

## Лекция 9,10.

### Основы промыслового прогнозирования

Понятие о прогнозировании. Краткосрочное, среднесрочное и долгосрочное прогнозирование. Прогнозируемые показатели. Основы промыслового прогнозирования. Основные подходы к разработке промысловых прогнозов.

Принципы разработки планов управления водными биоресурсами. Общий допустимый улов (ОДУ) и возможный улов (ВУ). Методы расчетов ОДУ и ВУ. Соотношение между понятиями «лимит», «квота», «контингент вылова». Регрессионный, продукционный и биостатистический прогноз. Использование виртуально-популяционного анализа для целей прогнозирования. Методы составления промысловых прогнозов.

В настоящее время нет четкости в определении заблаговременности промысловых прогнозов рыб, как нет и единой классификации прогнозов. Современная промысловая деятельность позволяет выделить следующие виды промысловых прогнозов (наиболее часто употребляемая классификация).

*Сверхдолгосрочные прогнозы* - на срок от нескольких до 20 и более лет. Это стратегические прогнозы, из которых исходит планирование развития рыбодобывающей отрасли. При разработке сверхдолгосрочных прогнозов необходимо учитывать данные о динамике численности нескольких поколений объектов промысла, имея большие ряды наблюдений по биологии, промыслу, гидрометеорологии. Такие прогнозы сырьевой базы должны основываться на зависимости численности поколений от климатических, гелиогеофизических (солнце, луна) и других длиннопериодных факторов.

*Долгосрочные прогнозы* - на срок от года до нескольких лет – необходимы рыбодобывающим предприятиям для уточнения сверхдолгосрочных прогнозов.

Основой этих тактических прогнозов является динамика численности и урожайности поколений, а главные параметры, используемые при их разработке, - биологические характеристики и промысловая статистика.

*Сезонные прогнозы* - на срок от месяца до года - основываются на биологических закономерностях вида, изучении его сезонных миграций и распределения, положения зон высокой продуктивности.

*Краткосрочные (оперативные) прогнозы* составляются с заблаговременностью от суток до месяца. Их цель - предсказание распределения и основных перемещений рыбных скоплений данного вида в границах его традиционного района обитания. Они используются при оперативном управлении флотом на промысле.

Сверхдолгосрочные прогнозы основаны, главным образом, на связи между изменениями климата и изменениями численности объектов промысла. Многолетние колебания численности рыб можно подразделить на неустойчивые и относительно устойчивые периоды продолжительностью до нескольких десятилетий.

Сверхдолгосрочные прогнозы, которые основываются на связи колебаний численности рыб с климатическими (гелиогеофизическими) изменениями, предполагают, что эти изменения происходят постепенно.

Долгосрочные прогнозы основаны на поиске связей между факторами среды и численностью годовых размерно-возрастных групп объектов промысла, прогнозе колебаний продуктивности района. В долгосрочных и оперативных прогнозах основным методом является в настоящее время корреляционный анализ.

Сезонные прогнозы являются в основном прогнозами распределения и поведения видов. Они должны предсказывать распределение и плотность промысловых скоплений, наступление сроков нереста и нерестовых подходов и т.п.

Из большого количества факторов, влияющих на распределение и поведение промысловых объектов, в настоящее время предпочтение отдается температуре воды. Помимо легкости и относительной доступности измерений следует учитывать, что аномалии температуры воды весьма устойчивы как во времени, так и в пространстве.

Уже давно установлено, что сроки нереста рыб в умеренных и высоких широтах весьма значительно колеблются.

Разработаны методики прогноза нерестовых подходов многих промысловых объектов в зависимости от различных показателей температуры: температура воды и воздуха (среднемесячная), температура воды по разрезу (средняя по слоям), придонная температура воды и т.п.

Иногда при отсутствии данных по температуре воды либо при наличии связи атмосферных процессов с последующей термической ситуацией в качестве предикторов используют соответствующие индексы атмосферной циркуляции. Прогнозирование сроков нерестовых подходов и нереста должно основываться на достаточном количестве лет наблюдений за нерестовыми подходами и нерестом (не менее 10-15 лет) и соответствующем количестве наблюдений за гидрометеорологическими показателями (атмосферная циркуляция, температура воды и воздуха).

Краткосрочные прогнозы должны обеспечивать научно обоснованное предсказание участков и сроков образования промысловых скоплений, а также давать характеристику плотности концентрации (улов на промысловое усилие), соотношения видов и размерно-возрастных групп в скоплении и др.

Существует большое количество методов и приемов краткосрочного прогнозирования. Одни из них основаны на анализе промысловой информации с последующей математической или экспертной экстраполяцией величин прогнозируемых характеристик на основе изучения закономерностей их изменения за прошедший период. При составлении прогнозов по данной методике учитываются имеющиеся сведения по среде, биологическому состоянию организмов, а также данные за тот же период прошлых лет. Другие методы краткосрочного прогнозирования основаны на представлениях о единстве всех процессов в океане, об обусловленности распределения и поведения промысловых объектов, комплексов абиотических и биотических условий. При разработке краткосрочных прогнозов с использованием данных методов необходимо учитывать метеорологические, океанологические, биологические данные и пресс

промысла. Не всегда все эти обстоятельства учитываются при прогнозировании в равной степени, но в любом случае наряду с промысловой частью необходимо описание среды обитания.

Гидрометеорологическое содержание этих методов меняется от корреляционного учета изменений какого-либо одного фактора до построения сложных моделей, учитывающих целый комплекс наблюдаемых в том или ином районе метеорологических и океанологических характеристик.

В последние годы для краткосрочного прогнозирования все активнее привлекаются современные математические методы и ЭВМ.

Принципы разработки планов управления водными биоресурсами. Общий допустимый улов (ОДУ) и возможный улов (ВУ). Методы расчетов ОДУ и ВУ. Соотношение между понятиями «лимит», «квота», «контингент вылова». Регрессионный, продукционный и биостатистический прогноз. Использование виртуально-популяционного анализа для целей прогнозирования. Методы составления промысловых прогнозов.

Общий допустимый улов водных биоресурсов - научно обоснованная предельная величина годового промыслового изъятия водных биоресурсов во внутренних водах, территориальном море, исключительной экономической зоне и на континентальном шельфе РФ, зоне иностранных государств, в конвенционных и открытых районах Мирового океана.

Основной мерой регулирования промысла, с помощью которой предполагается обеспечить стабильную эксплуатацию рыбной популяции, является обоснование величины общего допустимого улова (ОДУ).

В общем случае ОДУ определяют в виде доли от биомассы промысловой части запаса. Если вылов соответствует годовому приросту стада, то его обозначают термином «максимальный уравновешенный улов». Такой вылов считают рациональным.

Трудности при определении величины ОДУ заключаются в том, что промысловый запас год от года может сильно изменяться. Изменение величины промыслового запаса зависит от многих факторов, например, обеспеченность стада рыб кормами, хищничество, численность впервые вступившего в промысел поколения рыб. Последний из перечисленных факторов не без оснований считается определяющим. Как известно, пополнение промыслового запаса зависит от урожайности поколения. Флюктуация численности нарождающегося поколения в разные годы чрезвычайно велика. В «урожайные годы» она может изменяться на два порядка. Наблюдатели отмечают, что урожайность определяется комплексом климатических условий, гидрологическими процессами в море, и даже выявлена её корреляция с солнечной активностью. Удовлетворительно прогнозировать урожайность пока не удаётся. Поэтому биомассу промыслового запаса определяют на основе статистических исследований. С этой целью выполняют ретроспективный анализ результатов промысла за период, длительность которого обычно превышает среднюю продолжительность жизни объекта лова. Затем, предполагая, что вылов и

запас находятся в динамическом равновесии, используют методы расчётов продукционных моделей, прогнозируют величину промыслового запаса и устанавливают размер ОДУ. Далее, по возможности, следят за тем, чтобы годовой вылов не превысил максимальной величины, достигнутой в период облова урожайного поколения.

При такой методологии промысловый запас может быть определён лишь приближённо, и здесь возможны грубые погрешности. Ошибки проистекают, во-первых, из принятого допущения о равновесном характере системы запас-вылов и, во-вторых, из факта игнорирования реальной амплитуды колебаний запаса под влиянием окружающей среды. Размах колебаний промыслового запаса в периоды минимума и максимума урожайности намного превосходит среднее его значение. Поэтому ошибки, вносимые колебаниями, нельзя считать достаточно малыми отклонениями от математически ожидаемой величины запаса.

В излагаемой постановке задачи размерный состав вылова не регламентирован. От рыбаков требуется лишь, чтобы размеры пойманных рыб не были ниже установленного правилами рыболовства минимума. Промысел же чаще всего нацелен на вылов наиболее крупных и в товарном отношении более ценных рыб. В этой связи возникает угроза, что относительное изъятие промыслом рыб старших возрастов может оказаться чрезмерным. Неравномерный облов популяции ведёт к омоложению нерестового запаса и, как следствие, к снижению уровня воспроизводства. В практике отмечено немало случаев резкого снижения численности биологических объектов, причинно связанных с неоправданно большим и неравномерным промысловым воздействием на стадо.

Исправить положение пытаются введением так называемого “предосторожного подхода” при определении величины ОДУ. Годовой вылов в этом случае умышленно снижают по сравнению с приростом стада. Предполагается, что полученный таким способом резервный запас поможет предотвратить негативные последствия в случае ошибочно завышенной нормы вылова.

Однако предосторожный подход по существу ничего не меняет, а усложняет процесс определения величины ОДУ. Вместе с оценкой величины промыслового запаса необходимо также обосновать и резервный запас, который, по сути, представляется как недоиспользуемый потенциал прироста стада. Неясно, при каких условиях перманентно возрастающий резервный запас следует уменьшать. Кроме того, появляется новый психологический фактор, который не следует недооценивать. У рыбака естественно возникает убеждение о допустимости превышения выделенной ему квоты вылова, поскольку ожидаемый перелов находится в пределах резервного запаса и, кажется, особого ущерба не принесет.

В целом анализ показывает, что современная методика определения ОДУ содержит серьёзные недостатки.

При определении контингента вылова советуется брать одновременно группу видов, «связанную биологией размножения и пищевыми взаимоотношениями».

Пока нет инструкций, в которых были бы изложены все нужные методические указания по определению и прогнозированию запасов и уловов рыб. Наиболее существенными работами, которые могут быть использованы для ознакомления с методикой определения рыбных запасов, следует признать статьи Г. Н. Монастырского о запасах воблы (1940), о запасах сельди (1951), и о динамике численности промысловых рыб (1952), где имеется большой материал методического значения и где можно почерпнуть сведения по истории этого вопроса, т. е. ознакомиться с разными методами определения рыбных запасов. Этими статьями я и воспользуюсь, поскольку пока нет возможности предлагать каких-либо общепринятых способов и инструкций по данной проблеме.

Из русских исследователей первым серьезно подошел к теории рыбных запасов Ф. И. Баранов (1925), предложивший теорию рыбного промысла. Сущность этой теории заключается в следующем:

1. Рыбные богатства водоема определяются его кормностью.
2. Кормность (количество продуцируемого водоемом корма) и все прочие факторы остаются неизменными.
3. На рыбные запасы оказывает влияние интенсивность вылова.
4. Средняя величина довоенного улова равна годовому приросту запаса.

По Баранову, прирост рыбы в водоеме есть величина переменная и определяется тем избытком корма, который остается в водоеме за вычетом корма, потребленного живущей в нем рыбой на поддержание ее существования. Чем больше этот избыток корма, т. е. чем меньше остается в водоеме рыбы, тем больше получается прирост. Под остатком Баранов понимает разность между величиной запаса и годовым уловом рыбы.

А. В. Морозов (1932 а) считает, что о состоянии рыбных запасов можно судить, сопоставляя интенсивность промысла с количеством выловленных рыб, и придерживается такой точки зрения:

1. Запасы рыбы регулируются интенсивностью промысла.
2. Изменения запасов вызываются также и ограничительными мерами в отношении маломерной рыбы.
3. Возрастной состав рыб изменяется под действием промысла.

Следует обратить внимание, что количество пищевых ресурсов, о которых так пекутся руководители отрасли, может возрасти не только за счет освоения новых районов и объектов промысла, но и в результате более рациональной эксплуатации старых (традиционных). Эффективное средство для этого - система анализа рыболовства, понимаемая в данном случае как оперативное отслеживание (мониторинг) изменений параметров рыболовства, сбор и хранение данных о промысле, их научный анализ и выработка практических рекомендаций.

Научная организация этой системы с целью использования ее результатов для регулирования рыболовства и оптимизации промысла заставляет пересмотреть отношение к рыбохозяйственным исследованиям, ориентируя их в сторону большей комплексности. Проблема решается на стыке информатики, биологии (динамики численности) и экономики.

Существует еще одна область науки, которая синтезирует новые направления: теория рыболовства. Теория рыболовства, как известно, сформулирована ее основоположником профессором Ф.Барановым как наука о влиянии промысла на запасы рыб. Термин "запасы" изначально служил для обозначения экономической категории и не являлся понятием биологическим. При этом до Ф.Баранова запас рассматривался как неприкосновенный капитал, только процентами с которого можно пользоваться. С развитием промысла (его интенсивности) менялось понятие о запасах и смысл их регулирования.

Исторически можно проследить изменение мер (критериев) регулирования по восходящим категориям:

а) шаг ячеи - регулирует возрастной состав;

б) оценка запаса, квота на вылов, общий допустимый улов, возможный допустимый улов, максимальный устойчивый улов, контингент вылова (термин, введенный Ф. Барановым для более общего представления данной категории) - регулируют вылов;

в) допустимое промысловое усилие и, наконец, оптимальное промысловое усилие - регулируют интенсивность рыболовства.

Все эти три категории критериев взаимосвязаны, но последняя непосредственно влияет на экономику и поэтому требуется ее дальнейшее развитие и более глубокая интерпретация.

В рассматриваемой системе анализа рыболовства реализован ряд задач оценки запасов, оптимизации оценки промысловых скоплений и краткосрочного прогнозирования промысловой обстановки. Следует отметить, что система предназначена для анализа и прогнозирования короткопериодных изменений распределения промысловых скоплений, связанных с изменчивостью океанологических условий.

Существуют два способа построения такого рода систем:

- с использованием возможностей математического моделирования процессов рыболовства;

- на основе сбора и анализа исходных данных о параметрах рыболовства.

Представляется, что главным элементом системы являются исходные данные (промысловая информация), исходя из наличия которых применяется тот или иной аппарат математического моделирования.

Какие же параметры рыболовства мы анализируем? Это:

- численность промысловой части популяций;

- интенсивность рыболовства (в том числе промысловые усилия);

- размеры и плотность промысловых скоплений;

- эффективность работы добывающего флота.

## Теоретическое обоснование параметров рыболовства

Интенсивность рыболовства - мера промыслового воздействия на запас. В работе Ф. Баранова "Об оптимальной интенсивности рыболовства" (Избранные труды. Т. 3, М., Пищевая промышленность, 1971) сформулированы основные понятия, где рассматривается эта, по существу, техническая характеристика рыболовства в неразрывной связи с биологическими характеристиками сырьевой базы. Большое внимание в работе уделено исследованию вопроса качественной оценки интенсивности рыболовства.

Ф. Баранов рассматривает три стороны этого вопроса:

- интенсивность промысла (F) - как величину, пропорциональную, при прочих равных условиях, величине усилия (f), т.е. числу судов или орудий лова или времени лова и т.д.:

$$F = Kf \quad (1)$$

- интенсивность лова (U), выражаемую отвлеченным числом и характеризующую степень эксплуатации водоема. В частности, Ф. Барановым введено понятие геометрической интенсивности лова, равной отношению обловленной за данный период времени площади (или объема) водоема ко всей его площади (или объему):

$$U = \frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \quad (2)$$

- интенсивность вылова рыбы (V) (или коэффициент промыслового изъятия, как принято у биологов), определяемую отношением полученного за данный период времени улова ( $C_t$ ) ко всему запасу (численности) ( $N_0$ ) рыбы в начале этого периода:

$$v = \frac{C_t}{N_0} \quad (3)$$

Между этими параметрами существует взаимосвязь. Связь между интенсивностью вылова и интенсивностью лова Ф. Баранов установил в виде:

$$v = 1 - e^{-u} \quad (4)$$

Подставив это выражение в предыдущую формулу, мы легко получим значение начальной численности, т.е. запаса.

Таким образом, интенсивность рыболовства является определяющим фактором нашей системы, т.к. связывает сырьевую базу с промыслом.

Соотношение между интенсивностью лова, вылова и промысловым усилием.

Элементарная геометрическая интенсивность лова  $U_g$  показывает, какая часть объема, занимаемого популяцией, облавливается в единицу времени (час, день, неделя и т.д.).

Умножая элементарную геометрическую интенсивность лова ( $U_g$ ) на коэффициент абсолютной уловистости комплексов, получим действительную элементарную интенсивность лова ( $U_0$ )

$$U_0 = \varphi U \tilde{a} = \frac{\varphi V}{V_0} \quad (5)$$

где  $\varphi$  - коэффициент абсолютной уловистости, показывающий, какая часть рыб, находящаяся в облавливаемом объеме, оказывается пойманной;

$V$  - объем, облавливаемый за данный период времени орудиями лова;

$V_0$  - объем, занимаемый популяцией (скоплением). Коэффициент абсолютной уловистости эквивалентен уменьшению объема, облавливаемого в единицу времени. Поэтому действительная интенсивность лова имеет по существу геометрический характер. При анализе некоторых видов рыб, например донных, которые обитают в тонком слое воды, можно рассматривать не объемы, а площади, занимаемые популяцией. Если запас (начальная численность) рыб в объеме  $V_0$  равен  $P_0$ , то при равномерном распределении по объему плотность равна

$$\rho = P_0 : V_0$$

Элементарная интенсивность вылова ( $v$ ) показывает какую часть запаса составляет улов  $C$  за единицу промыслового времени, т.е.

$$C = v_0 P \quad (6)$$

поэтому

$$v_0 = \frac{\dot{N}}{P} = \frac{\varphi V \rho_0}{P}$$

и, следовательно

$$v_0 = \frac{\varphi V}{V_0} = U_0 \quad (7)$$

Таким образом, при равномерном распределении рыб элементарные интенсивности лова и вылова всегда равны между собой. Длительная эксплуатация популяции большим количеством орудий лова сопровождается уменьшением плотности распределения и, как следствие этого, изменением соотношения между интенсивностями лова и вылова. В простейшем случае это соотношение можно установить путем следующих рассуждений.

Предположим, что лов производят с постоянной элементарной интенсивностью лова (например, постоянным количеством орудий лова, постоянным количеством часов тралений и т.д. в единицу времени).

Тогда, после первого дня лова (единицы времени) будет поймано

$$C_1 = v_0 P$$

или, учитывая формулу (7)

$$C_1 = P U_0$$

После этого в водоеме останется запас, равный  $P - C_1$  или  $P_1 = P(1 - U_0)$ , а плотность распределения станет равной



$$\frac{P_1}{V} = \frac{P}{V_0} \quad (8)$$

Поэтому улов за следующий элементарный промежуток времени будет равен

$$C_2 = v_0 P_1 = P v_0 (1 - U_0) = P U_0 (1 - U_0) \quad (9)$$

После этого в водоеме останется

$$P_2 = P_1 - C_2 = P(1 - U_0) - P U_0 (1 - U_0) = P(1 - U_0)^2 \quad (10)$$

Рассуждая по этой же схеме и дальше, найдем что запас рыбы в водоеме после  $t$  дней лова станет равным

$$P_t = P(1 - U_0)^t \quad (11)$$

а суммарный улов за это время составит

$$C_t = P - P_t = P \left[ 1 - (1 - U_0)^t \right] \quad (12)$$

Но общая интенсивность лова за время  $t$  составит  $U = U_0 t$ , интенсивность же вылова будет

$$v = \frac{C_t}{P}$$

Поэтому

$$v = 1 - \left( \frac{U}{t} \right)^t \quad (13)$$

Известно, что при  $t$  это выражение будет равно

$$v = 1 - e^{-u}, \quad dC_t = P(1 - e^{-u}) \quad (14)$$

С учетом улова на единицу усилия -

$$C = P \left( 1 - \frac{q_t}{q_1} \right) \quad (15)$$

Сравнивая, находим

$$v = 1 - \frac{q_t}{q_1} \quad (16)$$

Здесь надо иметь в виду, что единицей времени должна быть одна величина в левой и правой частях, т.е. взят вылов за время от начала до  $t$ .

Зная  $V$ , показанному ранее соотношению Ф.Баранова, где  $U$  - интенсивность лова, взятая в тех же единицах времени, логарифмируя, найдем

$$-U = \ln(1 - v) = \ln \frac{q_t}{q_1} \quad (17)$$

Таким образом, зная величину улова, вылов на усилие в начале и в данный момент, можно найти величины биомассы (численности) в начале и в конце рассматриваемого периода, а также интенсивности лова и вылова.

Определение численности (плотности) скоплений по вылову на усилие.

Пусть имеется скопление (промысловый запас рыб) величиной  $P_0$  массы, которое облавливают однотипными орудиями лова, например, тралами.

Рассмотрим динамику этого процесса при следующих допущениях:

а) скопление замкнутое, т.е. отсутствуют миграционные изменения его численности (массы);

б) скопление облавливается сравнительно в короткий промежуток времени, так что можно пренебречь изменением его численности от естественной смертности, а также изменением биомассы рыб в связи с их ростом и изменчивостью кормности водоема. Наиболее распространенный, массовый, количественно измеряемый параметр рыболовства - улов на усилие. Этот параметр ныне используют как для характеристики сырьевой базы, так и для характеристики рыболовных комплексов (судно-орудие лова), т.е. по существу он является одновременно и биологической и техно-экономической характеристикой. Поэтому желательно разграничить смысл его применения.

При сделанных предположениях процесс можно рассматривать как соответствующий моделям Ф. Баранова (Об оптимальной интенсивности рыболовства. Избранные труды, т. Ш. Теория рыболовства, М., "Пищевая промышленность", 1971, с. 12-67 и 115-129) и более поздним, например, Д.Делури и П.Лесли-Д.Девиса (Методы оценки и интерполяция биологических показателей популяций рыб, М., "Пищевая промышленность", 1979, с. 165-172), в которых предполагается, что величина улова на единицу промыслового усилия понимается прямо пропорционально уменьшению численности облавливаемой популяции.

Большим достоинством этих моделей является то, что для анализа изменений запаса рыб нет надобности следить за всеми днями их эксплуатации. Важно иметь только данные по заданным моментам времени.

Мы вспомнили про эти не столь новые модели, потому что они могут быть начинены новым содержанием, благодаря информационному обеспечению системы анализа рыболовства. Напомним, в чем суть модели Лесли-Девиса.

При сделанных предположениях существует равенство

$$q_t = \frac{C_t}{f_t} = \beta N_t \quad (18)$$

Где  $q_t$  - улов на усилие в течение интервала  $t$ ; (единицы времени);

$V$  - доля популяции, изымаемая за одно промысловое усилие;

$N_t$  - средняя величина биомассы популяции в рассматриваемом промежутке времени  $t$ ;

$C_t$  - улов за время  $t$ ;

$f_t$  - число промысловых усилий в интервале  $t$ ;

$\beta$  - с другой стороны,

$$N_t = N_0 - K_t \quad (19)$$

где  $K_t$  - улов, накопленный за интервал  $t$ , плюс половина улова полученного в течение этого интервала.

Подставляя в формулу (18), найдем:

$$q_t = \frac{C_t}{f_t} = \beta N_0 - \beta K_t \quad (20)$$

Из этой формулы видно, что зависимость между выловом на усилие и накопленным (суммарным) уловом носит прямолинейный характер. Следовательно, постоянные коэффициенты этой зависимости можно найти по известным статистическим формулам.

Если иметь в виду лов тралами, то за единицу численности (плотности) следует принять вылов на час траления. Для того, чтобы эта величина точнее отражала плотность популяции, необходимо вычислять ее как среднюю величину, равную сумме уловов всех траулеров, деленную на количество часов тралений в сутки рассматриваемого момента времени. Например, если лов производили так, что в течение суток тралили  $t$  часов и поймали  $C$  кг рыбы, то  $q = C/t$ , где  $t = t_i$ .

Такие данные доступны и, следовательно, можно вычислить этот параметр для любого момента времени. Но при этом следует иметь в виду, что вылов на усилие, например, на час траления, зависит не только от плотности скопления рыб, но и от уловистости трала. Поэтому, если скопление облавливают суда различных типов или различными орудиями лова, то следует ввести соответствующие поправочные коэффициенты, учитывающие различную уловистость рыболовных комплексов, или, в общем случае, стандартизировать промысловые усилия.

Заметим, что колебания величины уловов в районе промысла, которые можно проследить на основе репрезентативной выборки, отражают, в известном смысле, колебание численности рыб, но с учетом мощности рыболовных комплексов. А величина промыслового усилия в районе, выраженная по методике А. Трещева (Интенсивность рыболовства, М., "Легкая промышленность" 1983, с. 236) в единицах "обловленного водного пространства" позволяет абстрагироваться от мощности различных типов рыболовных комплексов и характеризовать обследованную среду обитания рыб.

Таким образом, показатель относительной численности плотности промысловых скоплений определяется по формуле:

$$V = SV_c t \quad (21)$$

где  $S$  - площадь сечения (горизонтальное на вертикальное раскрытие трала),  $V_c$  - скорость траления,  $t$  - время траления.

Для кошелькового и других видов лова имеются свои формулы расчета обловленных объемов, однако при определении зоны действия какого-то рыболовного комплекса, сравнение его с комплексом, зона действия

которого "известна, но отличается принципом действия и уловистостью", неправомерно.

Поэтому, в расчетах следует придерживаться правила стандартизации усилий в рамках одного способа лова, если речь идет об использовании этого метода в моделях оценки запаса; рыб по улову на усилие. При расчетах плотности скоплений это правило не столь важно, коль скоро речь идет об уловах, приходящихся на единицу объема, непосредственно, водного пространства.

Картина распределения плотности основана на гипотезе о том, что рыба находится не только в точках, где по нашим исходным данным производился лов рыбы, но и между этими точками. Следовательно, построения полей плотности производится, сканированием от одной точки лова к другой и интерполяцией значений плотности.

С помощью интерполяции нерегулярная сетка точек наблюдений преобразуется в равномерную с регулируемым масштабом, таким образом, производится превращение случайно расположенных уловов - в поле плотности скоплений, идентичное 100% учетной съемке. Чтобы получить эффект локальности от дельных косяков в скоплении, радиус интерполяции (шаг сканирования) ограничен данными о максимальной длине пробега судна при тралении в рассматриваемой выборке.

При этом исследователь всегда должен помнить, что система диалоговая и выбор интервала времени и размеров района, а также шага сканирования может быть осуществлен непосредственно при решении задачи. В этом и состоит суть анализа.

Критериями для выбора могут иногда служить какие-либо заранее известные закономерности, например, синоптический период образования и распада промысловых скоплений данного вида рыбы.

Если априорные закономерности неизвестны, можно попытаться их выявить непосредственно во время работы. Задача тогда превращается в чисто исследовательскую.

Оптимизация промысловых усилий.

Количество судов должно рассматриваться в зависимости от размеров скопления и распределения плотности рыб в нем. При этом избыток судов приводит к быстрому падению улова на усилие для каждого судна, а следовательно, к большим экономическим потерям из-за нерациональной эксплуатации флота. Но проблему эту должны решать сами участники промысла, без применения административных мер.

Недостаточное количество судов приводит к недоиспользованию сырьевой базы и падению суммарного вылова в данном районе.

В настоящее время "оптимум" устанавливается экспертным путем, в основном, по прецеденту. Желательно было бы выявить закономерности (хотя бы, эмпирические зависимости) изменения улова на усилие в зависимости от интенсивности рыболовства. Сделать это можно с помощью все той же оперативной промысловой информации. Такая попытка была предпринята в работе К. Кухаренко (Определение оптимального количества

рыбодобывающих траулеров на лове скумбрии у Северо-Западной Африки. Сборник "Атлантический океан". Рыбопромысловые исследования, выпуск 1, Калининград, 1969, с. 9-12) по данным промысла скумбрии в ЦВА еще в 1963-1964 гг.

В работе Ю. Кадильникова и др. (Оценка интенсивности вылова по фактическому промысловому усилию, развиваемому траловым флотом. Методические указания, Калининград, Атлант-НИРО, 1985, с. 42-86) также рассматривается возможность определения оптимального количества траулеров, работающих на промысловых участках ограниченного размера. Критерием оптимизации является вылов на судно за определенный период. Вводится понятие относительной эффективности, которое есть "Отношение математического ожидания вылова на одно судно в группе к математическому ожиданию вылова единственно работающего на этом участке за тот же период судна":

$$\dot{Y} = \frac{1 - \exp \left\{ -QN_{\dot{y}\dot{n}} \left[ 1 - (1 - Q)^{N_{\dot{y}\dot{n}}} \right] \right\}}{N_{\dot{y}\dot{n}} \left[ 1 - \exp(-QK) \right]}$$

где  $N_{эс}$  - количество эталонных судов за период лова;  
 $Q$  - полная уловистость рыболовных комплексов в районе;  
 $K$  - коэффициент покрытия.

При этом

$$K = \frac{V_{\dot{y}\dot{n}}}{V_{\dot{i}\dot{n}}} \quad (23)$$

где  $V_{эс}$  - объем водного пространства, обловленный за сутки одним эталонным судном;

$V_{ос}$  - объем водного пространства промыслового участка (пятна, занимаемого рыбным скоплением) за сутки.

Оптимальным количеством судов на участке или промысловом пятне считается такое, при котором значение функции относительной эффективности максимальное.

При этом необходимо помнить, что формула эффективности основана на допущении об отсутствии изменчивости (за момент времени, выбранный для анализа) поведения объекта промысла и уловистости орудий лова. Эта формула используется в системе анализа рыболовства и расчеты по ней ведутся на основе промысловой статистики.

Однако основным методом оптимизации промысловых усилий в системе является анализ временных рядов. Очень важная промысловая задача о необходимом и достаточном количестве добывающих судов на промысле может быть решена следующим образом.

Путем анализа выбирается один тип судна, являющийся как бы эталонной единицей для пересчета усилий других судов. По соотношению показателей улова на усилие производится пересчет количества различных типов в стандартные единицы выбранного эталонного типа. Затем уже можно построить эмпирическую зависимость между показателем улова на усилие (выраженном в эталонных единицах) и количеством этих единиц для ряда интервалов времени (месяц, неделя и т.п.), чтобы анализ сделать более корректным, следует производить выборку исходных данных еще и по критерию соразмерности показателей плотности промысловых скоплений, на которых работал флот. Или построить трехмерные графики с учетом этого показателя.

Далее можно производить анализ изменчивости таких показателей как улов на час траления от количества стандартизированных усилий, геометрической интенсивности лова и интенсивности вылова и т.д. Расчет всех этих характеристик с помощью массовых промысловых данных системы не представляет сложности. Сложность представляет процесс идентификации и отнесения выборок исходных данных к соответствующим конкретным объектам (скоплениям промысловых объектов, группам судов и т.п.).

Цели, подходы и методы краткосрочного прогнозирования.

Завершающей составляющей системы анализа рыболовства является краткосрочное прогнозирование промысловой обстановки, цель которого научно обоснованное предсказание районов концентрации промысловых объектов, времени образования и распада промысловых концентраций, путей миграций, глубин эффективного лова, видового состава и предполагаемых уловов с заблаговременностью от одних суток до квартала. Однако на практике этот временной интервал чаще всего не превышает естественного синоптического периода.

Если говорить о краткосрочном прогнозировании как системе то, очевидно, что оно основывается на некоторых процедурах, обеспечивающих анализ материалов, их стандартную обработку и использование методов, моделей и расчетов, реализующих само прогнозирование. Следует отметить, что в большинстве случаев на заключительной стадии формирования прогноза роль экспертов весьма значительна.

Так как работа осуществляется в контуре автоматизированной Системы, то функции анализа материалов достаточно эффективно обеспечиваются с помощью различных запросов, которые производят выборки данных из информационного фонда по заданным критериям. Эксперту же остается лишь принимать решение о дальнейшем использовании полученных данных или о их соответствии стоящим задачам. В этом случае подбор материалов и анализ может содержать несколько итераций. Отобранные исходные данные могут быть подвергнуты некоторым

процедурам предварительной обработки с использованием набора задач (программ), разработанных для этих целей, затем - процедурам анализа рыболовства.

Рассматривая полученные в результате обработки на ЭВМ данные в динамике, период за периодом, район за районом, специалист может путем анализа установить тенденции изменения плотности промысловых скоплений, сроки их распада, перемещения, а следовательно, дать научно обоснованные рекомендации по рациональному размещению промыслового флота.

Поиск аналогов в прошлых ситуациях, экстраполяция выявленных тенденций на шаг или несколько вперед дает основание для краткосрочного прогноза промысловой обстановки на заданный период времени.

Результатам такой обработки могут быть материалы для экспертов, на основе которых они непосредственно формируют прогноз, или готовят входные данные для дальнейшего использования в математических моделях. Моделей той или иной степени сложности, реализующих различные аспекты краткосрочного прогнозирования на сегодняшний день известно довольно много. Проведенный в конце 1988 г. в Мурманске Всесоюзный семинар по краткосрочному прогнозированию, достаточно подробно рассмотрел проблему и подвел итоги исследований за последние пять лет.

Информационное и программное обеспечение системы, анализа рыболовства.

Созданная в 80-е годы система центров морских биологических и промысловых данных (ЦД) фактически обозначила совершенно новый уровень возможностей работы в такой традиционной сфере деятельности, как изучение и анализ рыболовства. Несмотря на недостаточную полноту и качество исходных данных, информация, сконцентрированная в них, заложила базу для решения многих задач.

Основу баз данных ЦД его составляли три отдельных массива:

- биологическая информация, собираемая с научно-исследовательских судов;
- океанологическая информация, поступающая от научных судов отрасли и Гидрометслужбы;
- промысловая информация, поступающая ежедневно по каналам связи от добывающих судов.

Если с первыми двумя видами информации все достаточно ясно и построено на общепринятых стандартах, то ситуация с промысловой информацией оказалась сложнее. Ее внедрение потребовало значительных усилий. Поэтому важно понять, что за информация содержалась в этих донесениях и почему на ее основе можно было решать многие задачи.

Донесение с промысла (судовое суточное донесение - ССД-7) состояло из следующих показателей:

- позывной судна;
- число, месяц;
- тип орудия лова;

- вылов за сутки;
- координаты места начала каждой операции (широта, долгота);
- время начала операции;
- глубина места лова;
- длина вытравленных ваеров (количество обработанных дрейферных сетей);
- курсы траления (направление дрейфа);
- скорость траления;
- продолжительность промысловой операции;
- вылов;
- вид объекта лова (три основных вида);
- прилов.

Изначально промысловый массив создавался с целью накопления оперативной информации об уловах для отечественных и международных организаций.

Попутно возникла идея использования этих данных в целях рыбопромыслового прогнозирования и оценки состояния сырьевой базы, а позднее и мониторинга рыболовства. Поскольку эта информация содержала сведения о каждой промысловой операции (траление, замет и т. п.), была достаточно оперативной и самой массовой (из-за большого количества промысловых судов), ее значение и уникальность трудно переоценить, так как впервые в основу исследований сырьевой базы были положены наблюдения, охватывающие практически все районы океана, в которых работал отечественный флот.

В результате осуществления системных разработок появился комплекс компьютерных программ, машинных справочников (технических характеристик орудий лова, видов рыб, районов промысла и типов судов), массивов оперативных и архивных исходных данных системы, радиоканалов связи с промыслом и бассейновыми институтами.

В то время удалось реализовать следующие группы задач анализа рыболовства:

**1)** получение карт расстановки флота и таблиц, содержащих перечень участвующих типов судов, используемых способов и Орудий лова, соответствующих уловов по видам лова; карт распределения улова по глубинам с указанием частоты встречаемости на каждом горизонте лова, карт полей плотности промысловых скоплений;

**2)** оценка биомассы рыб в районе промысла методом учетной промысловой съемки и другими методами;

**3)** оценка эффективности работы флота путем оперативного отслеживания изменений фактических показателей уловов и промысловых усилий различных типов судов;

**4)** оценка работы добывающего флота путем расчета показателей интенсивности лова и вылова и варианты оптимизации.



Наиболее интересной задачей стала оценка плотности скоплений промысловых скоплений. Задача такого рода была разработана и реализована впервые. Рассмотрим подробнее алгоритм реализации расчета плотности промысловых скоплений и их распределения в пространстве. Компьютерная программа состояла из нескольких модулей:

1. Выборка исходной информации по интересующему району. Район аппроксимировался прямоугольником (задается широтой и долготой его четырех углов), а дискретность шага выборки информации по времени произвольна.

2. Распечатка карт уловов с разбивкой по квадратам в виде матрицы 10x10. Масштаб квадратов мог изменяться произвольно по запросу пользователя.

3. Построение двумерного поля с помощью метода последовательного сечения поверхностей значений величин (в данном случае, уловов и плотности скоплений) и их интерполяции.

4. Представление двумерного поля на печатающем устройстве или экране монитора. Карты строились с заданным числом градаций распределения плотностей промысловых скоплений, а градации обозначались в цифровом виде.

Программой был предусмотрен расчет средних интегральных значений плотности в данном районе за заданный период.

Задачи оптимизации промысловых усилий реализовывались в системе следующим образом. Создавались временные ряды из расчетных данных, полученных в виде таблиц эффективности работы флота. Собрать представительную выборку этих данных, можно было с помощью пакета статистических программ получить ряд эмпирических зависимостей, характеризующих изменчивость промысловых усилий и их оптимальные значения по выбранному критерию.

Главное преимущество системы обработки заключалось в том, что критерии выборки информации для ее картирования можно было задавать практически произвольно. Например: выбрать уловы трески (любого другого вида) для района ограниченного широтой ... градусов, ... минут и долготой ...градусов... минут, для промежутка времени от ...числа, ... месяца, ...года, до ...числа, ...месяца, ...года и т. п.