomalies from -4.2 to 5.7 cm, but high catches were made mainly within the range from -2 to 4 cm. Maximum number of fishing operations with the effective catches was obtained mainly at small positive values of the SSH anomaly (up to 2 cm) and at small positive values of the SSH tendency (less than 2 cm/week), i.e. in stable, low-dynamic areas with strengthening convergence.

Keywords: satellite altimetry, sea surface height anomaly, Japanese flying squid, Japan Sea