

**ОТЧЕТ РАБОЧЕГО СЕМИНАРА ПО ИЗУЧЕНИЮ СРИЕ КРИЛЯ
МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

(Юго-Западный центр изучения промысла, Ла-Хойя, США, 7-13 июня 1989 г.)

ОТЧЕТ РАБОЧЕГО СЕМИНАРА ПО ИЗУЧЕНИЮ СРУЕ КРИЛЯ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

(Юго-Западный центр изучения промысла, Ла-Хойя, США, 7-13 июня 1989 г.)

СВОДКА, ЗАКЛЮЧЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

СВОДКА

Рабочий семинар предоставил участникам возможность работать совместно со Специалистами-консультантами над аспектами их моделей и анализа.

2. В свете этих дискуссий, некоторые использованные модели были пересмотрены, и был выделен и обсужден ряд технических проблем.

3. Основные выводы отчетов Специалистов-консультантов, которые были приняты Группой после рассмотрения, указывают на фундаментальное различие между данными по количеству, типу и размеру концентраций криля и данными по численности криля в пределах концентраций.

4. Рабочий семинар разработал оперативную классификацию концентраций, подразделив их на три типа: сравнительно рассеянные, небольшие, дискретные скопления криля; большие агрегации скоплений криля, и обширные слои криля.

5. Данные, регулярный сбор которых осуществляется советскими научно-исследовательскими судами, можно проанализировать в отношении оценки количества и размера концентраций в выделенных областях, представляющих экологический интерес.

6. Этот анализ включает несколько неточностей, которые можно разрешить с помощью сбора дополнительной информации о действиях судов. Рабочий семинар предложил сбор дополнительных данных для разрешения упомянутых неточностей.

7. Данные, регулярно собираемые японскими промысловыми судами, в принципе возможно проанализировать используя вылов за единицу времени

поиска для оценки изменений численности криля в пределах концентраций. Однако, при анализе этим методом возникают некоторые трудности.

8. Работа Специалистов-консультантов над данными по японскому промыслу была сосредоточена на различии между временем, затраченным исключительно на поиск агрегаций криля, и временем одновременного проведения поиска и других видов деятельности. Японские суда ведут промысел только в районах высокой численности криля, и различать эти методы поиска в вышеупомянутых районах нецелесообразно.

9. На Рабочем семинаре был проанализирован вопрос об оценке чувствительности различных индексов CPUE к различным типам изменения численности криля, а именно: изменениям плотности в пределах скоплений, изменениям размера скоплений, и изменениям количества скоплений на единицу площади в пределах одной концентрации.

10. В случаях изменения плотности в пределах скопления, это может быть обнаружено за счет изменений индекса, основанного на улове на единицу промыслового времени.

11. В случаях изменения размера скопления или количества скоплений в пределах концентрации, это может быть обнаружено за счет изменений индексов, основанных на улове на единицу времени поиска.

12. В случаях, когда криль располагался послойно, отношение между численностью криля и CPUE казалось слабым, то есть значительное изменение численности криля выражалось в небольшом изменении индекса CPUE. В этом случае Рабочий семинар рекомендовал оценить численность концентраций, состоящих из больших слоев, а также оценить размер и плотность таких концентраций.

13. Рабочий семинар пришел к выводу о том, что Комплексный индекс численности криля может быть рассчитан на основе данных по концентрациям криля, полученных с советских научно-исследовательских судов и по численности криля в пределах концентраций с японских промысловых судов. Такой индекс будет пригоден только для определенных экологических районов Южного океана, по которым представляются данные, а также ведутся

и съемки и коммерческий промысел. Идентификацию этих областей следует поручить Рабочей группе по крилю.

14. Общие свойства Индекса были такими, что небольшие изменения численности вряд ли будут очевидны, но любое статистически значительное изменение Индекса означало бы, что произошло большое изменение численности криля. Это имеет очевидное значение для деятельности Рабочей группы по разработке подходов к сохранению морских живых ресурсов Антарктики.

15. Несмотря на то, что можно было бы определить общие свойства Индекса, Рабочий семинар признал, что требуется глубокое понимание количественного характера изменений Индекса. В связи с этим, Рабочий семинар рекомендовал продолжать исследования по чувствительности Комплексного индекса численности к изменению величин параметров.

16. Ряд сомнений относительно характера изменения индексов CPUE может быть разрешен только с помощью данных, полученных в результате акустических съемок концентраций криля. Рабочий семинар призвал внимание Рабочей группы по крилю к этим проблемам.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

17. СССР и Япония ведут промысел по-разному. Советский промысел осуществляется научно-исследовательскими судами, которые обнаруживают пригодные для промысла концентрации и вызывают промысловые суда, а японские промысловые суда действуют более или менее самостоятельно. Предполагается, что нижеследующие замечания относительно этих двух видов промысла носят общий характер, поэтому промысловую деятельность других наций возможно распределить по категориям таким же образом.

18. Несмотря на то, что объем советского промысла высок, он покрывает относительно небольшую часть общей площади Южного океана. Промысловый флот малочислен и действует на соответственно меньшей площади. Рабочий семинар показал, что в условиях ограниченной площади ведения промысла CPUE в некоторой степени дает представление о данных по численности криля.

19. Данные, полученные с научно-исследовательских судов, которые оказывают поддержку ведущему промысел криля промысловому флоту СССР, предоставляют полезную информацию о количестве и размере концентраций криля.

20. Рабочий семинар разработал оперативную классификацию концентраций, подразделив их на три типа: сравнительно рассеянные, небольшие, дискретные скопления криля; большие агрегации скоплений криля, и обширные слои криля.

21. Японский промысел направлен на последние два типа этих концентраций. Данные за каждое отдельное траление, полученные от японского промысла, могут быть использованы для оценки численности в пределах концентраций. Уровень успеха и метод получения этой оценки зависят от типа концентрации и от того, как изменяется численность криля, то есть от изменений размера скоплений, плотности в пределах скоплений или количества скоплений в концентрации.

22. Ввиду того, что невозможно в достаточной мере определить Время первичного поиска (см. пункт 62) в случае японского промысла, использование его как индекса поискового усилия также является невозможным. Тем не менее, данные, которые собираются в настоящее время судами японского промыслового флота, а именно данные по времени начала и окончания лова, являются полезными потому, что они могут быть использованы для вычисления эффективного времени поиска.

23. Вследствие непропорциональной зависимости изменений численности криля и индексов CPUE, обнаружение изменений индекса означает, что произошло существенное изменение средней численности в рассматриваемых районах.

24. Значительную пользу имеет объединение результатов этих двух подходов в Комплексный индекс численности, используя данные СССР для определения количества и размера концентраций, и данные Японии для определения численности в пределах концентраций. Тем не менее, применение этого Комплексного индекса ограничено вследствие небольшой зоны действия японского промысла.

25. При оценке такого Комплексного индекса следует соблюдать осторожность, поскольку многие из составляющих переменных элементов не изменяются пропорционально изменениям численности, и имеются значительные сомнения по поводу наилучшего метода оценки многих из этих переменных.

26. Для того, чтобы улучшить качество Комплексного индекса, следует вести сбор данных в регулярном порядке.

27. Некоторые внутренние параметры концентрации, такие как размер скопления, количество скоплений на единицу площади концентрации и расстояние между скоплениями, необходимы для мониторинга численности. Такие параметры лучше всего определять акустическим методом.

28. Таким образом Рабочий семинар рекомендовал:

- (i) Научно-исследовательским судам, оказывающим поддержку промысловому флоту, следует собирать данные в соответствии с рассматриваемым в пункте 73 и подробно описанным в Приложении 5 форматом судового журнала. Данные, полученные с этих судов, должны быть проанализированы для того, чтобы оценить размеры и типы концентраций криля в соответствии с предложениями, содержащимся в Приложении 5 и WS-KCPUE-89/6 Rev. 1.
- (ii) Всем ведущим промысел судам следует собирать данные за каждое отдельное траление таким методом, который используется в настоящее время японским промыслом.
- (iii) Данные за каждое отдельное траление следует проанализировать для того, чтобы предоставить соответствующие индексы численности, основанные на вылове за единицу времени поиска в пределах концентраций криля за отчетный период в 10 дней. Такой анализ может быть сделан или АНТКОМом или промысловой нацией, собирающей данные. Этот анализ следует осуществлять ежегодно.
- (iv) Предложенные выше аналитические процедуры следует принять на экспериментальной основе и пересмотреть после трех лет.

- (v) Акустические данные следует применять для определения размера скопления, количества скоплений на единицу площади концентрации и расстояния между скоплениями в пределах концентрации.
- (vi) Подробное описание необходимых акустических данных следует поручить Рабочей группе по крилю.
- (vii) Следует провести нижеследующую работу:
 - (a) Определение чувствительности Комплексного индекса численности к изменению величин параметров. Однако, польза этой работы зависит от способности Рабочей группы определить величины ключевых параметров и их распределение.
 - (b) Специалисту-консультанту следует изменить модель японского промысла для того, чтобы избежать необходимости проведения различия между Временем первичного и Временем вторичного поиска.

ОТЧЕТ О РАБОЧЕМ СЕМИНАРЕ

ВВЕДЕНИЕ

29. Рабочий семинар проходил в Юго-Западном центре изучения промысла при Национальной службе морского рыболовства в Ла-Хойя, Калифорния, США, с 7 по 13 июня 1989 г.

30. Созывающий, д-р Дж. Беддингтон (Соединенное Королевство), являлся Председателем совещания. По просьбе Председателя Рабочей группы АНТКОМа по разработке подходов к сохранению морских живых ресурсов Антарктики в Проект предварительной повестки дня, распространенный перед совещанием, был включен новый пункт. Затем пересмотренная Повестка дня была принята (Дополнение 1).

31. Список участников дается в Дополнении 2.

32. Отчет был подготовлен г-жой М. Бассон, проф. Д. Баттеруортом, д-ром И. Эверсоном и д-ром Д. Пауэллом.

33. Документы совещания, полученные Секретариатом АНТКОМа, были распространены среди участников. На совещании были представлены дополнительные документы. Список документов совещания приводится в Дополнении 3.

Работа за период после Седьмого совещания НК АНТКОМа

34. Дискуссии, последовавшие после представления на Седьмом совещании НК АНТКОМа отчетов Специалистов-консультантов, указали на то, что необходимы основанные на более глубоком понимании промысла криля, производимого Японией и СССР изменения обобщенных моделей.

35. Д-р Дж. Беддингтон (Созывающий) и д-р Мангел (Специалист-консультант) обратились с письменной просьбой к представителю СССР в Научном комитете о предоставлении подобной информации, но ответа не получили. Дополнительная информация о промысле криля СССР на совещании представлена не была.

Использование вычислительной техники

36. Во время работы совещания использовалась ЭВМ с центральным процессором VAX 11/780, и анализ был сделан посредством последовательного группирования команд.

Главные задачи Рабочего семинара

37. Главные задачи Рабочего семинара были определены Научным комитетом (SC-CAMLR-VII, пункт 2.41):

- (i) предоставление возможности подробного и окончательного обсуждения разработанных специалистами-консультантами

моделей и их значения для возможного использования данных по CPUE для получения индексов численности криля;

- (ii) рассмотрение усовершенствования использовавшейся в исследованиях Специалистами-консультантами модели распределения криля в свете дальнейшего анализа и имеющихся результатов научно-исследовательских съемок криля, которые будут представлены на Рабочем семинаре, и тщательное рассмотрение того, не изменили ли эти разработки выводов, основанных на результатах проводившихся ранее исследований;
- (iii) рассмотрение целесообразности регулярного сбора различных типов информации о времени поиска в свете предстоящего анализа экспериментального сбора таких данных, который уже осуществляется японскими судами, и некоторых данных, собранных советскими научно-исследовательскими судами; и
- (iv) предоставление Научному комитету рекомендаций по возможному применению данных по CPUE для вычисления индексов биомассы криля, самого пригодного и эффективного индекса или индексов, и по вытекающим из этого требованиям регулярного сбора данных при промысле криля.

РАССМОТРЕНИЕ ОТЧЕТОВ СПЕЦИАЛИСТОВ-КОНСУЛЬТАНТОВ

Японский промысел

38. Проф. Баттеруорт представил свою работу "Изучение промысла криля одиночными японскими траулерами методом математического моделирования" (WS-KCPUE-89/4). Эта работа была обсуждена на Седьмом совещании НК АНТКОМа. Делается попытка моделирования японского промысла криля в течение января и февраля - периода наивысшей интенсивности промысла.

39. Модель распределения криля, использованная в исследовании, является моделью "пятна внутри пятен". Самым мелким объединением криля является "скопление". Объединения скоплений называются "концентрациями". Данные,

предоставленные Японией, указывают на то, что скопления в пределах отдельной концентрации имеют, вероятно, одинаковые характеристики в отношении размера криля и условий питания ("зелень").

40. Модель имитирует стратегию первичного поиска концентраций криля следующим образом. Предполагается, что промысловое судно начинает вести поиск с расстояния примерно в 100 морских миль к северу от границы льда на восточном конце рассматриваемого участка площадью 600 x 600 морских миль, и движется в направлении центра южной границы. Этот первоначальный поиск ведется по прямой линии. Предполагается, что судно начинает вести промысел с момента пересечения границы концентрации криля. Рабочему семинару сообщили, что на практике промысловые суда двигаются по прямой линии в направлении границы льда, но как только они получают малейшее свидетельство наличия криля, они начинают интенсивный, локализованный поиск с целью определения, является ли найденная концентрация пригодной для промысла. Скопления и, следовательно, концентрации обнаруживаются акустическими методами.

41. Моделирование процесса поиска концентрации после достижения южной границы или после выхода за пределы последней обнаруженной концентрации не может быть выполнено путем моделирования курса следования судна. Вместо этого используется формула произвольного поиска. Таким образом появляется возможность учитывать движение концентрации криля на протяжении некоторого времени. Диапазон оценочных величин скорости передвижения агрегаций криля (Kanda et. al., 1982; Everson and Murphy, 1987) соответствует значению 15 см/сек, применяемому в модели. Согласно наблюдениям, проведенным Японией, концентрации в районе склона шельфа имеют тенденцию сохранять прежнее местонахождение.

42. Формула произвольного поиска, используемая в математическом моделировании:

Вероятность (обнаружения концентрации в течение времени t) = $1 - \exp(-wdvt)$ (1)

где d - плотность концентраций (количество на единицу площади) и v - скорость судна, ведущего поиск. В связи с тем, что мощность эхолотов и гидролокаторов слишком мала по сравнению с размерами концентраций, w соответствует среднему диаметру смоделированной концентрации.

Произвольный выбор числа из равномерного распределения в диапазоне [0,1] и выполнение вычислений по вышеуказанной формуле для t , дает время, необходимое для поиска следующей пригодной для промысла концентрации (Время поиска концентрации - Concentration Searching Time, CST). Если количество или типичный размер концентраций уменьшились, то CST будет иметь, в связи с меньшими величинами d или w , соответственно, тенденцию к увеличению.

43. Судно может окончить облов концентрации по одной из трех причин: в связи с необходимостью вернуться к грузовому судну для разгрузки, неблагоприятными погодными условиями или слишком низкой интенсивностью лова. Предполагается, что неблагоприятные погодные условия вызывают потерю концентрации судном и изменение курса судна на 50 морских миль в произвольном направлении. Несмотря на это, в действительности судно часто может продолжать улавливать местонахождение большой концентрации, даже если промысловые операции должны быть прерваны. В модели бессистемные колебания продолжительности периодов поиска могут привести к особенно продолжительным периодам поиска следующего пригодного для промысла скопления, и, следовательно, низкой интенсивности лова. Биомасса концентраций намного превышает средний улов, полученный траулером в течение двухнедельного моделируемого периода, и, следовательно, улов оказывает незначительное влияние на интенсивность лова. На практике показатели интенсивности лова снижаются, вероятно, вследствие изменений поведения агрегаций криля с течением времени; эта особенность не была учтена при разработке модели по причине отсутствия подобных количественных данных.

44. Поиск скоплений в пределах концентрации также смоделирован как процесс произвольного поиска следующим образом:

$$\text{Вероятность (нахождение скопления в течение } t \text{ часов)} = 1 - \exp(-\lambda t) \quad (2)$$

где $\lambda = 4(\text{часа})^{-1}$. Эта формула применяется в тех случаях, когда количество скоплений на единицу площади концентрации уменьшается, то есть Время первичного поиска (PST) следующего скопления увеличивается. Уменьшение радиуса скопления и плотности криля внутри скопления (δ) также вызывает увеличение PST в связи с уменьшением количества пригодных для промысла скоплений (см. ниже пункт 48).

45. Величина t в уравнении 2 была выбрана, для получения среднего времени поиска (λ^{-1}), равного приблизительно 15 мин., в соответствии с бюджетом расхода времени, разработанным для японского траулера в течение сезона 1986/87 гг. Г-н Ичии сообщил, что в пределах хороших концентраций японские суда затрачивали 5 минут на поиск скопления; остаток периода в 15 минут затарчивается на подготовку к началу траления. Результаты исследования методом математического моделирования отражают, таким образом, завышенную оценку доли времени, затраченного на первичный поиск. Среднее время поиска, равное 5 минутам, соответствует $\lambda = 12$. Это более соответствует величинам параметров w , d и v (см. пункт 43) поиска скоплений, которые показывают, что $\lambda = wdv$ варьируется от 14 до 60.

46. Уравнение 2 предполагает промысел, направленный на дискретные скопления. Когда промысел ведется в пределах концентраций, состоящих из обширных слоев, время поиска в сущности равняется нулю. Рабочий семинар отметил, что значительная доля промыслового усилия при промысле криля Японией может быть направлена на концентрации подобного типа, и что результаты исследования методом моделирования не будут соответствовать таким действиям.

47. Обычно промысел не начинается непосредственно после обнаружения хорошего скопления. Прежде всего некоторое время требуется на обработку соответствующей части улова, полученного за предыдущее траление. Это связано со свойством криля быстро портиться. Улов за траление составляет обычно не более 10 тонн, следовательно, он может быть обработан довольно быстро. Это время ожидания, в течение которого ведутся дальнейшие поисковые работы, называется Временем вторичного поиска (SST).

48. Параметры, характеризующие размер скопления криля и распределение плотности, были получены по информации, собранной в течение съемки FIBEX и данных, опубликованных в работе Калиновского и Витека (1983 г.). Уловы, полученные из неселективных тралений в таких скоплениях, составляют в среднем 1,5 тонн, по сравнению с уловами в 6-8 тонн, полученными японскими промысловыми судами в результате тралений отдельных скоплений. Это связано с тем, что при исследовании методом моделирования капитан судна выбирает для траления только такие скопления, которые он считает достаточно обширными и плотными, т.е. пригодными для промысла.

Советский промысел

49. Д-р Мангел представил на рассмотрение свою работу "Анализ и моделирование советской южноокеанской крилевой флотилии" (WS-KCPUE-89/5), которая обсуждалась на Седьмом совещании НК АНТКОМа.

50. Процесс проведения операции советскими промысловыми судами существенно отличается от промысла, который ведут японские суда, действующие раздельно. Советские промысловые суда работают во взаимодействии с научно-исследовательскими судами. Научно-исследовательские суда постоянно ведут поиск новых концентраций и информируют промысловые суда об обнаружении новой пригодной для промысла концентрации. Промысловые суда не направляются ко всем концентрациям, которые были обнаружены. Советские промысловые суда, как правило, работают группами, передвигаясь более или менее в направлении с востока на запад. Часто суда передвигаются вместе на расстояние до 100 морских миль, прежде чем вернуться на уже пройденный участок.

51. В связи с этим было решено, что данные по времени поиска, полученные с советских промысловых судов, не могут, вероятно, предоставить необходимую информацию, касающуюся оценок изменений численности криля, так как они работают во взаимодействии друг с другом и не осуществляют произвольный поиск. Тем не менее записи эхолота могут предоставить информацию о параметрах скопления (см. пункты 64 и 65).

52. Д-р Мангел затем представил на рассмотрение работу WS-KCPUE-89/6, которая содержала отчет об анализе выборки данных с научно-исследовательских судов, сопровождающих советскую промысловую флотилию. Этот анализ показал, что подобные данные могут быть использованы для определения размера и местоположения концентраций. Определенные таким образом концентрации соответствовали по размеру и местоположению концентрациям, описанным при анализе японских данных. При изучении советских данных стало ясно, что советские научно-исследовательские суда оставались на протяжении некоторого времени в пределах отдельной концентрации и случайно возвращались к ней, ведя поиск на соседнем участке.

53. В работе предлагалось использовать данные, получаемые этими научно-исследовательскими судами, для оценок величины (N_0) и размера концентраций

в районах. Для оценки количества концентраций предлагается следующая формула:

$$N_c = n_c / [1 - \exp(-wvt/A)] \quad (3)$$

где n_c - количество обнаруженных концентраций, w - ширина диапазона обнаружения, v - скорость передвижения судна при поиске, t - время поиска и A - участок района, где был проведен поиск. Оценочные величины N_c , полученные по этой формуле, зависят от величин параметров w , t и A . Имела место обширная дискуссия по поводу того, как уточнить их оценку; результаты этой дискуссии отражены в пунктах 66 и 67.

Прочие представленные виды анализа

54. Г-н Ичии и д-р Эндо (WS-KCPUE-89/7) подняли на обсуждение три проблемы, касающиеся проведенного проф. Баттеруортом исследования японского промысла криля методом математического моделирования (WS-KCPUE-89/4). Во-первых, они сообщили, что в течение пика промыслового сезона японские суда часто вели промысел более по слоям, чем по скоплениям. Размеры этих слоев намного превышают размеры обнаруженных при проведении программы FIBEX скоплений, в то время как при исследовании методом математического моделирования использовались величины параметров распределения криля, основанные на результатах FIBEX. На поиск в концентрациях, состоящих из таких слоев, затрачивается очень мало времени. Таким образом, они изучали вопрос о том, будут ли индексы CPUE, основанные на времени поиска, полезными в такой мере, как на это указывают результаты исследования методом моделирования. Во-вторых, они обсуждали вопрос об использовании индексов, основанных на сумме Времени первичного и Времени вторичного поиска (PST+SST) в связи с тем, что необходимое на обработку время, отраженное в SST, в значительной мере зависит от производимой продукции, и состав продукции существенно меняется в зависимости от сезона. И, наконец, они указали на нереальное поведение модели в отношении величин минимальной интенсивности лова, при которых судно остается в пределах концентрации, и предположили, что использованная модель распределения в достаточной мере не отражала реальной ситуации, при которой среди большого количества непригодных для промысла концентраций присутствует лишь несколько пригодных.

55. Авторы предположили, что необходимо провести эксперименты с целью исследования возможности сбора данных PST, а также испробовать устойчивость модели по отношению к ошибкам регистрации до рассмотрения начала регулярного сбора данных по времени поиска. Они также высказали мнение о том, что до начала исследований необходимо усовершенствовать модель распределения криля таким образом, чтобы продемонстрировать необходимость регулярного сбора таких данных.

56. При обсуждении было высказано мнение о том, что вторая проблема, подробно описанная в пункте 54, может быть разрешена путем занесения в судовой журнал сведений о продукции, производимой в то или иное время.

57. Д-р Эндо и д-р Шимадзу (WS-KCPUE-89/9) представили информацию о размерах обловленных в январе 1988 г. японским траулером агрегаций криля в районе к северу от о. Ливингстон (к северу от Антарктического полуострова). Траулер вел промысел в течение осуществляемой совместно с исследовательским судном *Kaiyo Maru* съемки на протяжении четырех дней. Обловленные агрегации являлись скорее слоями, чем скоплениями, и в 88% всех тралений облавливался только один слой. Средняя длина траления во время промысла составляла 3,25 км, средняя толщина слоя (т.е. глубина распространения), определенная акустическими методами, - 13,3 м, и средняя поверхностная плотность, вычисленная с помощью данных по улову, - 228 г/м². Таким образом, эти слои были в 44,5 раза длиннее, в 2,7 раза толще, но на 25% менее плотными, чем типичные скопления, параметры которых были вычислены с использованием акустических данных, собранных во время проведения съемки FIBEX. Длина самого крупного слоя, о котором сообщалось в документе, составляла 18,5 км, при этом протяженность концентрации превышала 52 км.

58. Д-р Эндо и г-н Ичии (WS-KCPUE 89/8) рассмотрели данные по CPUE, а также информацию о размере и состоянии криля, полученную с семи траулеров в районе к северу от о-ва Ливингстон с января по март 1988 г. В связи с характером обловленных агрегаций практически отсутствовало Время первичного поиска. Данные по улову за траление зависели, по-видимому, от конечной продукции вылова, а не от численности криля, и не изменялись на протяжении времени. Данные по улову на единицу промыслового времени не изменялись в значительной степени со временем, хотя в случае различных судов эти индексы были максимальны в разные времена. Общий улов,

полученный в данном районе, составил примерно лишь 7% расчетной биомассы криля. В течение сезона не было отмечено значительных изменений средней длины криля. Доля зеленого криля, зарегистрированного различными траулерами, варьировалась в значительной мере; авторы выразили сомнение в вероятности усовершенствования индексов численности путем регулярного сбора данных по "зелени".

59. Г-н Ичии и д-р Шимадзу (WS-KCPUE-89/9) сообщили о примерах регистрации данных по бюджету расхода времени на японском траулере за сезон 1986/87 гг. Данные по среднему времени, затраченному на перемещение груза, разворачивание и сбор сетей, промысел, проверку размеров скоплений и поиск скоплений были представлены по разным периодам с ноября до марта; также были представлены дополнительные параметры распределения некоторых статистических данных. Показатели времени поиска были выше, а показатели времени промысла были ниже в ноябре и в начале декабря, но с этого времени отмечалось лишь небольшое изменение статистических данных в течение остальной части промыслового сезона.

Целесообразность сбора данных

60. Исследование промысла криля Японией методом математического моделирования (WS-KCPUE-89/4) указало на то, что показатели CPUE, использующие Время первичного поиска (PST), являются более эффективными при выявлении изменений численности криля в концентрациях по сравнению с теми показателями, которые совмещают Время первичного и Время вторичного поиска (PST+SST). Статистические данные такого вида вероятно можно регистрировать в рабочем порядке, поскольку их можно получить путем вычитания времени, необходимого для прочих видов деятельности, таких как передача груза, разворачивание и сбор сетей и промысел, которое четко определено. Тем не менее, целесообразность дифференциации между PST и SST была поставлена под сомнение и подробно обсуждалась.

61. М-р Ичии сообщил, что в отношении большинства тех концентраций, в которых велась значительная промысловая деятельность, обработка являлась основным фактором, определяющим период между окончанием одного траления и началом следующего. На протяжении всего этого периода осуществлялся тот или иной вид поиска, но обычно обнаружение следующего

пригодного для промысла скопления не занимало долгого времени. Тем не менее было практически невозможно определить точно, какую часть этого периода следовало считать "Временем первичного поиска".

62. Семинар согласился с тем, что сбор данных по Времени первичного поиска является нецелесообразным при проведении исследований методом математического моделирования, поскольку было бы невозможно разработать какое-либо рабочее определение. Соответственно, при любой попытке использования данных по времени поиска, полученных при проведении этого промысла, для определения показателей CPUE будет необходимо использовать PST+SST или какую-либо модификацию этих данных.

63. К сожалению, поскольку советские ученые не присутствовали на Семинаре, было невозможно прокомментировать практическую возможность сбора данных при проведении промысла криля Советским Союзом. По подобным же причинам невозможно в этом отношении прокомментировать сбор данных флотилиями других стран, ведущих промысел криля.

ВОПРОСЫ, ВОЗНИКШИЕ В СВЯЗИ С ОБСУЖДЕННЫМИ ДОКУМЕНТАМИ, И ВЫТЕКАЮЩИЙ ИЗ ЭТОГО АНАЛИЗ

Типы концентраций

64. В сделанном г-ном Ичии сообщении было подчеркнуто то, что не все концентрации криля пригодны для промысла. Большинство концентраций, состоящих как из скоплений так и из слоев, слишком "бедны" для проведения промысла. В основном на промысловых судах Японии не сохраняется информация об обнаруженных "бедных" концентрациях. Только "хорошие" концентрации облавливаются, при этом толкование собранных промысловых данных зависит от того, состоит ли концентрация из скоплений или слоев. Таким образом, считалась важной разработка более точных определений "бедных" или "хороших", в понимании рыболовов, концентраций. Были согласованы широкие определения "бедной" (состоящей либо из скоплений либо из слоев), концентрации, состоящей из "хороших слоев" концентрации и концентрации, состоящей из "хороших" агрегаций; они приводятся в Дополнении 4.

65. Поскольку интерпретация представленных промысловых статистических данных зависит от того, облавливался ли хороший слой или хорошая агрегация, важно уточнить, возможно ли выявить это различие на борту судна для регулярного сбора данных. Семинар согласился с тем, что это возможно осуществить посредством изучения записей гидроакустических приборов. Вопрос разработки рабочего определения, описывающего концентрации (включающего некоторые типичные образцы записей гидроакустических приборов), был передан на рассмотрение Рабочей группе по крилю.

Определение количества концентраций (N_c)

66. Данные, полученные от промысловых флотилий Японии, невозможно использовать в целях определения количества концентраций по трем причинам. Во-первых, суда не осуществляют поиск произвольно. Во-вторых, суда оперируют в относительно небольшом районе. В-третьих, в течение года суда оперируют в пределах лишь небольшого числа концентраций (часто возвращаясь к тем же самым концентрациям после разгрузки).

67. Д-ром Мангелем была предложена формула, по которой можно вычислить приблизительное значение N_c , используя данные съемок, выполненных советскими судами (Уравнение 3). Для использования этого уравнения необходимы значения параметров w , v , t и A . Значение v - скорость поиска - известно, в то время как данные по параметру t - время поиска между концентрациями - можно получить при наличии соответствующих определений. Значение величины A зависит от обнаруженного предела распределения криля, но при этом его можно уточнить при сравнении с данными по океанографическим характеристикам района и топографии дна. Имеются свидетельства того, что научно-исследовательские суда имеют тенденцию ограничивать район своей деятельности фронтальными зонами и топографическими особенностями дна. Вероятно, что это приведет к завышению значения величины N_c в связи с тем, что плотность (численность на единицу площади) концентраций во всем районе (A) может быть ниже плотности в зоне сконцентрированного промысла. Ширина площади эффективного поиска w равняется диаметру концентрации (принимая форму концентрации за окружность). Определение средней величины радиуса концентрации и отклонение от истинного значения, возникающее при этом,

рассматриваются ниже, в пунктах 68-72. Дополнительные сведения по определению величины N_c описанным образом приведены в Дополнении 5.

Определение размера концентраций (Действительный радиус окружности L_c)

68. Размер пригодных для промысла концентраций можно определить путем нанесения на карту мест осуществления тралений в пределах этой концентрации. Эту информацию можно получить от советских и японских судов. Например, можно вычислить центроид местоположений буксировок и оценить среднее квадратическое расстояние между каждым из положений и центроидом. С помощью математического анализа различных форм можно определить соответствующее значение постоянной, при умножении которой на величину среднего квадратического расстояния можно вычислить действительный радиус L_c . В свою очередь это предоставить приблизительное значение необходимого параметра w , упомянутого в предыдущем пункте. Если полученное значение и имеет погрешность, вычисленное значение параметра N_c можно использовать для получения если не абсолютного, то относительного индекса численности криля.

69. Для выполнения анализа, описанного в предыдущем пункте, необходимо иметь определенные сведения о наиболее вероятных формах концентраций. В этом отношении могут быть полезны зафиксированные местоположения тралений, являющиеся одним из элементов промысловых данных (такие как те, которые рассматриваются д-ром Мангелем в Дополнении 5). Концентрации могут быть расположены вблизи гидрографических особенностей, которые могут являться причиной того, какую форму имеет концентрация. Было высказано предположение о том, что более глубокое понимание условий формирования концентраций сможет облегчить определение того, какой формы концентраций можно ожидать.

70. Было подчеркнуто, что значение L_c , характеризующее обнаруженные концентрации, по всей вероятности завышено, поскольку более вероятно обнаружение более крупных концентраций. Была сделана попытка определить величину этой погрешности при использовании моделей поиска при исследовании методом моделирования. При этих исследованиях предполагалось, что концентрации имеют форму круга, при этом радиусы равномерно расположены в пределах всего диапазона от 5,6 до 11,3 морской

мили. Результаты как анализа, так и моделирования, рассмотренные на Рабочем семинаре, показали, что в отношении использованных при моделировании поиска параметров отклонение величины L_c было в пределах $\pm 10\%$. Это отклонение оказывает влияние не только на величину L_c как таковую, но и на величину N_c , которая зависит от значения величины L_c (смотри пункты 53 и 67).

71. Диапазон описанного в предыдущем пункте отклонения определяется статистическим распределением радиусов концентрации, а так же действительной шириной района обнаружения поискового судна (i.e. шириной площади, на которой гидролокаторы и эхолоты судна могут обнаружить криль). Было предложено ссуммировать характеристики наблюдаемых концентраций в виде гистограммы частот величин для того, чтобы наилучшим образом оценить распределение. Тем не менее было отмечено, что такого рода эмпирическое распределение будет указывать на присутствие более крупных концентраций. Рабочий семинар согласился с тем, что дальнейший математический анализ для оценки величины погрешности параметров L_c и N_c следует отложить до того времени, пока не будет иметься более подробная картина распределения размеров концентраций, полученная при использовании данных съемок и промысла.

72. Проблема возможности повторной регистрации концентраций при анализе данных, собранных советскими научно-исследовательскими судами, была поднята д-ром Мангелем в документе WC-KCPUE-89/6. Это не вызывает затруднений, если поиск проводится произвольно, но является проблемой в условиях направленного поиска (i.e. при направленных попытках повторно найти ранее обнаруженную концентрацию). Было признано, что получение точного значения параметра N_c не является первоочередной задачей деятельности советских поисковых судов. Тем не менее, было отмечено, что в тех случаях, когда для четко определенного района необходим лишь относительный индекс численности, элемент направленного поиска может и не иметь значения.

73. Рабочий семинар пришел к заключению о том, что самый мелкий масштаб, по которому данные представляются в АНТКОМ в настоящее время (по участкам площадью приблизительно в 30 x 30 морских миль), является слишком грубым для определения размера концентраций. Был подробно обсужден вопрос о дополнительных данных, которые научно-исследовательским судам будет

необходимо собирать для оценки вышеописанных величин N_c и L_c ; предложения по разработке судового журнала приводятся в Дополнении 5.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРИЛЯ В ХОРОШИХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ CPUE

Хорошие агрегации

74. Рассмотрев некоторые изменения отчета Специалиста-консультанта (WS-KCPUE-89/4), как это описывается в Дополнении 6, Рабочий семинар согласился с тем, что несмотря на то, что все еще имеются сомнения в отношении количества информации, вводимой при использовании модели, полученные результаты указывают на то, что индексы CPUE, использующие модификацию времени между тралениями, - Псевдо-время первичного поиска, PPST, смогли бы предоставить информацию об изменениях биомассы в концентрации, состоящей из хороших агрегаций. Такие индексы могут выявить изменения, которые могут быть пропущены при использовании индексов, выведенных исключительно на основе данных по времени поиска. Было отмечено, что национальные лаборатории в принципе смогут вывести подобный индекс, используя данные по времени начала и окончания каждого отдельного траления. Некоторые страны уже собирают эту информацию регулярно. В существующие судовые журналы будет необходимо внести некоторые незначительные дополнительные графы, в которых можно было бы указать, изменялась ли производимая продукция, а также прерывались ли обычные поиск и промысел в связи с неблагоприятными погодными условиями или подобными этому факторами.

Хорошие слои

75. В практических целях было решено сделать допущение, что в пределах концентраций, состоящих из хороших слоев, поверхностное распределение криля практически непрерывно. Таким образом, единственным параметром распространения криля в пределах концентрации, который требует определения, является поверхностная плотность криля (δ). Этот параметр

определяется с использованием данных по вылову за единицу времени промысла, которые в настоящее время собирают регулярно.

ВЫВЕДЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ИНДЕКСА ЧИСЛЕННОСТИ

76. Результаты, приведенные в Таблицах Дополнения 6, указывают на то, что в отношении хороших агрегаций даже наилучшие индексы CPUE, данные для которых могут быть собраны на практике, обладают лишь ограниченной возможностью выявления сокращения радиуса скопления (r). Снижение поверхностной плотности криля (δ) можно легко выявить с помощью индексов, использующих данные по времени промысла. Казалось бы, что индексы, использующие Псевдо-время первичного поиска, потенциально способны выявить уменьшение числа скоплений на единицу площади в пределах концентрации (D_c). В основном, при снижении биомассы значение индекса CPUE снижается в меньшей пропорции (что называется нелинейной зависимостью).

77. Диапазон погрешности на диаграмме в Приложении 6 дает представление о степени точности выявления годовых изменений численности с помощью индекса в случае промысла, объем которого подобен объему японского промысла в настоящее время (приблизительно 10 судов, ведущие промысел на протяжении двух - трех месяцев). Согласно этим результатам, выявление статистически значительных изменений индексов CPUE будет затруднено. При учете описанной в предыдущем пункте нелинейной зависимости таких индексов CPUE, это означает, что выявление любого статистически значительного снижения индекса CPUE по всей вероятности означает значительное снижение биомассы криля.

78. В связи с тем, что индекс CPUE не обладает значительной способностью обнаружения изменений радиуса скопления r , было решено, что на совещании Рабочей группы по крилю следует рассмотреть возможность использования акустических данных (полученных промысловыми судами и/или судами, осуществляющими научные съемки) для выявления подобных изменений.

79. Составные части Комплексного индекса численности и источники данных, необходимых для мониторинга их изменений, приведены в Дополнении 7. Была вынесена рекомендация об изучении того, с какой степенью точности подобный Комплексный индекс численности может оценить

биомассу криля и, в частности, относительные изменения биомассы криля в пределах района. Общий план такого исследования также приводится в Дополнении 7.

80. Было отмечено, что предложенный метод оценки N_c должен принять во внимание возможность того, что снижение биомассы криля может являться следствием сокращения общей площади распространения криля даже в тех случаях, когда локальная численность криля в районе промысла практически не изменилась. Тем не менее, было отмечено и то, что при расчете предложенного Комплексного индекса не принимается во внимание количество криля в бедных концентрациях; оно может и не изменяться по отношению к количеству в хороших концентрациях, поскольку изменится общее распределение криля. Данные, полученные советскими научно-исследовательскими судами, могут предоставить некоторую информацию по этому вопросу.

81. Семинар отметил, что полезная информация для уточнения этого подхода может быть получена в том случае, если будут иметься данные по какому-либо району, в котором японские траулеры, советские научно-исследовательские суда и научно-исследовательские суда, осуществляющие систематические съемки, оперируют одновременно.

НЕОБХОДИМЫЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

82. Упомянутую в пункте 79 вероятную изменчивость Комплексного индекса следует оценивать с точки зрения степени точности, с которой возможно замерить составляющие параметры (см. Дополнение 7).

83. В настоящее время уточнение существующих методов анализа данных по распределению криля, полученных посредством научных съемок (таких как FIBEX), не имеет высокого приоритета. Было высказано мнение о том, что более целесообразным явился бы сбор и анализ большего количества промысловых данных по параметрам распространения обловленных агрегаций (таких, как например те, которые были описаны д-ром Эндо и д-ром Шимадзу в WC-KSPUE-89/9.

84. Таким же образом, получению информации по временным тенденциям параметров распространения криля (i.e. темпы формирования и рассеивания хороших агрегаций) не придавалось первостепенного значения. Несмотря на то, что такого рода информацию желательно иметь для построения более точной модели перемещения японских траулеров по принятии решения оставить район расположения концентрации, если темп вылова становится слишком низким, эта информация имеет значение только в случае определения значений N_c и L_c с использованием данных о времени поиска концентраций. Тем не менее, это не кажется целесообразным в случае промысловых данных Японии по другим причинам.

85. Была предложена модифицированная модель японского промысла, которая не учитывает различия между Временем первичного и Временем вторичного поиска. Это можно осуществить путем регистрации общего времени поиска между тралениями на основе времени, необходимого для обработки. Количество обнаруженных за этот период скоплений будет случайным, и наилучшие из этих скоплений будут выбраны для последующего траления. Была вынесена рекомендация об изучении этой возможности.

ЗНАЧЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЙ ДЛЯ СТРАТЕГИИ СОХРАНЕНИЯ

86. К этому пункту повестки дня имеют отношение два заключения общего характера, сделанные Рабочим семинаром:

- (a) возможность выявления снижения численности криля с использованием данных по CPUE относительно невелика; и
- (b) обнаружение статистически значительного снижения Комплексного индекса численности криля означает произошедшее значительное снижение биомассы криля.

Рабочая группа по крилю уделила первоочередное внимание значению этих заключений для стратегии сохранения.

ЗАКРЫТИЕ СОВЕЩАНИЯ

87. Семинар принял отчет о своей деятельности. Председатель поблагодарил участников и сотрудников Юго-Западного центра изучения промысла за организацию совещания и помощь со связанной с ним деятельностью, в частности: д-ра Р. Хьюитт и д-ра Р. Холт за общую организационную работу, Гей Холдер за машинописное обслуживание и Сюзи Джейкобсон за помощь с прогоном модели на компьютере. Участники Семинара поблагодарили Председателя за эффективное и успешное руководство совещанием.

ПОВЕСТКА ДНЯ

Рабочий семинар по изучению CPUE криля
методом математического моделирования
(Ла-Хойя, США, 7-13 июня 1989 г.)

1. Открытие: замечания Созывающего
2. Принятие повестки дня
3. Назначение докладчиков
4. Обзор документов и обслуживания компьютерами
5. Рассмотрение отчетов Специалистов-консультантов
 - (a) Анализ
 - (i) японский промысел
 - (ii) советский промысел
 - (b) Рекомендации
 - (i) японский промысел
 - (ii) советский промысел
6. Уточнение модели распределения криля
 - (a) вероятное воздействие на результаты моделирования
 - (b) пространственные элементы
 - (c) временные элементы
7. Целесообразность сбора данных
 - (a) время поиска при японском промысле
 - (b) советские научно-исследовательские суда
 - (c) флотилии других наций

8. Необходимый дополнительный анализ
 - (а) разработка Комплексного индекса численности
 - (б) данные по распределению
 - (с) исследования методом математического моделирования

9. Обращение Председателя Рабочей группы по разработке подходов к сохранению морских живых ресурсов Антарктики

10. Рекомендации
 - (а) польза мер СРУЕ для разработки индекса численности криля
 - (б) сбор данных
 - (с) дальнейший анализ

11. Принятие отчета

12. Закрытие совещания

СПИСОК УЧАСТНИКОВ

Рабочий семинар по изучению CPUE криля методом
 математического моделирования
 (Ла-Хойа, США, 7-13 июня 1989 г.)

M. BASSON	Renewable Resources Assessment Group Imperial College 8 Prince's Gardens London SW7 1LU UK
J. BEDDINGTON	Renewable Resources Assessment Group Imperial College 8 Prince's Gardens London SW7 1LU UK
D. BUTTERWORTH (Консультант)	Department of Applied Mathematics University of Cape Town Rondebosch 7700 South Africa
Y. ENDO	Far Seas Fisheries Research Laboratory 7-1, 5-chome Orido Shimizu 424 Japan
I. EVERSON	British Antarctic Survey Madingley Road Cambridge CB3 0ET UK
R. HEWITT	Antarctic Ecosystem Research Group Southwest Fisheries Centre PO Box 271 La Jolla, California 92038 USA
R. HOLT	Antarctic Ecosystem Research Group Southwest Fisheries Centre PO Box 271 La Jolla, California 92038 USA
T. ICHII	Far Seas Fisheries Research Laboratory 7-1, 5-chome Orido Shimizu 424 Japan

M. MANGEL (Консультант)	Department of Zoology University of California Davis, CA 95616 USA
D.G.M. MILLER	Sea Fisheries Research Institute Private Bag X2 Roggebaai 8012 South Africa
E. MURPHY	British Antarctic Survey Madingley Road Cambridge CB3 0ET UK
S. NICOL	Antarctic Division Channel Highway Kingston, Tasmania 7050 Australia
D.L. POWELL	Executive Secretary CCAMLR 25 Old Wharf Hobart, Tasmania 7000 Australia
V. SIEGEL	Sea Fisheries Research Institute Palmaille 9 200 Hamburg 50 Federal Republic of Germany

СПИСОК ДОКУМЕНТОВ СОВЕЩАНИЯ

Рабочий семинар по изучению CPUE криля методом
математического моделирования
(Ла-Хойя, США, 7-13 июня 1989 г.)

Документы, полученные до начала совещания:

- | | |
|---------------|---|
| WS-KCPUE-89/1 | Agenda for the Krill CPUE Workshop |
| WS-KCPUE-89/2 | Annotated agenda |
| WS-KCPUE-89/3 | Some aspects of the relation between Antarctic krill abundance and CPUE measures in the Japanese krill fishery (component of SC-CAMLR-VI/BG/4)
(D. S. Butterworth) |
| WS-KCPUE-89/4 | A simulation study of krill fishing by an individual Japanese trawler (SC-CAMLR-VII/BG/37)
(D.S. Butterworth) |
| WS-KCPUE-89/5 | Analysis and modelling of the Soviet Southern Ocean krill fleet (SC-CAMLR-VII/BG/12)
(M. Mangel) |
| WS-KCPUE-89/6 | Analysis and modelling of the Soviet Southern Ocean krill fleet, II : Estimating the number of concentrations and analytical justification for search data
(M. Mangel) |
| WS-KCPUE-89/7 | Brief comments on the simulation study made by Dr Butterworth on krill fishing by an individual Japanese trawler (T. Ichii and Y. Endo) |
| WS-KCPUE-89/8 | CPUE's, body length and greenness of Antarctic krill during 1987/88 season in the fishing ground north of Livingston Island
(T. Ichii and Y. Endo) |

Документы, представленные во время совещания:

- | | |
|----------------|---|
| WS-KCPUE-89/9 | Some examples of time budget data recorded by a Japanese trawler <i>Ehiko Maru</i> in 1986/87 season
(T. Ichii and Y. Shimadzu) |
| WS-KCPUE-89/10 | Size and density of krill layers fished by a Japanese trawler in the waters north of Livingston Island in January 1988
(Y. Endo and Y. Shimadzu) |

- WS-KCPUE-89/11 Krill aggregation characteristics : spatial distribution patterns from hydroacoustic observations. Polar Biology (in press) (D.G.M. Miller and I. Hampton)
- WS-KCPUE-89/12 Some examples of time budget data recorded by a Japanese trawler, *Ehiko Maru* in 1986/87 season (Anon., Far Seas Fisheries Laboratory, Shimizu, Japan)

Прочие документы, упомянутые в отчете совещания:

Everson, I. and Murphy, E. 1987. Mesoscale variability in the distribution of krill *Euphausia superba*. Marine Ecology, Progress Series, 40, No. 1, 53-60.

Kalinowski, K. and Witek, Z. 1983. Elementy biologii, formy grupowego wystepowania i zasoby antarktycznego kryla *Euphausia superba* (Dana/Crustacea). Sea Fisheries Institute, Gdynia, 207pp.

Kanda, K., Takagi, K. and Seki, Y. (1982). Movement of larger swarms of Antarctic krill *Euphausia superba* population off Enderby Land during 1976-1977 season. J. Tokyo Univ. Fish 68:25-42.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ КРИЛЯ

Тип	Название	Качественное описание	Расстояние между агрегациями	Диаметр агрегации	Примечания
1	Бедная	Скопления расположены далеко друг от друга	От нескольких до десятков километров	От нескольких до десятков метров	
2	Хороший слой	Рассеянные агрегации Плотный длинный слой	0	От нескольких до десятков километров	Возможно как горизонтальное, так и вертикальное разделение
3	Хорошая агрегация	Близко расположенные группы плотных скоплений	Десятки метров	От десяти до сотен метров	

ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА КОНЦЕНТРАЦИЙ В РАЙОНЕ

В этом дополнении рассматривается, при использовании в качестве примера данных, полученных с рейса 1980-81 гг. научно-исследовательского судна *Мыс Тихий*, ряд вопросов, поднятых в ходе работы Рабочего семинара.

2. "Карта расположения концентраций" для этого рейса, представленная на Рисунке 5 WS-KSPUE-89/6, показана на Рисунке 1. Выполненные отдельные траления показаны на Рисунке 2. На этом рисунке траления разделяются в зависимости от размера выгрузки (больше или меньше 1000 кг криля). Рисунки 3 и 4 показывают распределение тралений внутри отдельных концентраций 4 и 8. Из этих рисунков видно, что трудно сгруппировать траления таким образом, чтобы сформировать концентрации. В WS-KSPUE-89/6 для описания концентрации использовалось правило "50 морских миль", которое, однако, было выбрано на основе *ad hoc* с учетом моделирования. В качестве альтернативы можно попытаться описать концентрации наиболее простым геометрическим методом (т.е. принимая форму концентрации скорее за эллипс, чем за окружность).

3. Некоторые трудности лучше всего иллюстрирует Рисунок 4. Здесь большинство тралений происходило в районе $64,5^{\circ}$ ю.ш. и 140° в.д. и несколько - в районе $65,5^{\circ}$ ю.ш. 138° в.д. При рассмотрении данных судового журнала трудно определить, является ли пробел на рисунке районом, где криль отсутствует, или же районом, где криль имеется, но судно просто не брало его пробу.

4. Задачей предстоящих работ должно быть уточнение рабочих определений концентраций, предназначенных для использования при статистическом анализе и оценке численности криля.

5. Учитывая такого рода трудность, подгруппа участников Рабочего семинара обсудила разработку судовых журналов, предназначенных для использования на научно-исследовательских судах. Ниже приводится пример такого судового журнала:

НАЗВАНИЕ СУДНА : _____

ДАТА : _____

Час	Место-положение		Скорость	Курс	Концентрация		Траление
	ю.ш.	в.д.			Тип	Та же/ другая	
01							
02							
...							
24							

Содержание граф данного судового журнала следующее :

Местоположение : Обычное указание широты и долготы

Скорость : Средняя скорость судна в течение отчетного периода :

Курс : В этой графе описывается курс, которым судно следует в течение отчетного периода

- 1 - Прямой курс
- 2 - Изменяющийся курс
- 3 - Стоянка на якоре (плохая погода)
- 4 - Дрейф
- 5 - Переход без работающего эхолатора

Концентрация :

Тип : В этой графе указывается тип концентрации, как описано в Дополнении 4:

- 0 - За пределами концентрации криля
- 1 - Бедная концентрация
- 2 - Концентрация хорошего слоя
- 3 - Концентрация хорошей агрегации

Та же/другая :

В этой графе указывается, находится ли судно в пределах той же концентрации, что и в предыдущий отчетный период:

- 1 - Та же концентрация
- 0 - Другая концентрация

Пригодная для промысла/другая:

В этой графе указывается, сочло ли научно-исследовательское судно концентрацию пригодной для промысла:

- 1 - Промысловые суда присутствуют или были проинформированы об этой концентрации
- 2 - Другие случаи

Эта переменная имеет значение, поскольку она предоставляет рабочее определение пригодных для промысла концентраций.

Траление : В этой графе указывается, проводилось ли траление в течение отчетного периода :

- 1 - Траление проводилось
- 2 - Траления не проводилось

6. Было предложено, чтобы научно-исследовательские суда составляли такие сводки за каждый день, начиная со времени вхождения в зону действия Конвенции и до момента выхождения из нее. В те дни, когда судно стоит на якоре, погодные условия неблагоприятны, или оно не ведет съемку по каким-либо другим причинам, следует заполнять заголовки судового журнала с указанием причины, по которой в этот день съемка не велась.

7. Даже на основе немногочисленных данных, полученных из судового журнала рейса судна *Мыс Тихий*, можно ответить на некоторые вопросы, касающиеся оценки количества концентраций.

Можно ли различать концентрации по принципу "хорошие" и "плохие"?

8. Улов за единицу времени промысла, вероятно, будет использован как мерило качества концентрации. Улов за единицу времени промысла (определенного в судовом журнале как время с начала до конца промысла) для 14 исследованных судном *Мыс Тихий* концентраций указан ниже:

Концентрация	Улов/Время промысла (кг/ч)
1	41
2	1530
3	359
4	879
5	907
6	184
7	531
8	629
9	918
10	395
11	1250
12	578
13	6
14	136

9. Согласно определению бедной концентрации как концентрации, улов из которой составляет меньше 500 кг/ч, концентрации 1, 3, 6, 10, 13 и 14 (почти половина всех концентраций) являются бедными.

Насколько варьируется радиус концентраций?

10. При использовании информации о протяженности с востока на запад и с севера на восток, приведенной в WS-KSPUE-89/6, можно преобразовать

полученный прямоугольник в эквивалентный радиус. Результаты такого расчета приведены ниже :

Концентрация	Действительный радиус (морские мили)
1	8,95
2	3,91
3	5,52
4	34,2
5	14,5
6	62,9
7	31,2
8	35,1
9	1,2
10	13,3
11	12,7
12	2,68
13	,85
14	24,3

11. При рассмотрении этих данных необходимо учитывать следующие аспекты:

- Для описания концентраций используется "правило 50 миль", что будет влиять на размер концентрации.
- В расчете радиусов обнаруженных концентраций будет иметься погрешность в связи с тем, что существует большая вероятность обнаружения более крупных концентраций. Прогон относящейся к съемке части модели советской съемки, разработанной на WS-KSPUE-89/5, показал, что средний радиус всех концентраций составляет 8,9 морской мили, в то время как средний радиус всех концентраций равнялся 8,4 морской мили; это отклонение относительно невелико. В отношении более простой одномерной проблемы можно показать, что соотношение предполагаемой величины радиусов обнаруженных концентраций и предполагаемой величины радиусов всех концентраций выражается формулой $1 + CV^2$, где CV является коэффициентом изменения распределения радиусов концентрации.

12. В случае приведенных выше данных диапазон радиусов концентраций составляет от 0,85 морской мили до 62,9 морской мили, средний радиус равен

17,9 морской мили и среднее квадратическое отклонение - 17,1 морской мили. Это дает коэффициент вариативности в 0,95. На Рисунке 5 показана гистограмма распределения радиусов концентрации.

Какова зависимость формулы оценки от параметров?

13. Оцененное количество концентраций N_c в секторе размером A , на основе формулы произвольного поиска, определяется по формуле :

$$N_c = \text{int} [n_c / (1 - \exp(-wvt/A))] \quad (1)$$

14. В этом уравнении $\text{int}[Z]$ - самое большое целое число меньше, чем Z и

N_c = оцененное количество концентраций в районе

n_c = количество обнаруженных концентраций

w = ширина обнаружения концентрации

v = скорость судна при поиске

t = общее время поиска между концентрациями

Зависимость от площади участка

15. На Рисунке 6 показаны результаты обработки данных (1), собранных судном *Мыс Тихий*, с помощью Уравнения (1), где w = удвоенному среднему радиусу концентрации, $v = 10$ узлам, и время поиска соответствует приведенному в WS-KCPUE-89/6. В связи с тем, что площадь сектора изменяется от 90 000 квадратных морских миль до 45 000 квадратных морских миль, значение N_c варьируется от 14 до 24.

Зависимость от w , v и t

16. Из Уравнения (1) становится ясно, что значение N_c зависит от произведения wvt , что вызывает таким образом дополнительные изменения отдельных значений параметров. Общий результат таков, что, если w, v или t увеличится, оценочная величина N_c будет уменьшаться. Это может быть видно по зависимости N_c от значения wvt/A .

17. Скорость поиска v и общее время поиска между концентрациями t могут быть оценены точно, так как они являются рабочими параметрами. Общее воздействие изменяющегося параметра v или t будет аналогичным воздействию изменяющегося $1/A$; следовательно, Рисунок 6 может быть интерпретирован как отражение воздействия увеличивающегося v или t при уменьшающемся A .

18. Зависимость от w является более проблематичной, так как величина w вероятнее всего является случайной переменной и, кроме того, не настолько очевидна. Имеется два фактора, в связи с которыми w увеличивается (таким образом уменьшая оцененное количество концентраций N_c):

- Существует большая вероятность обнаружения более крупных концентраций по сравнению с мелкими, что увеличивает оцененное значение w .
- Общим результатом перемещения концентраций и связанного с этим перемещения судна (судов) будет увеличение оцененного значения w .

19. Таким образом, оцененное количество концентраций N_c следует рассматривать как функцию w , где $N_c = N_c(w)$, при этом w является случайной переменной. Поскольку, в соответствии с уравнением (1), $N_c(w)$ является нелинейной функцией w , в оценке N_c будет иметься погрешность. Эту погрешность можно вычислить следующим образом. Следует принять во внимание различие между $N_c(\langle w \rangle)$, являющимся величиной N_c , оцененной посредством среднего значения w , и $\langle N_c(w) \rangle$, являющимся средним значением $N_c(w)$, где (неизвестное) распространение w усреднено. В соответствии со стандартными методами

$$\langle N_c(w) \rangle = N_c(\langle w \rangle) + (1/2)N_{c,ww}(\langle w \rangle)\text{Var}(w) \quad (2)$$

где $N_{c,ww}$ является производной второго порядка от $N_c(w)$ по отношению к w и $\text{Var}(w)$ является средним квадратическим отклонением w .

20. На Рисунке 6 также показано откорректированное с помощью уравнения (2) оцененное количество концентраций как функция оцененной площади сектора. Для использования этой поправки следует оценить изменчивость

радиусов концентрации. В свете результатов моделирования съемки, которые показали относительно небольшое отклонение в обнаруженных радиусах по отношению ко всем радиусам, для построения диаграммы на Рисунке 6 было использовано найденное значение $\text{Var}(w)$, полученное по данным судна *Мыс Тихий*. Вычисленные значения были сравнительно невелики, при этом самое низкое значение \mathbf{A} равнялось 0, а самое высокое - 3.

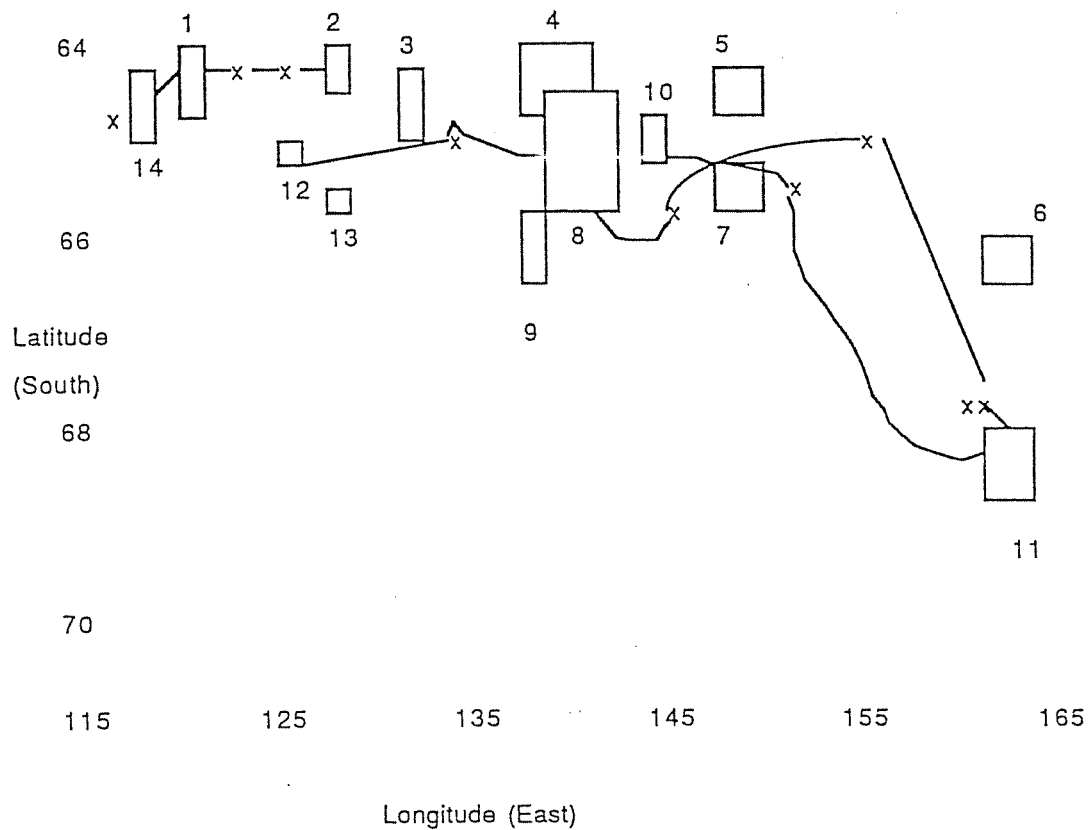


Рисунок 1: Карта концентраций по данным, полученным с научно-исследовательского судна *Мыс Тихий*. Изображение концентраций - немасштабное. Данные представлены Мангелем (WS-KCPUE-89/6).

ДАННЫЕ, ПОЛУЧЕННЫЕ С СУДНА "МЫС ТИХИЙ" 1980-81 гг.

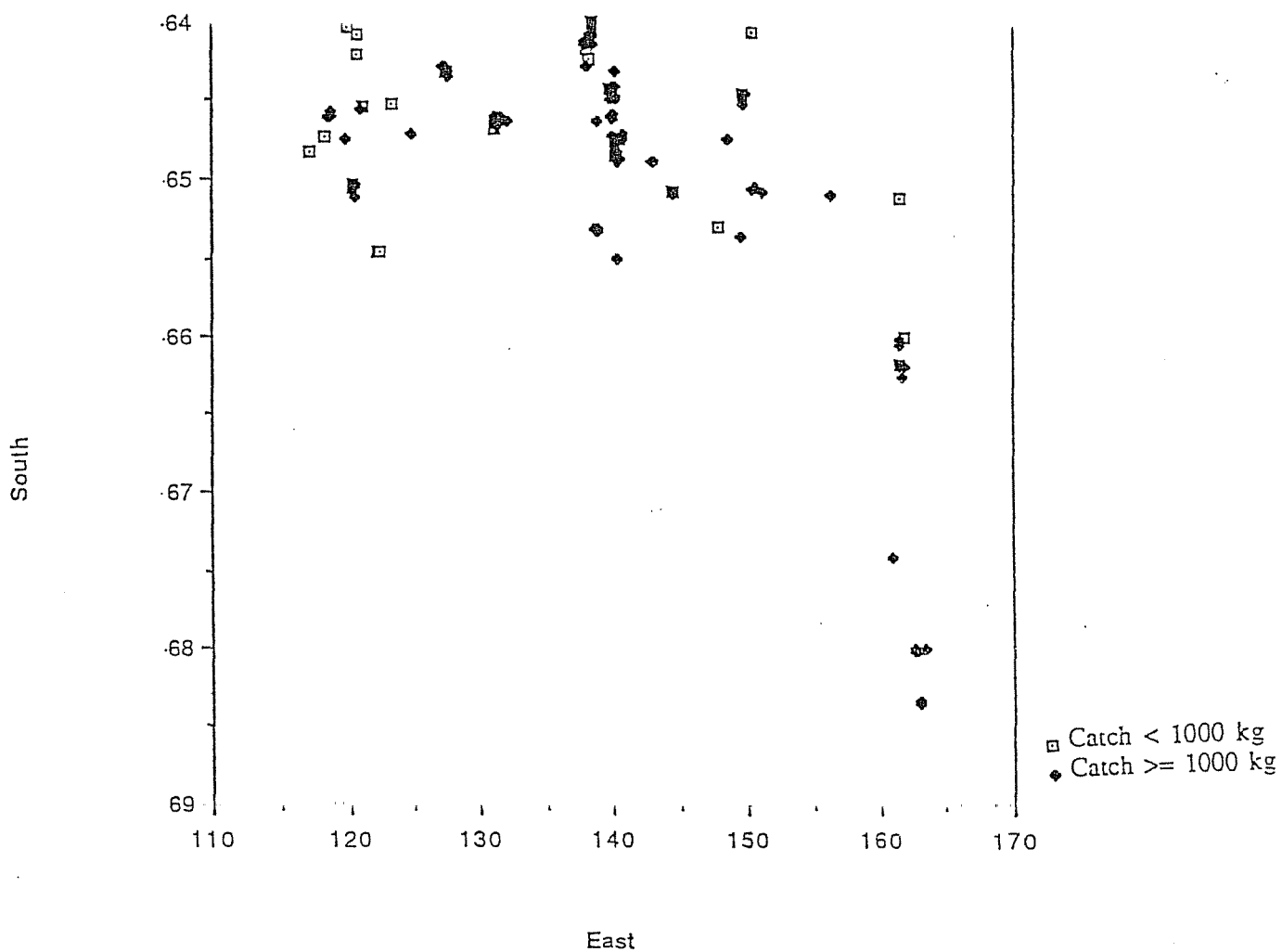


Рисунок 2 : График данных за каждое отдельное траление, использованных для составления карты концентраций. Траления разделяются по вылову.

ДААННЫЕ, ПОЛУЧЕННЫЕ С СУДНА "МЫС ТИХИЙ" 1980-81 гг.,
КОНЦЕНТРАЦИЯ 8

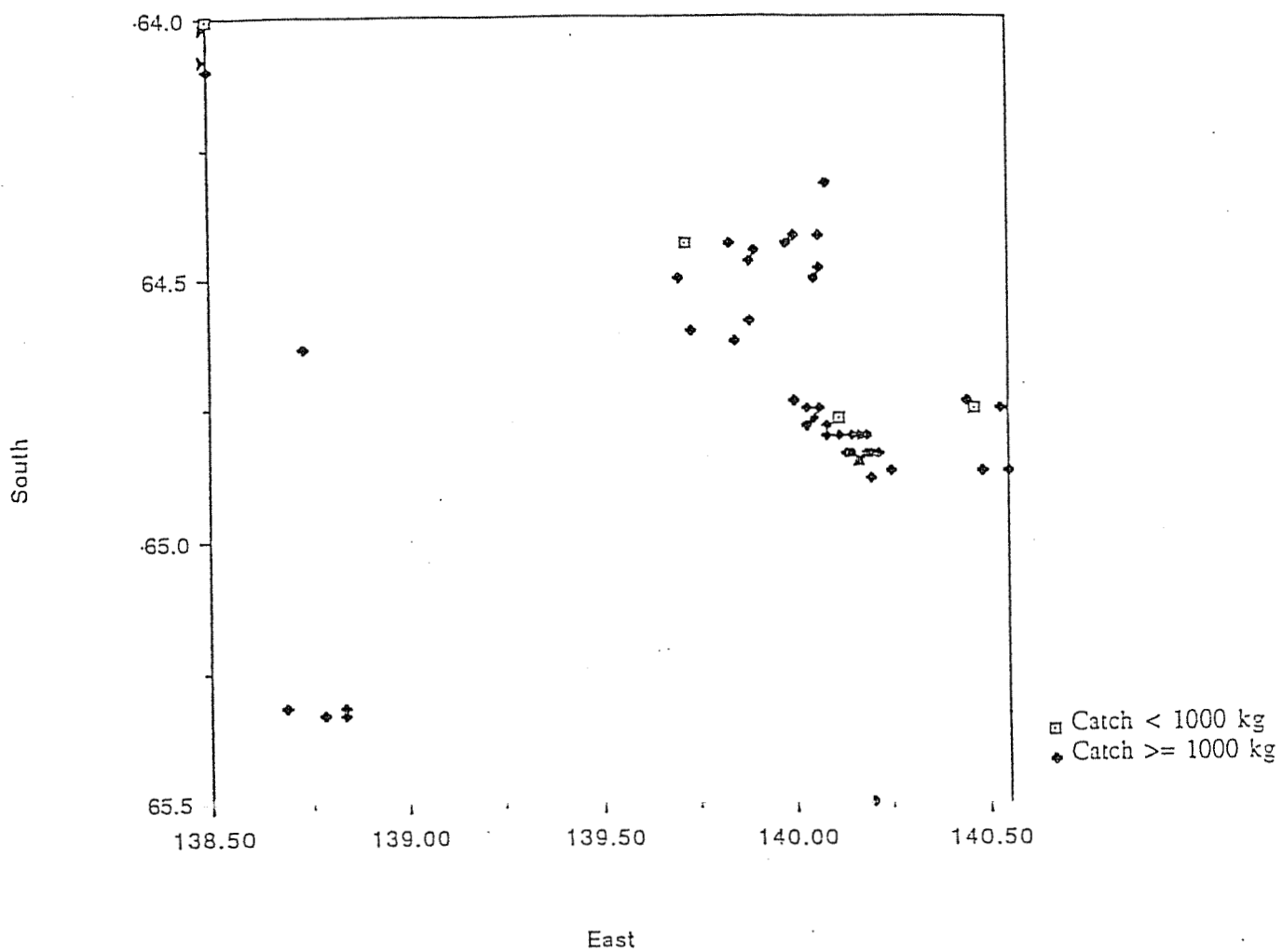


Рисунок 4: График данных за каждое отдельное траление в концентрации 8.

ДАННЫЕ ПО РАДИУСАМ КОНЦЕНТРАЦИЙ, ПОЛУЧЕННЫЕ С СУДНА
"МЫС ТИХИЙ"

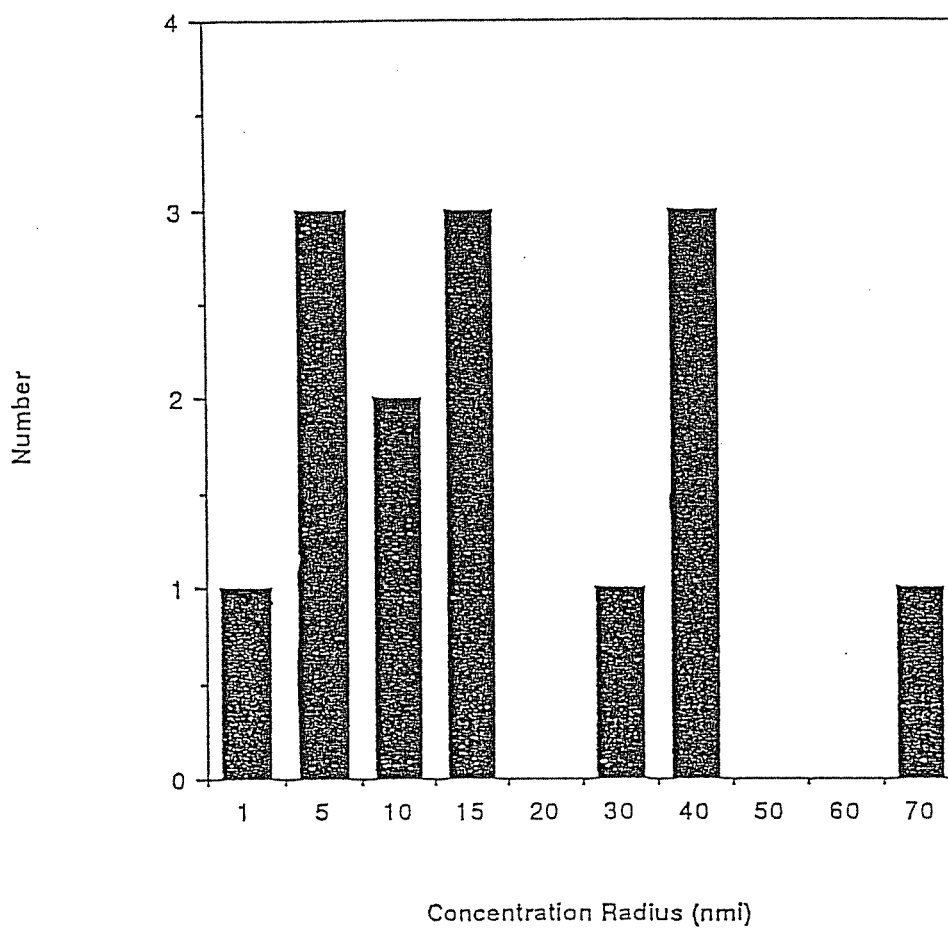


Рисунок 5 : Гистограмма радиусов концентраций

ДАННЫЕ ПО ОЦЕНКАМ, ПОЛУЧЕННЫЕ С СУДНА "МЫС ТИХИЙ"

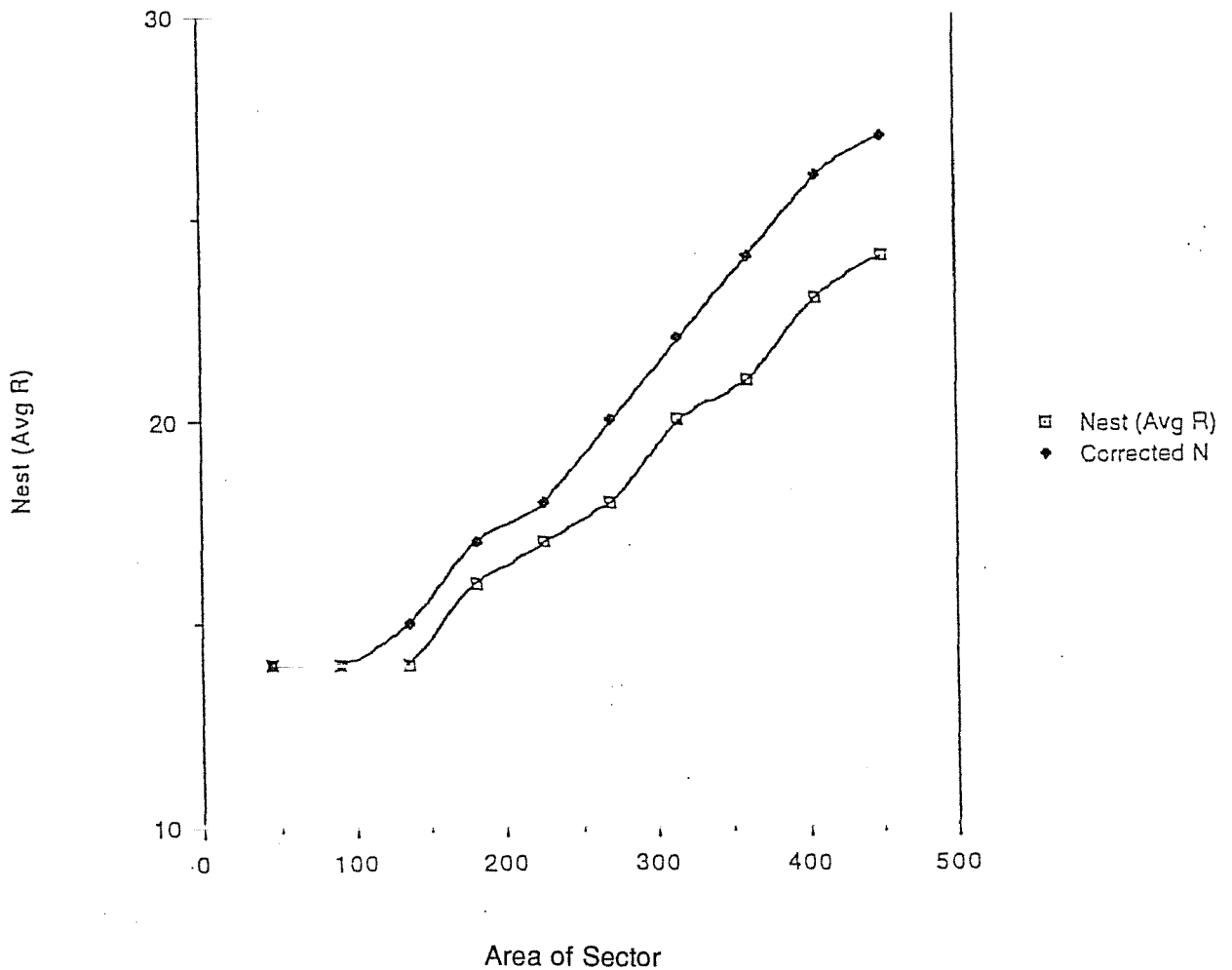


Рисунок 6. Расчетное количество концентраций в секторе, $N_{c,est}$ (Avg R), при среднем радиусе концентрации как функции площади сектора. Нижняя кривая соответствует результатам, полученным по Уравнению (1), а верхняя кривая - по Уравнению (2), тем самым исправляя систематическую ошибку, вызванную распределением радиусов концентраций.

**ИЗМЕНЕНИЯ, ВНЕСЕННЫЕ В МАТЕМАТИЧЕСКУЮ МОДЕЛЬ
ПРОМЫСЛА КРИЛЯ ЯПОНИЕЙ
И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕЕ ПРОГОНА НА РАБОЧЕМ СЕМИНАРЕ**

ВВЕДЕНИЕ

При изучении промысла криля Японией методом математического моделирования (WS-КСРУЕ-89/4) возникла специфическая проблема, состоящая в том, что использованное при моделировании типичное время промысла, необходимое для облова одиночного скопления, составляло 15 минут, в то время, как при проведении промысла Японией обычно регистрируется среднее время в один час. На Рабочем семинаре были предложены два возможных объяснения этой аномалии. Во-первых, статистические данные Японии были представлены в основном по облову хороших слоев, что требует продолжительных тралений, в то время как облов хороших агрегаций занимает значительно менее часа. Во-вторых, скопления не расположены произвольно в пределах этих концентраций, но проявляют тенденцию находиться вблизи друг от друга, т.е. имеется положительная пространственная корреляция местоположения скоплений, входящих в состав хороших агрегаций. Группа близкорасположенных скоплений воспринимается промысловым судном как одно скопление, пространственные размеры которого намного превышают те, которые были зарегистрированы при научных съемках и использованы при изучении методом математического моделирования. В связи с этим Рабочий семинар рассмотрел вопрос о том, как объединение скоплений в группы должно учитываться при внесении изменений в модель, а также о том, изменит ли это определенные заключения о возможном использовании различных индексов СРУЕ.

ВНЕСЕННЫЕ В МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ

2. Для описания распределения криля при изучении методом математического моделирования было внесено самое значительное изменение, а именно: было увеличено значение срединного радиуса скопления (r), ранее принимавшееся за 50 м. При прогоне модели были поочередно использованы

величины в 100, 150 и 300 м. Эти изменения были внесены по следующим соображениям: группа скоплений, которая воспринимается как единое скопление, по размеру будет превышать отдельные скопления, таким образом, увеличение значения срединного r будет простым (хотя и не совсем точным) способом учета этой особенности при моделировании.

3. Тем не менее, увеличение исключительно величины срединного r без изменения других параметров распространения неприемлемо, так как оно приведет к пропорциональному охвату площади распространения концентрации скоплениями криля, составляющему менее 100%. Следовательно, при увеличении срединного r количество скоплений на единицу площади (D_c) уменьшается таким образом, что произведение $D_c r^2$ остается постоянным. Это означает, что биомасса криля в концентрации и часть концентрации, охваченная скоплениями, остаются неизменными при увеличении r . Эта процедура была выбрана в связи с тем, что целью изменения r было ни что иное как необходимость представить в математической модели группирование скоплений внутри концентраций таким образом, чтобы это соответствовало тому, как промысловики воспринимают "скопления" в пределах концентрации, состоящей из хороших агрегаций. В Таблице 1 приведены значения величин r и D_c , использованные при математическом анализе.

4. Для расчета времени первичного поиска в качестве основы была сохранена исходная формула произвольного поиска (смотри пункты 44 и 45), но при этом значения параметров были изменены следующим образом. Предпосылка произвольного поиска *per se* вызывает сомнения, поскольку в пределах этих концентраций поиск может носить более направленный характер. Тем не менее, даже при направленном поиске время перемещения от одной группы скоплений к другой увеличится, если биомасса криля снизится в связи с уменьшением D_c , а также последующим увеличением расстояния между группами скоплений. При таких обстоятельствах формула произвольного поиска дает подобные результаты, поэтому она может обеспечить удовлетворительную степень точности для данного исследования.

5. Таким образом, по следующей формуле можно определить время первичного поиска:

$$\text{Вероятность (обнаружения скопления за время } t) = 1 - \exp(-wdvt)$$

где v = скорость поиска (10 узлов)
 d = число пригодных для промысла скоплений на единицу площади
 w = $w_{\text{sonar}} + 2 \bar{r}_{fs}$
 $w_{\text{sonar}} = 2000$ м
 \bar{r}_{fs} = средний радиус пригодных для промысла скоплений

При повторных тралениях одного и того же скопления использовалось постоянное "время первичного поиска" равное 10 минутам.

6. Ширина района эффективного поиска была вычислена как это было указано выше, т.е. таким образом, чтобы принять во внимание тот факт, что более вероятно будут обнаружены крупные скопления. При увеличении среднего \bar{r} увеличится и типичный размер скоплений, пригодных для промысла и, таким образом, величина w . Используемые значения величины \bar{r}_{fs} были заимствованы из математической модели, но значения этого параметра могут быть определены с помощью действительных данных, если радиус каждого облавливаемого скопления будет замерен. Параметр d является произведением двух величин: числа скоплений на единицу площади (D_c) и пропорционального количества пригодных для промысла скоплений. При увеличении среднего \bar{r} первая из этих пяти величин уменьшится, при этом вторая возрастет. Общий результат приведен в Таблице 1, в которой также показано, каким образом, при изменении среднего \bar{r} изменяется среднее время первичного поиска $(w dv)^{-1}$.

7. При исследовании модели распределения криля Специалистами-консультантами было внесено еще одно изменение в параметры распределения (уравнение 11 WS-KCPUE-89/4). Оно имело отношение к значению, выбранному для количества скоплений на единицу площади (D_c). Пропорциональный охват площади концентрации скоплениями криля - параметр, использованный при моделировании (50%), был признан завышенным. Проблема была разрешена путем использования среднего, а не срединного значения радиуса скопления при вычислении D_c . При срединном \bar{r} , равном 50 м, средний радиус увеличивается (90 м), так как распределение радиусов становится асимметричным. При использовании такого среднего значения в уравнении 10 WS-KCPUE-89/4 приблизительное количество скоплений на единицу площади равняется 10 скоплениям на квадратную морскую милю, по сравнению с количеством в 20 скоплений на квадратную морскую милю, использованном

при вычислениях в WS-KCPUE-89/4. Это новое значение D_c соответствует в некоторой степени более реальному значению в 25% пропорционального охвата площади концентрации крилем.

8. Модель промысла, расчет которой был произведен в ходе Рабочего семинара, является вариантом "одно скопление за одно траление - без продольного удлинения", который был описан в WS-KCPUE-89/4. За исключением двух случаев были использованы значения промысловых параметров (как постоянные, так и частично скоррелированные), приведенные в первом столбце Таблицы 2 WS-KCPUE-89/4. Значение минимальной интенсивности лова, при которой судно остается в пределах данной концентрации, было занижено до уровня, который невозможно достичь при моделировании. Это связано с тем, что интерес представляли только статистические данные, имеющие отношение к внутренним характеристикам концентрации, поэтому не было необходимости выводить статистические данные по поиску между концентрациями. В отношении всех рассмотренных параметров распространения криля, критерий повторного траления одного и того же скопления был изменен с 50 тонн в час до 40 тонн в час, что лучшим образом отражает уровень попытки повторного траления, равняющийся 40% (смотри Таблицу 3, WS-KCPUE-89/4). В целях экономии компьютерного времени для каждого рассмотренного случая вместо 100 было прогнано только 50 вариантов. Это тем не менее обеспечивает достаточную точность оценки статистических данных, имеющих отношение к внутренним характеристикам концентраций.

РЕЗУЛЬТАТЫ

9. Результаты прогонов математической модели японского промысла криля, модифицированной вышеуказанным образом, приведены в Таблице 2. При увеличении значения срединного r от 50 до 300 м средняя длина протраливаемого скопления возрастает от приблизительно 0,3 морской мили до 0,6 морской мили, при этом среднее время единичного траления (время, в течение которого сеть находится на желательной глубине, исключая время спуска и вытягивания) увеличивается от 13 минут до 23 минут. Г-н Ичии сообщил, что в то время как на протраливание хороших слоев в среднем был затрачен один час, для траления хороших агрегаций было типично время в 20 минут.

10. Таким образом, кажется, что увеличение срединного r привело к таким смоделированным значениям времени промысла, которые сравнимы с реальными значениями при промысле в концентрациях, состоящих из хороших агрегаций.

11. В Таблице 2 указано, что при увеличении значения срединного r способность индексов CPUE отражать уменьшение биомассы практически не изменяется. Очевидно, что эффективность индексов, учитывающих только Время первичного поиска (PST), более высока по сравнению с теми, которые используют комбинацию Времени первичного и Времени вторичного поиска (PST+SST). Полезность индексов последнего вида весьма ограничена, они имеют лишь некоторую способность реагировать на сокращения D_c . К сожалению, (смотри пункт 62 Отчета Рабочего семинара) возможен регулярный сбор только данных второго вида в связи с тем, что элемент PST невозможно выделить на практике.

12. Таким образом, несмотря на то, что индексы, учитывающие время промысла, могут быть использованы при мониторинге снижения биомассы, являющегося результатом снижения δ , индексы, основанные на общем времени поиска внутри концентрации (PST+SST), не кажутся достаточными для выявления изменений в r или D_c .

ИНДЕКСЫ, ОСНОВАННЫЕ НА МОДИФИКАЦИИ ОБЩЕГО ВРЕМЕНИ ПОИСКА

13. Приведенные в Таблице 11 документа WS-KCPUE-89/4 результаты указывают на то, что основанные на PST индексы являются весьма эффективными даже в тех случаях, когда при их оценке имелась значительная погрешность при условии того, что оценка была объективной.

14. На основании этого можно предположить, что посредством приблизительного расчета элемента PST на основании суммарных данных по PST+SST можно получить такие индексы, эффективность которых для выявления сокращения биомассы будет не намного ниже эффективности тех индексов, которые основаны на данных PST, получение которых на практике осложнено.

15. Необходимо вычесть некоторое оценочное SST из суммарного PST+SST, которое можно замерить. Необходимое SST зависит от величины улова за предыдущее траление в связи с тем, что обработка улова занимает некоторое время; таким образом, приблизительное оценочное SST может быть вычислено с помощью некоторого коэффициента (μ) этого улова. Следовательно, Псевдо-время первичного поиска (PPST) определяется как период между окончанием одного траления и началом следующего минус умноженная на μ величина предыдущего улова (C). Использовалась следующая формула:

$$PPST = \max \begin{cases} PST + SST - \mu (C - 0.75 \times 5) \\ 3 \text{ минуты} \end{cases}$$

Причиной уменьшения C на 3,75 тонны является то, что в математической модели последующее траление начинается (т.е. оканчивается SST) за 0,75 часа до завершения обработки последнего улова (с производительностью в 5 тонн в час). Для обеспечения эффективности получаемых индексов CPUE коэффициент μ был эмпирически принят за 0,17. Минимальная величина PPST для каждого отдельного траления, равняющаяся 3 минутам, была выбрана для того, чтобы избежать получения нереально низких (или отрицательных значений) PPST. Было признано, что анализ такого рода является лишь анализом того, будет ли такой подход действенным в принципе. На практике коэффициент будет необходимо изменить в зависимости от производимой продукции.

16. В Таблице 2 также приводятся результаты прогона модели с использованием основанных на PPST индексов. Несмотря на то, что такие индексы не так эффективны при выявлении изменений D_c , как индексы, основанные на PST, они значительно более эффективны чем индексы, основанные на PST+SST. Далее, эффективность этих индексов повышается с увеличением срединного r до приблизительно 50 м, что считается более реалистичным отражением распределения криля в концентрации, состоящей из хороших агрегаций. Подобные замечания могут быть сделаны в отношении способности основанных на PPST индексов выявлять изменения r , но при этом чувствительность не так велика, как в случае D_c .

17. Величина μ была выбрана для этих расчетов таким образом, чтобы достичь оптимальных результатов в отношении чувствительности индексов PPST к снижению биомассы при использовании специфической математической

модели промысла. На практике невозможно точно определить параметры этой модели, поэтому величина μ может и не быть оптимальной. В связи с этим чувствительность результатов в плане выявления изменений D_c была исследована в отношении различных величин μ .

18. Вычисления были проведены с использованием нескольких более низких значений μ . Результаты этих вычислений приведены в Таблице 3. При моделировании инверсия коэффициента обработки была принята за 0,20 час. на тонну. Верхним ограничителем диапазона величин коэффициента μ является этот инверсивный коэффициент; результаты указывают на то, что при величинах μ не выше 0,10, что ниже верхней границы его диапазона в 0,5 раза, основанные на PPST индексы в достаточной мере чутко реагируют на изменения D_c . Ширина диапазона указывает на то, что основанные на PPST индексы будут эффективны даже в тех случаях, когда не будет использовано оптимальное значение μ .

19. Таким образом, казалось бы, что информация о времени поиска может быть использована для выявления изменений D_c и r . Обеспечение необходимыми данными по времени поиска требует некоторого дополнительного сбора данных по сравнению с тем, который в настоящее время осуществляется при промысле криля Японией. В течение этих операций регулярно регистрируется время окончания одного траления и начала следующего. Разница между этими значениями равняется $PST+SST$ +время, необходимое для подъема и последующего спуска сети. Время, необходимое для подъема и спуска сети, относительно постоянно для всех тралений. Таким образом, PPST можно вычислить с помощью этих данных при условии того, что была также собрана информация об изменениях темпа обработки и нарушениях обычного цикла поиска и промысла. При изменении темпа обработки следует использовать различные значения μ в связи с изменениями продукции. Изменения обычного цикла могут быть последствием неблагоприятных погодных условий.

ВЕРОЯТНАЯ ТОЧНОСТЬ ИССЛЕДОВАННЫХ ИНДЕКСОВ CPUE

20. На Диаграмме 1 показана взаимосвязь индекса CPUE TC/TFISHT и биомассы, при этом изменения биомассы являются следствием исключительно изменений поверхностной плотности криля δ внутри скопления. На чертеже явно

прослеживается их нелинейная взаимосвязь. Изменения TC/TFISHT не отражают в полной мере снижения биомассы.

21. На Диаграмме 1 также указан диапазон погрешности, соответствующий интервалам точности в 95%. Они были вычислены с помощью приблизительной величины стандартной погрешности среднего за 50 прогонов модели индекса, при этом каждый прогон соответствовал периоду в 15 дней. Это в свою очередь соответствует 25 судо-месяцам, то есть усилию, затрачиваемому в настоящее время при японском промысле криля в Антарктике.

22. Конкретные показанные на Диаграмме доверительные интервалы соответствуют пропорции индекса CPUE на протяжении двух лет. Таким образом, при ежегодном снижении δ на 50% эти результаты указывают на то, что существует 95%-ная вероятность того, что при данном темпе японского промысла индекс TC/TFISHT снизится на 31 - 41%.

Таблица 1 : Параметры, использованные в формуле произвольного поиска скоплений при увеличении срединного r . Во всех случаях используется скорость судна при поиске v равная 10 узлам. Селективность постоянна во всех случаях; скоплениями, пригодными для промысла, являются скопления, биомасса которых превышает 50 тонн, и которые составляют пропорцию S от всего количества скоплений. Среднее Время первичного поиска скоплений - \bar{t} .

Средин- ный r	\bar{r}_{fs}	$w=2000+2\bar{r}_{fs}$	D_c	S	$d=D_cS$	$\bar{t}=(wdv)^{-1}$
м	м	м	морские мили ²		морские мили ²	мин
50	372	2744	10	.076	0.760	5.3
100	515	3030	2.5	.183	0.458	8.0
150	628	3256	1.11	.277	0.307	11.1
300	936	3872	.278	.475	0.132	21.7

Таблица 2 : Чувствительность s различных индексов CPUE I для различных сценариев изменения биомассы. Если $I(1)$ является значением индекса для базисного варианта распределения параметров, и $I(0.5)$ соответствует снижению биомассы на 50% вследствие изменения указанного параметра, тогда :

$$s = 2(1 - I(0.5)/I(1))$$

Следовательно, $s=0$ означает , что индекс не изменяется при таком снижении биомассы, а $s=1$ означает, что величина индекса понижается пропорционально снижению биомассы (так, как это случилось бы при линейной зависимости CPUE-биомасса). Значения компонентов индекса CPUE следующие :

TC = Общий улов	TSST = Общее время вторичного поиска
TFISHT = Общее время промысла	\overline{PST} = Среднее время первичного поиска за траление
TPST = Общее время первичного поиска ⁺	TPPST = Общее псевдо-время первичного поиска ($\mu = 0.17$ час/тонна)

(а) Уменьшение биомассы по величине радиуса скопления $r \rightarrow \sqrt{2}$

Срединный r (м)	50	100	150	300
Индекс				
TC/TFISHT	-.19	-.30	-.27	-.26
TC/TPST*	.57	.50	.57	.45
TC/(TPST+TSST)	.05	.07	.11	.14
TC/(TFISHT* \overline{PST})*	.43	.29	.38	.23
TC/(TFISHT* $\overline{PST+SST}$)	-.14	-.19	-.13	-.13
TC/TPPST	.20	.28	.37	.43
TC/(TFISHT* \overline{PPST})	.02	.03	.16	.20

+ Сбор нецелесообразен

(b) Снижение биомассы по поверхностной плотности криля внутри скопления $\delta \rightarrow \delta/2$

Срединный r (м)	50	100	150	300
Индекс				
TC/TFISHT	.61	.72	.79	.67
TC/TPST*	.77	.89	.84	.64
TC/(TPST+TSST)	-.05	-.02	.08	.16
TC/(TFISHT* \overline{PST})*	1.02	1.11	1.12	.90
TC/(TFISHT* $\overline{PST+SST}$)	.35	.38	.53	.53
TC/TPPST	.47	.72	.78	.68
TC/(TFISHT* \overline{PPST})	.77	.97	1.07	.94

(c) Снижение биомассы по количеству скоплений на единицу площади $D_C \rightarrow D_C/2$

Срединный r (м)	50	100	150	300
Индекс				
TC/TFISHT	.06	.07	-.20	-.10
TC/TPST*	.78	.83	.90	.87
TC/(TPST+TSST)	.10	.13	.30	.41
TC/(TFISHT* \overline{PST})*	.80	.83	.82	.80
TC/(TFISHT* $\overline{PST+SST}$)	.13	.12	.20	.35
TC/TPPST	.40	.57	.67	.81
TC/(TFISHT* \overline{PPST})	.42	.56	.57	.74

+ Сбор нецелесообразен

Таблица 3 : Чувствительность s основанных на PPST индексов CPUE к сокращению D_c до $D_c/2$ для различных значений коэффициента μ улова, вычтенного из общего времени поиска.

Индекс μ (час/тонна)	TC/TPPST		TC/(TFISHT* \overline{PPST})	
	Срединный $r = 50$ м	Срединный $r = 300$ м	Срединный $r = 50$ м	Срединный $r = 300$ м
0.17	.40	.81	.42	.74
0.15	.29	.71	.32	.65
0.10	.18	.56	.20	.50
0.05	.13	.47	.15	.41

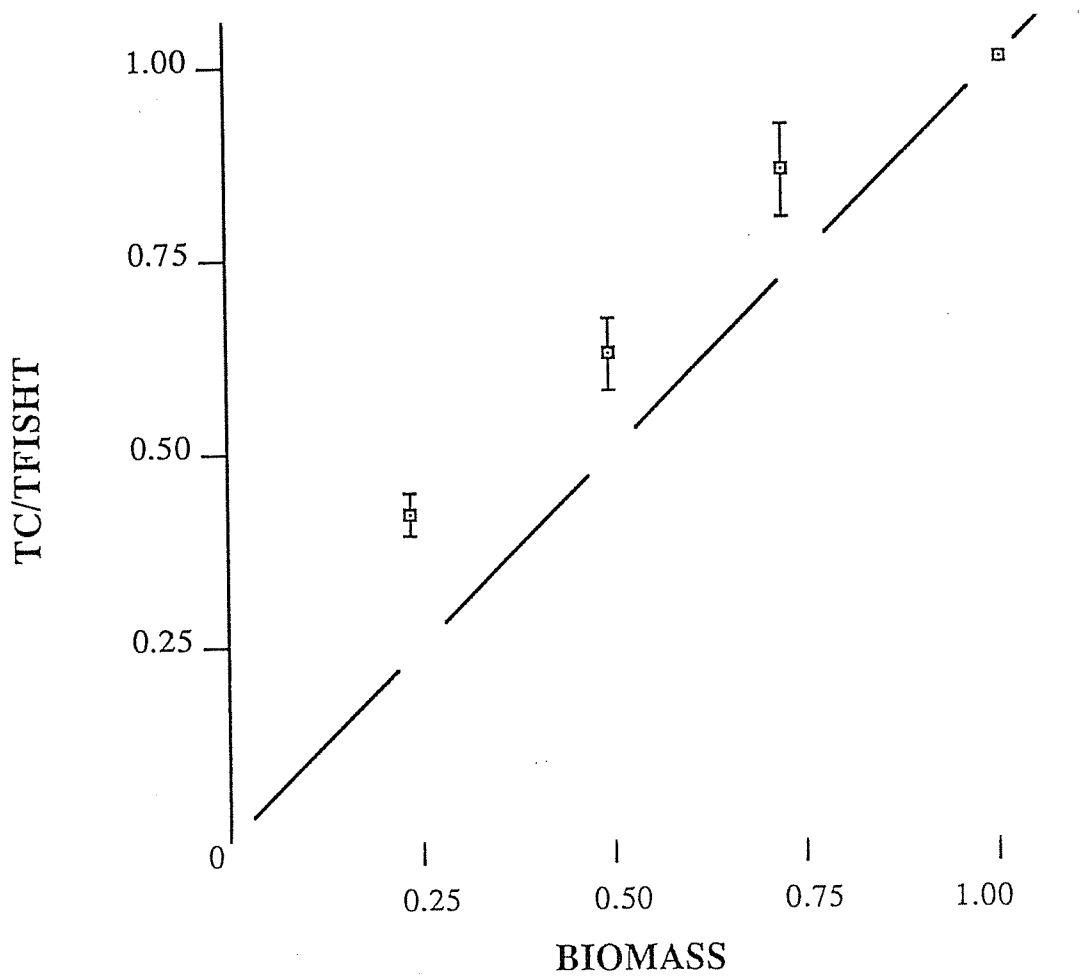


Рисунок 1: График индекса TC/TFISHT как функции биомассы при ее снижении в результате уменьшения поверхностной плотности криля δ внутри скопления. Переменные на обеих осях координат являются дробными значениями уровней базисного варианта срединного $r=100$ м.

ОСНОВА ИЗУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ИНДЕКСА ЧИСЛЕННОСТИ КРИЛЯ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В этом Дополнении в основном обсуждается вопрос о Комплексном индексе численности криля в концентрациях, состоящих из хороших агрегаций. В конце этого раздела описывается индекс численности криля в концентрациях, состоящих из хороших слоев.

2. Комплексный индекс численности криля следует вычислять только по каждому отдельному району. Выбранный район должен обладать несколькими свойствами:

- Для того, чтобы оправдать повышение объема сбора данных по этому району, такой район должен быть относительно однородным.
- В этом районе должны оперировать и научно-исследовательские и промысловые суда

4. Комплексный индекс определяется следующим образом

$$CI = N_c L_c^2 D_c r^2 \delta \quad (1)$$

В этом уравнении **CI** обозначает Комплексный индекс и

N_c = количество концентраций в рассматриваемом районе

L_c = характеристический радиус концентраций

D_c = количество скоплений на единицу площади в концентрации

r = характеристический радиус скоплений в концентрациях

δ = поверхностная плотность криля в пределах скоплений (2)

5. Целью изучения Комплексного индекса методом математического моделирования является определение того, можно ли эффективно провести мониторинг биомассы криля с помощью данного индекса. Скорее всего Комплексный индекс является нелинейной функцией биомассы криля. Нелинейная связь, вероятно выражается в том, что, при статистически

значительном изменении индекса биомасса изменяется в еще большей, чем индекс, степени, то есть численность криля изменяется в значительной степени.

6. Так как изменение Комплексного индекса будет зависеть от изменения основных переменных, необходимо понять, как эти параметры изменяются и могут быть оценены, и как погрешности в оценках влияют на Комплексный индекс. То есть, Комплексный индекс не определяется по Уравнению (1), а по

$$CI = N_{c,est} L_{c,est}^2 D_{c,est} r_{est}^2 \delta_{est} \quad (3)$$

где подстрочное "est" указывает на то, что эти переменные являются оценками.

7. При послойном расположении криля Комплексный индекс определяется по

$$CI_{layer} = N_{cl} L_{cl}^2 \delta \quad (1')$$

где N_{cl} - количество концентраций, в которых криль располагается слоями, L_{cl} - характерная длина таких концентраций и δ - плотность криля в таких концентрациях. Общие принципы, описанные ниже, применимы к располагающемуся слоями крилю, при внесении соответствующих изменений.

АКТУАЛЬНОЕ ПОНИМАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ, ИСТОЧНИКИ СОМНЕНИЙ И ОЦЕНКА

Количество концентраций

8. При применении соответствующего математического анализа данные, полученные с научно-исследовательских судов, могут быть использованы для оценки количества концентраций в районе. Модификация методов, описанных Мангелем и Бедером (1985 г.) для случаев, в которых не происходит истощения, содействует вычислению вероятного распределения $N_{c,est}$ как функции количества обнаруженных научно-исследовательским судном концентраций.

9. Некоторые трудности при оценке N_c :

- (i) повторный учет концентраций во время съемки,
- (ii) точное определение скорости судна при поиске и времени поиска,
- (iii) точное и достоверное определение ширины эффективного обнаружения концентраций, и
- (iv) Непроизвольное распределение концентраций и связанная с этим стратификация поискового усилия .

10. В настоящее время мало известно о распределении концентраций в экологически чувствительных районах. Для того, чтобы улучшить понимание этой переменной, следует описывать концентрации в течение рейса, используя эхограмму, а не *post-hoc* , посредством статистического анализа.

Характеристическая длина концентраций

11. Использование одиночной характеристической длины концентраций предполагает, что концентрации являются или симметричными (напр. круги или квадраты), или асимметричными (напр. эллипсы), но если численность изменяется, то все оси эллипса будут изменяться пропорционально. Неизвестно, является ли это предположение обоснованным. Этот вопрос заслуживает большего внимания.

12 Характеристическую длину концентраций можно определить используя подробные данные по расположению концентраций, полученные по советскому и японскому промыслу. В частности, такие суда могут пытаться определить :

- Форму концентрации
- Характеристическую длину концентрации

13. В настоящее время, мало известно о распределения размеров и форм концентраций. При разработке математических моделей Специалисты-консультанты предположили, что радиусы равномерно располагались в

приблизительном диапазоне от 11 морских миль до 22 морских миль. В дискуссиях на Рабочем семинаре был предложен ряд модификаций :

- Хорошие концентрации имеют диаметр не менее 25 морских миль;
- Распределение радиусов концентраций асимметрично;
- В таком районе, как на границе шельфа, главной переменной является ширина концентрации поперек шельфа, а не длина вдоль шельфа.

Плотность скоплений в пределах концентраций

14. Оценить плотность скоплений в пределах концентраций (т.е. количество скоплений на единицу площади) можно используя данные, полученные из японского судового журнала, или акустические данные, собранные научно-исследовательскими судами. В бедных концентрациях, расстояние между скоплениями может соответствовать отрицательному экспоненциальному распределению (напр. Миллер и Гамптон, 1989 г.). В хороших агрегациях типичное распределение, как отрицательное биномиальное распределение, может быть использовано для моделирования D_c .

15. Специалисты-консультанты предположили, что $D_c = 20 \exp(X_\sigma)$ скопления/ морские мили², где X_σ является нормально распределенной случайной переменной со средней величиной в 0 и средним квадратическим отклонением σ^2 . Рабочий семинар пришел к заключению о том, что:

- Будет возможно относительно легко определить распределение плотности скоплений с помощью эхограмм.

16. Кроме того, ожидается только небольшое изменение плотности скоплений в пределах концентраций. Если криль действительно располагается скоплениями (а не слоями), то плотность не может быть слишком низкой, иначе криль не находился бы в "хорошей" (т.е. пригодной для промысла) концентрации. Так же, при высоком уровне плотности, криль располагается, в сущности, слоями, а не скоплениями. Эти воздействия будут ограничивать среднее квадратическое отклонение.

Характеристический радиус скоплений в пределах концентраций

17. Для самого эффективного определения этой переменной применяются акустические данные, собираемые научно-исследовательскими судами, хотя могут быть использованы и данные, собираемые промысловыми судами. Всестороннее обсуждение свойств распределения r было поручено Рабочей группе по крилю. Однако, возникают следующие вопросы.

18. Специалисты-консультанты предположили, что $r = 50 \exp(X_{1.1})$ м, что вызывает значительную погрешность при определении значения r . Ичии приводит шесть примеров распределения размеров протраленных скоплений (1987 г.) В районе протяженностью примерно в 60 морских миль с севера на юг и 60 морских миль с востока на запад, данные Ичии (Рисунок 1) указывают на четыре примера вероятно отрицательного экспоненциального распределения радиусов скоплений; один пример относительно равномерного распределения радиусов скоплений, и один пример весьма асимметричного распределения радиусов скоплений минимальным размером в 3000 м. Такие результаты указывают на возможное значительное изменение радиусов скоплений в относительно небольших географических районах и на важность точного определения изменчивости.

Плотность криля в пределах скоплений

19. Советские и японские промысловые суда могут определять поверхностную плотность криля в пределах скоплений (т.е. g/m^2), используя в качестве индекса вылов за единицу времени промысла. Акустические данные также могут быть использованы, но только в случае сообщения данных по средней силе объема акустического рассеивания. Это необходимо даже в случае относительного индекса численности для приведения в соответствие данных различных судов.

20. Специалисты-консультанты предположили, что величина $\delta = 150 \exp(X_{1.4}) g/m^2$, что вызывает значительную асимметричность распределения плотности. Тем не менее, плотность может быть менее изменчивой в облавливаемых концентрациях, поскольку промысловики выбирают концентрации на основе достижения удовлетворительно высокой

интенсивности лова. Такое ведение промысла будет ослаблять эффективность Комплексного индекса для обнаружения изменений численности.

ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ В ОТНОШЕНИИ КОМПЛЕКСНОГО ИНДЕКСА

21. Поскольку в Комплексном индексе L_c и r - возведены в квадратную степень, неточности в любом из этих значений будут оказывать пропорционально большее воздействие, чем неточности в N_c , D_c или δ .

22. В настоящее время, мало известно о корреляции между параметрами. Например, биологические параметры криля, возможно, ограничат изменчивость произведения $D_c r^2$.

23. Также имеется мало актуальной информации о том, как могут проявляться изменения. То есть, каждая из пяти основных переменных может изменяться независимо, или может происходить их значительное параллельное изменение.

24. Поскольку Комплексный индекс скорее всего является нелинейной функцией численности, среднее квадратическое отклонение индекса крайне важно для проведения мониторинга.

ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ИНДЕКСА С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

25. Один из вариантов протокола исследования Комплексного индекса с помощью математического моделирования включает следующие стадии:

- (a) Выбор фундаментальных величин основных параметров распространения. За эти величины могут быть приняты, например, средние или срединные величины этих параметров;
- (b) Использование вышеописанных характеристик распространения для определения конкретных величин основных параметров, используемых при каждом отдельном прогоне модели. Таким образом, индекс биомассы BI для этого прогона модели можно

определить с помощью Уравнения (1). Следует заметить, что **VI** является "истинным" индексом численности, в то время как **CI** является оценочным значением этого индекса;

- (c) Использование при каждом прогоне этой модели характеристик распространения оцененных переменных и разработанных консультантами моделей для оценки величин основных переменных при наличии истинных величин основных переменных. После определения этих оцененных переменных, "очевидный" Комплексный индекс можно вычислить посредством Уравнения (3);
и
- (d) Изучение свойств **CI/VI** как функции **VI** и при изменении основных параметров. Подобным образом можно рассмотреть как нелинейность так и среднее квадратическое отклонение Комплексного индекса.

СПРАВОЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Ichii, T. 1987. Observations of fishing operations on a krill trawler and distributional behaviour of krill off Wilkes Land during the 1985/86 season. sc-camlr-vi/bg/35.
- Mangel, M. and Beder, J.H. 1985. Search and stock depletion : theory and applications. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42:150-163.
- Miller, D.G.M. and Hampton, I. 1989. Krill aggregation characteristics : spatial distribution patterns from hydroacoustic observations. Polar Biology, in press.

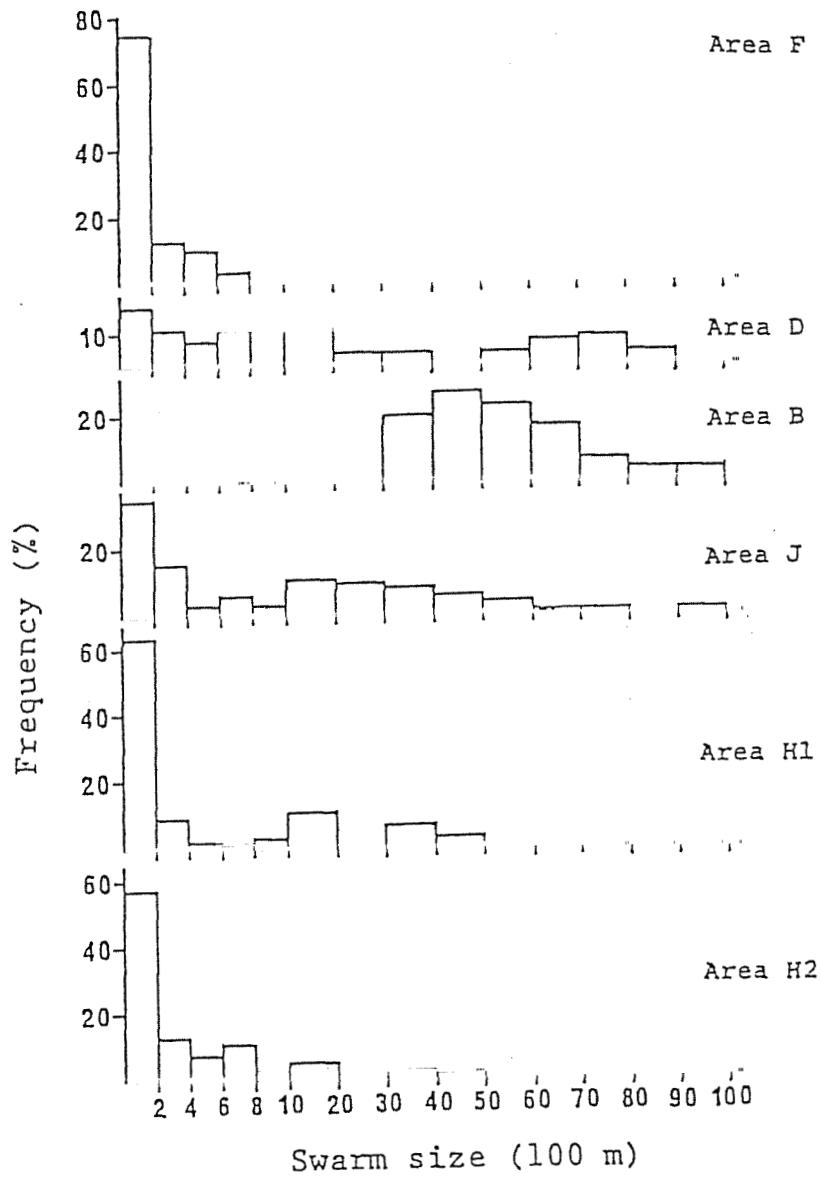


Рисунок 1: Частота распределения размеров скоплений, протранных в каждом промысловом районе (Ichi, 1987 г.)