

Лекция 1

ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И СТРУКТУРА РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. ИССЛЕДОВАНИЯ НА УРОВНЕ ОСОБИ, ПОПУЛЯЦИИ, ИХТИОЦЕНОЗА

1. Исторический опыт рыбохозяйственных исследований в России

2. Цели, задачи и структура рыбохозяйственных исследований

3. Исследования на уровне особи, популяции, ихтиоценоза

1. Исторический опыт рыбохозяйственных исследований в России

Наша страна издавна славилась рыбными богатствами. С незапамятных времен Россия довольствовалась в основном той рыбой, которую вылавливали в реках и озерах. Задолго до покорения Астраханского ханства русские рыбаки промыслили на Волге. Казацкие вольные общины, еще до того, как они вошли в состав России, рыбачили на Днепре, Дону и Урале. Исключение составляли потомки предприимчивых новгородских ушкуйников, переселившихся несколько веков назад на берега Белого и Балтийского морей и смело бороздивших суровые просторы Севера. Лишь в XIX в. в связи с ростом потребления рыбопродуктов рыболовство начало развиваться и в морских водах России. Первыми были освоены воды, омывавшие берега Азовского моря. Улов 1822 г. в Азовских прибрежных водах составлял уже около 5,2 млн пудов и состоял в основном из красной рыбы и крупного частика. Почти одновременно росли уловы и на Балтийском море. Однако особое положение из всех рыбопромысловых водоемов занял Каспий. Это море в середине XIX века давало наибольшее количество самых ценных рыбопродуктов и всегда отличалось необыкновенным обилием красной рыбы. Уловы России в 50-х годах XIX столетия составляли около 24 млн пудов, из которых 50 % приходилось на Каспийское море. По богатству рыбой Каспий оценивали в то время в 2 раза выше, чем известный район мирового рыболовства — Ньюфаундлендские банки.

К эпохе Петра I относятся первые научные сведения о рыбах, населяющих водоемы России. Начало было положено учрежденной Петром Камчатской экспедицией, в составе которой были ученые и группа студентов. Студент (впоследствии крупный ученый, академик) С.П. Крашенинников, проработавший на Камчатке 4 года, дал первые научные описания рыб, населявших этот регион. Участник 2-й камчатской экспедиции зоолог Г.В. Стеллер провел исследования морских млекопитающих.

В годы правления Екатерины II (1768 г.) начала работать Большая академическая экспедиция, которой было поручено изучение природы и ресурсов в малоизвестных и окраинных частях Российской империи. Основные работы экспедиции проходили на значительной части юго-востока России, включая Астраханский край. Участие в ней приняли ученые, имена большинства которых хорошо известны и сегодня. Это

С.Г. Гмелин, описавший ихтиофауну и характер рыболовства у Астрахани, И.А. Гюльденштедт, составивший описание рыб озера Ильмень и ряда других озер северо-запада страны, а также рыбного населения Волги, Терека, Буга, Днепра. И.Г. Георги продолжил исследования И. Фалька и оставил описание рыб и рыбных промыслов Байкала, список рыб Камы и Волги. И.И. Лепехину принадлежит подробное описание рыбных промыслов на Волге, рыболовства и зверобойных промыслов в Белом море и на Новой Земле, рыбных промыслов на реках Обь и Северная Двина. Большой след в науке оставили труды П.С. Далласа, осуществившего в 1768-1773 гг. исследования на Волге, Урале, Тереке, Иртыше, Оби, Енисее, некоторых притоках Амура. В них содержатся и сведения о рыболовстве, описания некоторых рыб.

В конце XVIII — начале XIX в. вопросы, связанные с организацией рыболовства, изучал Н.Я. Озерецковский (озера Ладожское, Онежское, Селигер, Плещеево, Волга у Астрахани, Мурман в районе Колы). И.Ф. Брандт занимался осетровыми, Э.И. Эйхвальд исследовал фауну Черного и Каспийского морей, А.Д. Нордман описал рыб бассейна Черного моря и издал их атлас.

Процессы коммерциализации рыбных промыслов, рост населения привели к усилению пресса на рыбные запасы. Погоня за высокой прибылью в ряде случаев приводила к перелову тех или иных промысловых видов при использовании способов и орудий практически тотального их облова. На этом фоне и естественные колебания численности (фаза снижения), свойственные многим рыбам, начали тоже приписывать перелову. Это беспокоило местные власти, рыбопромышленников, не говоря уже о населении, и служило поводом для обращений в Правительство. Одно из таких обращений явилось побудительной причиной для принятия Министерством государственных имуществ Российской империи решения, реализация которого в итоге позволила выполнить комплексные широкомасштабные исследования рыболовства, его сырьевой базы на огромных пространствах России, опубликовать их результаты в серии томов под общим названием «Исследования о состоянии рыболовства в России».

После достаточно оперативно проведенных обсуждений и согласований начальником Комиссии для «ученого исследования Чудского и Балтийского рыболовства» был назначен крупнейший натуралист, академик Императорской академии наук Карл Максимович Бэр. В помощь ему были назначены чиновник Министерства государственных имуществ кандидат наук экономист Александр Карлович Шульц, а также делегированные представители Петербургской (г. Лазаревский), Лифляндской (бар. Ферзен) и Псковской (г. Креницын) губерний.

Весной этого же года Комиссия приступила к своим работам на Чудском озере, и первый отчет появился уже в мае. В 1851 и 1852 г. это озеро обследовалось 4 раза, был совершен объезд всего его побережья, посещены острова. Исследования были сосредоточены в трех основных

направлениях — ихтиологическом, промыслово-статистическом, орудия и методы лова, обогащение местной ихтиофауны путем пересадок и акклиматизаций. Разрабатывая план рыбохозяйственных исследований на Чудском озере, К. М. Бэр руководствовался только своим огромным опытом натуралиста, поскольку никто из его предшественников не занимался изучением проблем рыболовства во всем их многообразии и взаимосвязанности.

Следующий крупный этап в истории научно-промысловых исследований в России связан с исследованиями азовского и черноморского рыболовства, которые начались в 1862 г. под руководством Н.Я. Данилевского. В состав научной группы входили А.К. Шульц, П.А. Межаков, И.Н. Никитин, Г. Гильельми. Работы на морях проводились осенью 1863 г. и в течение 1864 г. Были собраны и подвергнуты тщательному анализу все исторически сложившиеся в этом регионе промыслы: кубанское, донское, азовское морское, днепровское и днестровское, черноморское морское (включая устья Дуная, Риона и др. рек) рыболовства.

Заключительный этап научно-промысловой экспедиции проходил на крупных и средних озерах, выбранных в качестве типичных по рыбопродуктивности и промысловому значению. Руководителем этих исследований был Н.Я. Данилевский. Их итоги вместе с общими выводами, касающимися основ рационального рыболовства, опубликованы в IX (заключительном) томе «Исследований...», вышедшем из печати в 1875 г. с подзаголовком «Описание рыболовства в северо-западных озерах». Работы на озерах были завершены в 1870 г. Н.Я. Данилевский разделил выбранные для изучения озера на две группы: глубокие — с относительно малой рыбопродуктивностью, но с весьма ценными видами рыб (Онежское, часть Ладожского и некоторые другие озера северо-запада), и мелкие — с высокой рыбопродуктивностью, но со сравнительно дешевыми рыбами (Ильмень, Белое, Чаранда, Лача, южная мелкая часть Ладоги). Он отмечает, что характер рыболовства на этих водоемах чрезвычайно разнообразный, часто существенно различающийся от одной деревни к другой.

Новый этап в развитии научно-промысловых исследований в России связан с именем Н.М. Книповича и Экспедицией для научно-промысловых исследований у берегов Мурмана (1898-1899 гг.). В отличие от экспедиции Бэра—Данилевского, посвятившей основное внимание внутренним водоемам и южным морям, Мурманская экспедиция впервые провела исследования в открытом море, которое в те годы именовали Мурманским или Ледовитым океаном. Этой экспедиции предстояло решить вопрос — связаны ли периоды низкой эффективности мурманских тресковых промыслов с общей низкой численностью трески в море, или же главная причина кроется в факторе распределения рыбы.

Для проведения морских исследований для нужд экспедиции было куплено и оборудовано парусное промысловое судно «Помор» и по специальному проекту построен пароход «Андрей Первозванный»,

снабженный траловой лебедкой промыслового типа. «Андрей Первозванный» был не только первым научным судном в России, но и первым в мире специально построенным для научно-промысловых исследований судном.

Участие России в работах Международного совета по исследованию моря (О.А. Гримм и Н.М. Книпович) предусматривало, кроме прочего, выполнение научно- промысловых исследований в определенном районе Балтийского моря. В 1908 г. для этих целей был выделен военный транспорт «Компас». Были проведены работы в открытой Балтике, Финском и Рижском заливах. Изучалась промысловая ихтиофауна, основы био- и рыбопродуктивности Балтики. Руководил экспедицией О.А. Гримм, ее участниками были Е.К. Суворов, И.Н. Арнольд, А.А. Лебединцев. В 1912 и 1913г. были опубликованы два выпуска «Трудов Балтийской экспедиции». В 1908 г. работы на Балтике проводились также под руководством Н. М. Книповича. В годы перед Первой мировой войной были проведены научно-промысловые экспедиции в низовья Волги, Псковская научно-промысловая экспедиция (И.Д. Кузнецов, И.Н. Арнольд, А.А. Лебединцев). Научно-промысловые исследования на Дальнем Востоке начались значительно позже, чем в западных районах Российской империи. В 1899 г. Приамурское управление государственными имуществами поручило В.К. Бражникову, который заведовал рыбными промыслами, организовать научно-промысловые исследования в Амурском лимане и прилегающих морских водах. На паровой шхуне «Сторож» и парусной яхте «Касатка» с 1899 по 1902 г. В.К. Бражников провел исследования гидрологических условий, промысловых рыб и промыслов и в 1904 г. опубликовал результаты в книге «Рыбные промыслы Дальнего Востока».

В 1900-1901 гг. на Дальнем Востоке работала Корейско-Сахалинская экспедиция Русского географического общества. Участник этой экспедиции П.Ю. Шмидт, изучавший морскую фауну, опубликовал монографию «Рыбы восточных морей Российской империи». Книга была не только зоологическим описанием, но и содержала сведения об условиях существования рыб.

В.К. Солдатов, имевший шестилетний опыт работы в Мурманской экспедиции, в 1909—1913 гг. по поручению Департамента земледелия провел научно- промысловые исследования на реке Амур. Необходимость в таких исследованиях была вызвана потребностью в научных знаниях для регулирования, быстро развивавшегося промысла лососей.

После окончания Второй мировой войны был взят курс на широкое развитие морского и океанического рыболовства. Первым важным этапом на этом пути были научно-промысловые исследования, направленные на создание научных основ организации крупномасштабного промысла сельди в Гренландском и Норвежском морях. Затем состоялись экспедиции в Северо-Западную Атлантику, в приафриканские районы, к Гренландии, в Берингово море и Тихий океан, в приантарктические воды, к Южной Америке, в открытые воды океанов. В традиционных районах промысла был налажен систематический научно-промысловый мониторинг.

Научные исследования в Волжско-Камском крае имеют давние и глубокие корни и связаны с именами известных ученых, таких как Э.А. Эверсманн, М.Н. Богданов, Н.А. Ливанов, внесших огромный вклад в развитие науки России. На протяжении более чем 100 лет в Татарстане формировалась ихтиологическая школа, известная многими именами и своими научными достижениями. Начало научных исследований ихтиофауны водоемов Казанской губернии положили Н.А. Варпаховский (1856) и Л.С. Берг.

Л.С. Берг в течение нескольких лет был смотрителем рыболовства в Казанской губернии и внес существенный вклад в исследования рыбного населения края. Особое внимание он уделял осетровым рыбам.

В 1931 г. в Татарии была основана рыбохозяйственная станция, впоследствии переименованная в Татарское отделение ГосНИОРХ. Организатором и первым директором отделения был А.В. Лукин. Особое значение имела его работа «Основные черты экологии осетровых в средней Волге», кроме того, в работе приводятся данные о биологии многих промысловых рыб Средней Волги. До образования Куйбышевского водохранилища в предполагаемой зоне затопления были проведены гидробиологические и ихтиологические исследования, позволившие определить состояние кормовой базы и ихтиофауны водоема, выяснить условия и перспективы существования рыб.

Был уточнен видовой состав рыб, обитающих в Средней Волге. В последние годы XX—XXI вв. отечественная рыбохозяйственная наука и промысловые разведки (впервые они появились еще в довоенное время) выполнили беспрецедентную по масштабам работу в области изучения биологических ресурсов и среды их обитания в морях и океанах планеты. Многие виды рыб и других водных обитателей разных «этажей» водной толщи, дотоле неизвестные нашим рыбакам, получили в те годы статус промысловых. Эти исследования внесли неоценимый вклад в отечественную и мировую науку, подняли на новый уровень теорию и практику отечественных научно-промысловых работ, в немалой степени способствовали превращению страны в ведущую рыболовную державу.

2. Цели, задачи и структура рыбохозяйственных исследований

Цель данной дисциплины - ознакомление с методами сбора и первичной обработки ихтиологических материалов, на базе которых строится весь последующий процесс анализа и принятия рыбохозяйственных, а также экологических решений.

Задачи дисциплины:

- формирование целостного представления о целях и задачах рыбохозяйственного исследования водоемов;
- овладение методами изучения: возраста и роста рыб, половой и репродуктивной структуры, размерно-возрастной структуры стад рыб, размножения, миграций, питания и пищевых отношений рыб, внутривидовой структуры рыб;

- овладение методами оценки численности рыб в водоемах;
- методами сбора рыбопромысловой статистики, промысловой разведки, а также составление промысловых карт и промысловых прогнозов.

Рыболовство во внутренних водоемах и в открытых морях являлось приоритетным направлением рыбохозяйственной деятельности в России с давних пор. Оно давало основной объем производства рыбной продукции. Поэтому сюда направлялись огромные инвестиции, на научное обеспечение рыболовства был с ориентирован лучший научный потенциал. Огромный вклад в многолетние рыбохозяйственные исследования внесли К.М. Бер и Н.Я. Данилевский, К.Ф. Кесслер, Н.М. Книпович и др. Изучением внутренних морей, крупных озер и речных систем занимались созданные в то время Севастопольская биологическая станция (1879 г.), Астраханская ихтиологическая лаборатория (1904 г.), Сибирская ихтиологическая лаборатория (1908 г.), Закавказская научно-промысловая станция (1912 г.), Амурская ихтиологическая станция (1915 г.) и другие. Еще большее внимание научному обеспечению рыболовства стали уделять, в послереволюционный период, когда были организованы такие научно-исследовательские институты как ВНИРО, ГосНИОРХ, ТИНРО, ПИНРО и другие.

Временем наибольшего расцвета отечественной рыбохозяйственной науки следует считать советский период. Многочисленные научно-исследовательские организации и конструкторские бюро занимались всеми возможными аспектами деятельности рыбопромышленного комплекса Советского Союза. Огромную ценность представляют полученные в то время научные разработки в области искусственного воспроизводства гидробионтов. Наиболее впечатляющие результаты были достигнуты в осетровом хозяйстве. Выведенные породы карпа - наиболее массового объекта товарного выращивания у нас в стране - позволили увеличить продуктивность прудовых хозяйств.

До административной реформы 2004 г. большинство научно-исследовательских институтов, оставленных в государственной собственности и изучающих различные аспекты рыбного хозяйства, курировал Государственный комитет Российской Федерации по рыболовству (Госкомрыболовство). Ведомственная принадлежность объединяла 16 федеральных государственных предприятий, основу деятельности которых определяют научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР). Вместе с филиалами и одним государственным учреждением в ведении Госкомрыболовства России находилось 25 специализированных научных подразделений. Кроме того, в НИОКР принимали участие ученые, работающие в отраслевых и других ВУЗах, а также в институтах Российской академии наук (РАН). После ликвидации Госкомрыболовства рыбохозяйственные научно-исследовательские институты переданы в ведение Федерального агентства по рыболовству. Дополнительно в 2004-2005 гг. туда переведено управление еще несколькими прикладными институтами,

специализированными на изучении водных биоресурсов (ГосНИОРХ, Госрыбцентр и др.). Ранее эти организации курировало Министерство сельского хозяйства Российской Федерации.

В современных условиях наблюдается значительное усложнение задач, стоящих перед рыбохозяйственной наукой. От простого описания особенностей биологии различных видов рыб, характеристики гидрологического и гидрохимического режима водоемов, состояния кормовой базы, происходит переход к управлению биологическими ресурсами водоемов. Под управлением понимается совокупность действий, направленных на сохранение текущего состояния сырьевой базы, его поддержания или изменения в нужном направлении.

Рыбохозяйственные исследования направлены на информационное обеспечение управления биологическими ресурсами водоемов, они имеют весьма специфический характер, т.к. учитывают не только биологические, но и небиологические компоненты экосистем, в том числе, антропогенные. Сложившаяся методика организации исследования рыбохозяйственных водоемов может быть описана как: 1) изучение абиотической компоненты (гидрологические и гидрохимические исследования), 2) исследование биоты (гидробиологические исследования, как правило, отдельно от рыбного населения), 3) собственно ихтиологические исследования, включающие исследование различных биологических параметров популяций рыб.

3. Исследования на уровне особи, популяции, ихтиоценоза

Обследование водоема можно подразделить на два этапа: паспортизация и бонитировка. Паспортизация - это первоначально собранные сведения о водоеме, не связанные с длительными исследованиями и основывающиеся на сборе информации как у предприятий, так и частных лиц.

Бонитировочные исследования - это комплекс работ, включающий сведения о климатических условиях, характере почв водосборной площади, морфометрических показателях, характере водного баланса, химическом составе воды, уровнях первичной и вторичной продукции, т.е. требуется провести комплексное исследование водоема, но более углубленно. Для проведения этих работ требуются материалы, собранные на водоеме в течение года.

1. Общая характеристика региона, в котором расположен водоем. Название водоема, зона рыбоводства, тип водоема (озеро, пруд, карьер, водохранилище и т.д.), характер использования водоема (рыбохозяйственное, узкоцелевое, питьевое, многоцелевое назначение), название прилегающих к водоему населенных пунктов, возможность обеспечения хозяйства обслуживающим персоналом, наличие подъездных путей, линий электропередач, развитие браконьерства и спрос на рыбную продукцию в данной местности. Необходимо снять копию карты местности, где находится водоем, в районном отделе землеустройства. Если водоем

расположен в окружении агроценозов, необходим сбор данных о преимущественных посадках культур на прилегающих к водоему полях и технологии их обработки.

2. Характеристика климата района и определение ландшафтной зоны.

Определение годового температурного режима водоема (по данным ближайшей метеостанции). Определение ландшафтной зоны водоема.

3. Характеристика водоема.

Морфологическая характеристика водоема (площадь, глубина, объем, места облова рыбы и т.д.).

4. Гидрологический режим.

Наличие течения, водообмен, притоки, истоки, уровенный режим и т.д.

5. Гидрохимическая характеристика водоема.

Обратить внимание на показатели, которые не укладываются в нормативы качества воды для выращивания рыбы.

6. Характеристика токсикологического состояния водоёма. Обратить внимание на наихудшие значения показателей.

7. Гидробиологические характеристики водоема.

Определить естественную кормовую базу (бентос, зоопланктон), зарастаемость водоёма высшей водной растительностью, наличие хищных водных млекопитающих, рыбоядных птиц.

8. Рыбное население водоёма.

Определить виды и возраст рыбного сообщества, промысел, наличие рыболовных работ на водоёме.

9. Прогноз рыбопродуктивности.

На основе выполненных работ делается прогноз рыбопродуктивности данного водоёма.

В результате анализа собранного материала делается вывод о пригодности водоёма для рыбохозяйственных целей. Определяют стратегические и тактические планы по повышению рыбопродуктивности водоёма и проводят расчет рентабельности рыбной отрасли.

Исследование рыбохозяйственного водоема невозможно без гидробиологических исследований. Животные и растения, обитающие в водоемах, в результате обмена веществ оказывают сильное влияние на состояние водоема и свойств воды.

Фитопланктон наиболее распространенная и хорошо изученная из всех экологических групп водорослей. Состав фитопланктона имеет большую видовую насыщенность. Анализ видового состава, обилия и количественного развития видов фитопланктона входят во все программы экологического мониторинга водоемов. Изучение фитопланктона водоемов производится путем сбора проб на установленных станциях. Для определения видового состава фитопланктона из пробы на предметное стекло наносится капля материала, закрывается покровным стеклом и анализируется под микроскопом. Идентификация видов осуществляется с помощью определителя.

Сине-зеленые водоросли - прокариотические организмы, встречаются

повсеместно и могут обитать в таких экстремальных биотопах, как горячие источники и каменистые пустыни. Некоторые виды сине-зеленых водорослей могут вызвать токсичное "цветение" в эвтрофированных местообитаниях, представляющие опасность для человека и домашнего скота.

Диатомовые водоросли - микроскопические организмы, встречаются во всех видах вод. Образуют основную массу состава продуцентов в водоеме, они являются началом пищевой цепи. Их поедают беспозвоночные животные, некоторые рыбы и молодь. Массовое развитие некоторых диатомовых водорослей может иметь и отрицательные последствия (вливают на качество воды, вызывают гибель личинок рыб, забивая им жабры). Многие диатомеи можно использовать как индикаторы качества воды водоема.

Зеленые водоросли - один из самых обширных отделов водорослей, в котором имеются все известные у водорослей структуры, кроме амeboидной и тканевой.

Эвгленовые водоросли - распространены исключительно в пресных водоемах, богаты органическими веществами, в клетках содержат многочисленные кроваво-красные гранулы. При массовом развитии эти виды образуют на поверхности воды налет: красный - на солнечном свете, зеленый в тени или после захода солнца, некоторые виды вызывают "цветение" воды, окрашивая ее в коричневый цвет.

Золотистые водоросли - преимущественно пресноводные водоросли, чаще всего встречаются в чистых водоемах. Обычно они развиваются в холодное время года.

Динофитовые водоросли - существуют в пресных водах и в морях. Среди них существуют паразиты которые уничтожают личинок устриц, есть виды, вырабатывающие яд, смертельный для рыб. Кроме, того разлагаясь после своего массового развития, так называемых "красных приливов", они могут отравлять воду на многие километры вредными продуктами распада, вызывая замор рыбы и других водных животных.

Желто-зеленые водоросли - большинство видов пресноводные, широко распространены в различных местообитаниях.

Количественный анализ фитопланктона. В реках и на мелководьях воду зачерпывают с поверхности в объеме 0,5-1,0 л. Наиболее распространенными методами концентрирования фитопланктона является осаждение и метод фильтрации через мелкопористые мембранные фильтры. При осадочном методе пробу воды помещают в 0,5 - 1,0 литровые бутылки и консервируют их фиксатором. Через 3-4 дня отстаивания пробы в темноте воду над осевшим осадком осторожно по каплям сливают, за 2-3 дня до количественной обработки пробы разливают в мерные цилиндры и после отстаивания их в темноте доводят объем до 5-10 см³. Затем пробу переносят без потерь в пенициллиновые склянки и фиксируют 1-2 каплями 40 % формалина. Метод фильтрация проб осуществляется под слабым вакуумом в специальной воронке, укрепленной на колбе Бунзена. Для

фильтрации применяют мембранные фильтры. Проба не менее чем за 30 минут до фильтрации консервируется 5-10 каплями формалина. Фильтр, вставленный в воронку, смачивают несколькими каплями дистиллированной воды. Пробу тщательно встряхивают и фильтруют через фильтр, при минимальном разрежении. Фильтрацию прекращают, когда воды над осадком уже нет, но поверхность фильтра еще влажная. Фильтр с осадком помещают в склянки из-под пенициллина, куда добавляют пипеткой 5-10 см³ фильтрата. Затем осадок с фильтра счищают мягкой кисточкой, и проба консервируется.

При подсчете численности водорослей используют счетные камеры Нажотта и др. Камеру закрывают покровным стеклом и после оседания водорослей на дно проводят определение и подсчет всех обнаруженных видов водорослей, проводят измерение размеров их клеток для последующего вычисления биомассы. Найденный для каждой клетки объем (в мкм³) умножают на ее численность (в тысячах клеток на литр) и получают значение биомассы в мг/л или г/м³ воды. Зоопланктонное сообщество может служить хорошим показателем условий среды и качества воды водоемов.

Все разнообразие методов сбора зоопланктона сводится к двум вариантам:

1) методы, представляющие комбинацию водозачерпывания и одновременного отделения планктона от воды в самом водоеме, что осуществляется с помощью планктонных сетей и планктоночерпателей;

2) методы, представляющие комбинацию отдельного водозачерпывания и последующего отделения планктона от воды, что осуществляется или с помощью фильтрации, доставленной на поверхность воды через сетку, или посредством отстаивания.

Лекция 2

МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ ВОДОЕМОВ

1. Рыбохозяйственное районирование водоемов

2. Топографические параметры водоема

3. Гидрологические параметры водоемов

1. Рыбохозяйственное районирование водоемов

Любой рыбохозяйственный водоем не однороден, в нем могут выделяться участки, различающиеся:

- морфологическими особенностями;
- биологической продуктивностью;
- возможностью ведения промысла теми или иными орудиями лова;
- принадлежностью к определенным административным территориям и контролироваться различными службами или подразделениями природоохранных и иных организаций.

Следовательно, для характеристики водоема в первую очередь должно быть проведено его районирование путем деления на некоторые относительно однородные части.

В настоящее время применяется несколько подходов к районированию рыбохозяйственных водоемов. В мировом океане районирование осуществляется по признакам сходства климатических и гидрологических условий, характера продукционных процессов, видового состава ихтиофауны и уловов, а также международно-правовой ситуации.

Первый подход представляет собой районирование как метод анализа информации о водном объекте. Он охватывает природопользовательский, геоморфологический и экологический аспекты.

Второй подход следует рассматривать как метод изучения водного объекта и управления им. Он должен базироваться на следующих принципах.

Первый принцип – районирование как системная основа организации сбора первичной рыбохозяйственной информации. Он заключается в том, что разбивка рыбохозяйственного водоема на отдельные части должна обеспечивать возможность проведения всех видов рыбохозяйственного исследования водоема в виде иерархической структуры отдельных зон.

Второй принцип – соответствие сложившейся территориально – административной схемы контроля за рыбохозяйственным водоемом и управления им.

Третий принцип – обеспечение унификации методов анализа рыбохозяйственной информации – означает, что система рыбохозяйственного районирования должна быть: а) применима к любым типам внутренних водоемов и б) использовать единое программно-методическое обеспечение.

В общем виде схема районирования внутренних водоемов может быть описана так:

1. Рассматривается рыбохозяйственный водоем, который характеризуется определенными параметрами (тип водоема, площадь, глубина, скорость течения, зоны, доступные для лова различными типами орудий лова и т. п.), оказывающими то или иное воздействие на интенсивность и эффективность рыболовства, а также составом фауны и продуктивностью.

2. Водоем подразделяется на промысловые районы, границы которых определяются административной принадлежностью или морфологическими особенностями и часто закрепляются за определенными пользователями.

Промысловый район – часть акватории водоемов, находящаяся в пределах одного административно-территориального региона или входящая в зону контроля одного подразделения рыбоохраны. В зависимости от величины водоема за нижний уровень градации территории может быть принята страна, область, район. Это наименьшая единица акватории водоема, для которой в соответствующем порядке может устанавливаться квота на вылов.

3. Промысловые районы делятся на более мелкие зоны, которые в настоящее время не имеют единого наименования. В Балтийском море для таких зон принято название «квадрат». Размеры каждого квадрата стандартны и составляют 10X10 миль. Во внутренних водоемах используется термин «промысловый (рыбоводный) участок», причем промысловые участки, как правило, охватывают лишь прибрежную зону, но зато имеют четкие ориентиры границ по береговой черте. Данная градация необходима для осуществления «привязки» к конкретному месту проведения лова.

4. Помимо контроля за рыболовством, на рыбохозяйственных водоемах различными организациями проводятся наблюдения за определенными параметрами. С целью идентификации места наблюдения вводится понятие «станция». На внутренних водоемах положение станции определяется с помощью каких-либо ориентиров на местности, в морях – по координатам. Станции могут быть как стандартные, когда на них в определенные сроки и по определенной программе проводятся наблюдения, так и случайные. Станция является низшим уровнем иерархии в структуре рыбохозяйственного водоема.

2. Топографические параметры водоема

Топографические параметры характеризуются тем, что, с одной стороны, не имеют численного выражения, а с другой – не могут быть непосредственно измерены. Большинство из них определяются на основе анализа совокупности параметров и являются результатом экспертной оценки. К числу таких параметров можно отнести:

- тип водоема;
- его положение;
- принадлежность к бассейну;
- рыболовный статус;
- рыбохозяйственная категория;

- характер использования;
- сапробность;
- трофность;
- рыбохозяйственный статус.

Тип водоема – в интегрированном виде определяет морфологические, гидрологические и, в ряде случаев, гидрохимические показатели. Признак типа существует только на уровне водоема и для районов, квадратов и участков не применяется. Выделяются следующие типы водоемов. Тип водоема – это море, залив, озеро, болото, пруд, водохранилище, река, канал. Каждый тип водоема может обладать некоторым специфическими параметрами. Так, для водостоков принята оценка скоростей течения, расходов, объема и модуля стока, для водохранилищ – кратности водообмена, сработка уровня и т.д.

Положение водоема характеризуется тремя взаимосвязанными показателями: списком стран, где расположен водоем, регионов, районов. Для некоторых водоемов может использоваться привязка к населенному пункту. Территориальная принадлежность водоема, промыслового района и станции определяются месторасположением соответствующих им промысловых участков. Таким образом, территория, к которой относится водоем, будет определяться совокупностью территорий, на которых находятся его промысловые участки. В целях определения абсолютного положения водоема применяется указание координат его крайних точек.

Бассейн. Понятие бассейна, принятое для определения принадлежности водоема к той или иной водной системе. Например, Куйбышевское и Нижнекамское водохранилище и их притоки относятся к Средневолжскому бассейну, все водоемы Калининградской области относятся к бассейну Балтийского моря. В этой связи представляется целесообразным для характеристики гидрологической сети применить специальный термин – «главный водоем». Под главным следует понимать водоем, в который рассматриваемый водоем либо впадает, либо соединяется. Этот принцип легко позволяет описать характер соподчиненности всех водоемов региона.

Рыболовный статус водоема идентифицирует характер его использования для целей ведения рыболовства. С этой точки зрения можно выделить следующие типы водоемов, которые определяются соответствующими нормативными документами:

- промысловый - промысел осуществляется зарегистрированными юридическими лицами – пользователями рыбных ресурсов;
- любительский - лов ведется физическими лицами;
- рыбоводный - осуществляется рыбоводство по типу озерного товарного хозяйства или культурного товарного хозяйства;
- товарный - водоем используется для целей товарного рыбоводства, промысел запрещен;
- непромысловый - водоем не используется ни для рыболовства или рыбоводства, хотя может иметь значение для естественного воспроизводства;

-охраняемый - водоем является охраняемой территорией, на которой рыболовство запрещено.

Категория водоема – параметр, который показывает его значимость с точки зрения воспроизводства ценных видов рыб. Выделяются три категории рыбохозяйственных водоемов:

- высшая – водоем имеет значение для воспроизводства лососевых и осетровых;

- первая – в водоеме осуществляется воспроизводство ценных и охраняемых видов рыб;

- вторая – прочие водоемы.

Характер использования водоема. Системный подход к анализу рыбохозяйственной информации обуславливает необходимость принимать во внимание любые факторы, которые воздействуют или могут воздействовать на функционирование рыбохозяйственной системы. Одним из способов решения этой задачи является идентификация характера использования водоема. Согласно водному кодексу РФ под использованием водных объектов понимается полученная различными способами польза от них для удовлетворения материальных и иных потребностей граждан и юридических лиц. Выделяется 16 видов водопользования, которые, если рассматривать их с учетом предложенной схемы районирования, могут относиться к различным уровням иерархии, но самым низшим будет уровень промыслового квадрата или участка.

Виды водоиспользования: гидроэнергетика, добыча полезных ископаемых, лесосплав, лечебное, охотничье хозяйство, питьевое водоснабжение, пожарное назначение, промышленное и энергетическое, резервное питьевое, рыбохозяйственное, сброс сточных и дренажных вод, сельскохозяйственное и лесное, транспорт, хозяйственно-бытовое водоснабжение, социально-культурное, эталонное (заказники, заповедники)

Параметрами «сапробность», «трофность», «рыбохозяйственный статус» принято характеризовать в интегрированном виде экологическое состояние водоема, особенности продукционных процессов, оказывающих влияние на видовую структуру ихтиофауны.

Сапробность – свойство организма, обуславливающее его способность обитать в воде с разным содержанием органических веществ.

Трофность – характеристика почвы водоема.

3. Гидрологические параметры водоемов

Задача гидрологических исследований на водоеме состоит в сборе фактического материала и в осуществлении промерных работ. В состав работ по исследованию реки, озера или пруда могут входить:

- 1) промеры ширины и глубин реки для определения ее живого сечения;
- 2) построение поперечного профиля реки;
- 3) составление батиметрического плана дна;
- 4) измерение скорости течения воды;
- 5) описание элементов речной долины (пойма, террасы, склоны) и

местности, прилегающей к долине реки.

Промеры глубин. Промерные работы на водоеме производятся для выяснения рельефа дна. На основании полученных результатов могут быть вычислены ширина и глубина реки, площадь водного сечения. Повторные промеры, проведенные через промежуток времени, позволяют судить о деформации русла реки или чаши озера. При малых глубинах водоема для промерных работ используют водомерные рейки (деревянные, пластмассовые, металлические) с ценой деления 1 см. При больших глубинах применяют ручной лот, который представляет собой груз цилиндрической формы весом от 2 до 5 кг, прикрепленный к лотлиню, т.е. к размеченному шнуру или тросу.

Измерение глубин всегда сопровождается определением местоположения промерных точек в плане. На малых реках наиболее распространенным способом исследования рельефа дна является русловая съемка по поперечным створам с определением положения промерных точек с помощью размеченного троса.

Для точного определения местоположения поперечных створов относительно береговой линии, вдоль реки, ближе к берегу, разбивают магистраль, которая на исследуемом участке может иметь вид прямой или ломаной линии. Азимут магистрали (угол между направлением на север и направлением магистрали) и углы ее поворота можно определить буссолью или компасом. Перпендикулярно магистрали определяют положение поперечных створов, что закрепляется вешками на двух берегах. Промеры глубин производятся по поперечным створам реки через равные расстояния. Число промеров зависит от ширины русла. При ширине русла реки до 10 м промерные точки назначаются через 0,25-0,5 м, при ширине до 20 м — через 0,5-1,0 м и т. д.

На каждом створе для проведения промерных работ натягивают размеченный трос (шнур). Нулевую метку на размеченном тросе совмещают с точкой, принятой за постоянное начало или урезом воды правого (левого) берега. Под урезом понимается точка соприкосновения берега с поверхностью воды. После этого лот опускается до соприкосновения груза с дном и производится одновременный отсчет по лотлиню. Для точности измерений рекомендуется производить промеры глубин в два хода: прямой и обратный. Результаты измерений записываются в «Промерную книжку».

По результатам промерных работ составляется план русла в изобатах, т.е. батиметрический план участка реки и строятся поперечные профили реки на каждом створе.

План участка русла реки в изобатах. Для начала необходимо выбрать масштаб плана, например, 1:100, 1:200, 1:500 и др. На листе указать, направление север-юг и нанести магистраль в соответствии с ее азимутом. Перпендикулярно магистрали нанести створы, в створах отметить урезы и по ним провести береговую линию. По линии створа проставить промерные точки и около них выписать соответствующие глубины в метрах. По отметкам глубин на плане провести линии равных глубин или так

называемые изобаты.

Построение поперечного профиля реки. На основании результатов промера глубин и учитывая положение последних вдоль створов, нетрудно построить поперечный профиль и рассчитать площадь живого сечения реки. Для этого необходимо на профиле указать название реки, место профиля, дату промеров, а также номера промерных точек, расстояние от уреза воды, глубины. Для определения площади живого сечения реки (ω) сначала вычисляют площадь между всеми смежными промерными вертикалями по формуле:

$$\omega = \frac{H_1 + H_{i+1}}{2} \cdot b, \text{ где}$$

2

$H_1 + H_{i+1}$ – глубины на смежных вертикалях, включая урезы берега, b – расстояние между промерными вертикалями, м

Измерение скорости течения воды. Измерения скорости течения реки возможно осуществить двумя способами: гидрометрической вертушкой и поверхностными поплавками. Наиболее простейшей и доступный является второй способ. Для этого используются специальные деревянные кружки диаметром 10-15 см. Недостатком измерения является то, что определяется только поверхностная скорость, а она обычно больше средней скорости.

Описание элементов речной долины и местности, прилегающей к долине реки. Долиной реки называется относительно узкое вытянутое в длину, чаще извилистое, углубление земной поверхности, по которой протекает река.

К элементам долины можно отнести: дно долины, пойма, меженое русло, бровки склона, склоны долины, подошва склона, террасы.

По форме поперечного профиля различают следующие типы речных долин: щель или каньон, ущелье, V-образная долина, корытообразная долина, трапециевидная долина, ящикообразная долина, неясно выраженная долина.

Описание речной долины ведется по отдельным поперечным профилям. Описывая пойму, необходимо отметить в полевом дневнике по возможности все значительные её расширения и сужения, положение относительно реки, обычную и наибольшую ширину разлива, степень кочковатости, пересечения ручьями, староречьями. Необходимо дать сжатое описание значительным по размерам впадинам, старицам, болотам, холмам, охарактеризовать растительность, грунт, проходимость.

По характеру растительности и степени увлажнения пойма различается: луговая или открытая, кустарниковая или залесенная, лесная или закрытая, сухая и заболоченная. Кроме этого, пойма может быть односторонняя и двусторонняя, т.е. располагается на одном или обоих берегах.

Рельеф по форме бывает плоский, волнистый, холмистый, грядовый, горный. Выделяют положительные (гора, холм, бугор, вал, гряда, грива, хребет) и отрицательные (котловина, долина, балка, овраг, ложбина, промоины, рывины, западина, яма, канава, воронка) формы рельефа.

При описании отдельных форм рельефа необходимо учитывать следующие данные: размер (относительная высота, глубина, длина, ширина), направление или вытянутость, характер склонов, крутизна, наличие уступов, характер перехода одной формы рельефа к другой.

Описывая территорию, прилегающую к речной долине, необходимо кратко описать растительность местности с подразделением на типы: лес, кустарник, луг, болото, сельскохозяйственные угодья; грунты характеризуются как глинистый, суглинистый, песчаный, хрящеватый, торфянистый, скальный.

Лекция 3

МЕТОДЫ СБОРА ИХТИОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ. ОРУДИЯ РЫБОЛОВСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ СБОРА ИХТИОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

1. Рыболовный промысел. Классификация орудий рыболовства

2. Параметры рыболовства: параметры орудий лова и параметры промысла

1. Рыболовный промысел. Классификация орудий рыболовства

В отличие от других биологических или экологических исследований, специфика рыбохозяйственных наблюдений заключается в том, что в подавляющем большинстве случаев все они имеют один источник информации — улов, а цель исследования — оптимизация уловов. Следовательно, вся структура наблюдений должна базироваться именно на анализе уловов (промысловых, контрольных, экспериментальных и т.д.), остальные источники информации являются вспомогательными, хотя и важными.

В морских и внутренних водоемах видовой состав промысловых уловов часто весьма разнообразен, но существующая промысловая статистика, как правило, не дает верного представления о действительном соотношении видов. Такие данные промысловой статистики, неправильно отражая действительное соотношение видов рыб, особенно младших возрастов, могут стать причиной серьезных ошибок как при оценке запасов и планирования уловов на ближайшие годы, так и при разработке мероприятий охранного характера. Поэтому регулярные анализы видового, размерного и возрастного состава промысловых уловов – задача столь же важная и необходимая, как изучение возраста и темпа роста рыб, возраста наступления половой зрелости и других биологических показателей.

Основным источником ихтиологических материалов являются *промысловые уловы*. Промысел находится в тесной взаимосвязи с эксплуатируемым запасом, и знание конструктивных особенностей орудий рыболовства является важным по ряду аспектов.

1) В зависимости от принципа действия орудий рыболовства, их конструкции, селективных свойств будет оказываться то или иной воздействие на популяцию рыбы.

2) Конструкция орудий лова в значительной степени зависит от биологических и даже морфологических особенностей объектов промысла. Так, например, для «высокотелых» и «плоских» рыб используются сети с различной посадкой, которая определяет форму ячеи, наиболее адекватную для вида.

3) Знание конструкции орудий лова позволяет использовать их для оценки численности рыб методом прямого учета.

Классификация орудий рыболовства

Рыболовные орудия - средства, используемые в промышленном

рыболовстве и обеспечивающие лов рыбы и её транспортировку на добывающее судно или на берег. Действие всех типов орудий лова заключается в создании некоторой «зоны удерживающего действия», попав в которую рыба не имеет возможности уйти и, таким образом, отлавливается.

В зависимости от целей вылова орудия подразделяются на промысловые, контрольные и исследовательские орудия лова.

По способу организации промысла орудия промышленного рыболовства разделяются на *активные и пассивные*. К активным орудиям лова относятся кошельковые неводы и тралы, которые настигают и захватывают косяки рыбы. К пассивным орудиям рыболовства относятся все неподвижные орудия лова, в которые рыба попадает сама: крючковые снасти, сети, стационарные неводы, разнообразные ловушки.

В зависимости от классификационных признаков существует много видов классификаций. Например, по роду материалов орудия лова делятся на сетные и несетные; по месту применения - на речные, озерные, морские или океанические. Кроме того, существуют донные и разноглубинные орудия лова, прибрежные и для лова вдали от берегов и т.д. Наибольшее значение имеет классификация *по принципу действия*. Первоначально эта классификация была разработана основоположником науки о промышленном рыболовстве проф. Ф.И. Барановым. Затем она была развита и дополнена крупнейшими учеными Н.Н. Андреевым, А.И. Трещевым, В.Н. Лукашовыми др. и с различными дополнениями принята в международной практике. В соответствии с этой классификацией все орудия лова можно разделить на пять основных групп: *объеживающие, отцеживающие, тралящие, стационарные, колющие и прочие виды*.

Объеживающие орудия - принцип действия их основан на том, что орудия лова в виде сетной стены выставляют на пути хода рыбы, которая, пытаясь пройти сквозь эту преграду, застревает в ячейках сети, т.е. *объеживается*. *Объеживающие орудия лова* применяются в морях, озерах, реках, вдали от берегов и у побережья. В зависимости от условий меняются способ лова и конструкция сетей. Если сети, закрепленные тем или иным способом, стоят в процессе лова неподвижно на одном месте и улавливают рыбу, пытающуюся пройти сквозь них, то они называются *ставными сетями*, а лов - *сетным ставным ловом*. Если сети в процессе лова плывут по течению реки и улавливают рыбу, идущую навстречу, то они устроены иначе и называются *речными плавными сетями*, а лов - *речным плавным ловом*. Этот вид лова применяется почти на всех крупных реках мира. Широко применяются сети в открытых морях, где из большого числа сетей составляют длинные порядки, которые дрейфуют под влиянием морских течений, *объеживая* встречную рыбу. Такие сети называют морскими плавными или *дрифтерными*, а лов - *морским плавным или дрифтерным*. Этот вид лова имеет большое значение в рыболовстве всего мира.

Отцеживающим орудием лова является *кошельковый невод*. Он представляет собой близкую к прямоугольной сетную стенку большой длины (несколько сотен метров) и большой высоты (несколько десятков метров).

Крупные кошельковые неводы для ловли быстроходных рыб (напр., тунца) могут иметь длину до 1000 м, а высоту до 350 м. Кошельковый невод используется для добычи рыб, образующих косяки. Вначале сетной стеной обмётывается (окружается) скопление рыбы, затем с помощью стяжного каната низ сетной стенки стягивается (образуется сетный кошель) и преграждает рыбе выход из сети. Затем стенки невода поднимают из воды, а рыбу рыбонасосом или каплером (сетным конусом больших размеров) перегружают на судно.

Тралящие орудия лова. Трал — это орудие лова, широко применяемое в мировом промышленном рыболовстве. Буксируемые тралы, имеющие вид сетного конусообразного мешка, захватывают рыбу, которая встречается на пути движения трала. Различают донные тралы, близнецовые тралы и собственно тралы. Донные тралы используют на мелководье. Близнецовые тралы пользуются для траления двумя судами, следующими параллельным курсом. Тралами ловят рыбу по всей толще воды. Поперечное раскрытие трала обеспечивается распорными досками, вертикальное — верхними поплавками и нижними грузилами. В зависимости от глубины лова различают донный траловый промысел и пелагический (разноглубинный). Современные пелагические тралы применяются с нач. 1940-х гг. Траловый промысел наиболее механизированный, тралы обеспечивают до 80 % всей добываемой рыбы.

Стационарные орудия лова представляют собой разнообразные неподвижные ловушки, в которых используются лабиринты из сетных стенок. Применяются в прибрежной ловле. Наиболее распространёнными являются ставные неводы, в которых рыба направляется в ловушку с помощью специальной сетной стенки, идущей от берега до входа в ловушку.

Коллющие орудия лова разделяются на крючковые и остроговые. Из остроговых, к которым относятся остроги, копыя, гарпуны, использовались лишь гарпуны в китобойном промысле. Крючковые орудия лова применяют при ярусном промысле. Ярусный промысел ведут на специально оборудованных судах, имеющих ярусоподъёмники. Ярусы состоят из прочного каната (хребтины) длиной в несколько километров (до 70) с прикреплёнными к канату на поводках буюми — вешками и крючками. Хребтина удерживается на заданной глубине с помощью поплавков и грузил и ставится на якорь. На крючки насаживается естественная или искусственная насадка. Для ловли кальмаров используют специальные удочки.

К прочим орудиям лова относят рыбонасосы, часто работающие с дополнительными средствами привлечения рыбы в зону отсоса (подводное освещение, электроток, звук и др.), а также разнообразные местные орудия лова.

Научная классификация орудий рыболовства

В наиболее законченном виде классификация рыболовных орудий разработана А.И. Трещевым. Она основана на анализе конструкций рыболовных орудий и принципов их действия и представляет собой

трехуровневую систему. Выделяются классы орудий, внутри классов — группы, внутри групп — виды. Классы характеризуют принципы лова, обозначаются римскими цифрами. Группы характеризуют способы осуществления принципов лова, обозначаются буквами латинского алфавита. Виды характеризуют главные особенности конструкций орудий лова и способы их применения, обозначаются арабскими цифрами.

В соответствии с этими определениями все известные в настоящее время орудия промышленного рыболовства разделяются на 8 классов.

В приведенной системе классификации для определения принадлежности любого современного рыболовного орудия достаточно трех знаков, обозначающих класс, группу и вид. Пример. Донный оттертрал — II-A-1. Кошельковый невод, применяемый с двух судов — II-B-2. Сеть плавная морская одностенная (дрифтерная) — IV-B-5 и т. д. На практике, в особенности на внутренних водоемах, большинство орудий рыболовства имеет местные названия. Например, ловушки, закрытые сверху, называются вентерями, мордами, рюжами, ризцами и т. п. В связи с этим проведение кадастра орудий рыболовства на любом водоеме с установлением принадлежности орудий к определенному классу является обязательным элементом рыбохозяйственных исследований.

2. Параметры рыболовства: параметры орудий лова и параметры промысла

Эффективность ведения рыболовства определяются двумя типами параметров — параметрами используемого орудия лова и параметрами промысла.

Орудия лова характеризуются следующими параметрами: размерами, селективностью, коэффициентом уловистости и единицами, в которых выражаются величины промысловых усилий. Сам промысел описывается продолжительностью лова, промысловой мощностью, интенсивностью лова и суммарным промысловым усилием.

Параметры орудий лова

1. Размеры орудия

Размеры орудия определяют зону его действия (облова). Под *зоной действия* понимается площадь или объем, облавливаемый орудием за единицу времени или за один цикл облова. Для каждого класса орудия лова существуют различные размерные характеристики, определяющие зону действия. Так, для донного трала — это расстояние между траловыми досками, для разноглубинного трала — расстоянием между концами крыльев, для ставного невода — длина крыла. Схема расчета зоны действия некоторых орудий лова в зависимости от их размерных характеристик приведена на рис.

Если известны площадь облова или обловленный объем, то по величине улова легко может быть определена концентрация рыбы.

2. Уловистость

Уловистость — способность орудия лова удерживать рыбу и другие

ловимые объекты.

Уловистость определяется: конструкцией орудия лова; степенью его активности (активные орудия обычно более уловисты, чем пассивные); поведением рыбы (в период активности, образования плотных косяков уловистость повышается); способом применения орудия (по месту, времени, правильностью использования и т. п.) Уловистость орудий характеризуется коэффициентом уловистости.

Коэффициент уловистости q — отношение числа пойманных рыб (Y_N) к их количеству, находившемуся в зоне действия орудия лова (N):

$$q = \frac{Y_n}{N} ; 0 \leq q \leq 1.$$

Коэффициент уловистости изменяется в пределах от нуля до 1. В зависимости от конструктивных особенностей коэффициент уловистости может изменяться для донных тралов в пределах 0,3-0,6, разноглубинных тралов 0,2-0,4, закидных неводов — 0,1-0,4.

Уловистость пассивных орудий, например, ставных сетей, напрямую определить невозможно. Это связано с тем, что для пассивных орудий зона действия определяется не самим орудием, а тем расстоянием, с которого рыба способна к нему подойти за определенный промежуток времени.

Практическое определение коэффициента уловистости оказывается чрезвычайно трудным по нескольким причинам:

1) трудно определить количество рыб, попавших в зону облова (т. е. их тоже надо было бы поймать и пересчитать, но как посчитать, например, количество рыб, которые дотронулись до сети);

2) коэффициент уловистости очень сильно меняется в зависимости от условий, сезона, физиологического состояния рыбы и т.п., например, на пресноводных водоемах наибольшая уловистость сетей наблюдается весной в период нерестового хода, наименьшая — летом. Для трала — осенью и зимой, во время образования концентраций и снижения активности рыбы;

3) коэффициент уловистости зависит от вида рыбы: активные виды лучше улавливаются в пассивные орудия лова, но могут избегать активных. Например, в трале наибольшая уловистость наблюдается для леща, наименьшая — для судака.

Для определения уловистости существуют специальные методы, которые здесь не рассматриваются.

3. Селективность

Селективность — способность орудия лова отбирать рыбу разного размера.

Селективность определяется:

- для сетных орудий лова — шагом ячеи a ;
- для крючковых орудий — размером крючка.

Коэффициент селективности q_L — отношение количества пойманных

рыб длиной L к максимальному количеству пойманных рыб, имеющих некоторую оптимальную длину L_0 .

Кривая (огива) селективности — кривая, описывающая зависимость селективности рыбы от ее длины.

В зависимости от способа улавливания рыбы можно выделить *несколько типов кривых селективности* для отцеживающих, объецаивающих и крючковых орудий лова.

1. В отцеживающих орудиях лова кривая селективности определяется длиной рыбы, при которой она имеет такой максимальный обхват тела s

(обычно в районе перед первым спинным плавником), что не может

$$s \geq 4a .$$

пройти через ячейю:

Таким образом, мелкие рыбы, у которых максимальный обхват тела меньше периметра ячейи, проскакивают через ячейю и не улавливаются. Все рыбы, у которых максимальный обхват тела больше периметра ячейи, полностью улавливаются.

Учитывая, что между длиной рыбы и максимальным обхватом ее тела существует прямая зависимость, не представляет труда найти оптимальный шаг ячейи - a , который будет улавливать рыбу длиной L_c :

$$a = bL_c ,$$

где: a — шаг ячейи, мм; L_c — длина рыбы; b — видоспецифичный коэффициент.

Коэффициент b установлен для большинства промысловых рыб.

Параметр L_c носит название «длина первой поимки». Для отцеживающих орудий лова — это длина, при которой рыба уже не может пройти через ячейю используемого орудия лова. Улавливаются все рыбы, имеющие длину больше либо равную L_c . В связи с тем, что фабричный шаг ячейи имеет некоторый разброс размеров, форма ячейи под нагрузкой может изменяться в процессе лова, и, наконец, рыбы одной и той же длины могут иметь несколько различный обхват тела (это особенно характерно для самок и самцов в нерестовый период), фактически кривая селективности будет иметь достаточно сложную форму. В этом случае за длину первой поимки принимается длина рыб, имеющих 50 % улавливаемость по сравнению с максимальной.

2. Объецаивающие орудия лова улавливают рыбу за счет запутывания ее в ячейках или самом полотне. По способу улавливания рыб объецаивающие сети могут быть разделены на две группы.

1) одностенные (жаберные) сети улавливают рыб длиной, при которой она может пройти в ячейю дальше жабр, но не проходит в районе максимального обхвата тела. Мелкие рыбы проскакивают через ячейю и не улавливаются, а крупные особи имеют слишком большую голову и не могут пройти в ячейю дальше жабр и запутаться. Чем больше длина рыбы

отклоняется от оптимальной L_0 в большую или меньшую сторону, тем меньше вероятность ее поимки. В результате кривая селективности имеет одновершинную, обычно симметричную куполообразную форму.

2) двустенные и трехстенные (ряжевые) сети отличаются тем, что помимо основного сетного полотна имеют одно или два дополнительных полотна (ряжи) с более крупным шагом ячеи, которые изготавливаются из более толстой нити. Назначение этих полотен — стягивание основного полотна, в результате чего последнее образует «карманы». Кривая селективности таких сетей состоит из трех частей:

- во-первых, происходит улавливание рыбы обычным «классическим» способом, характерным для жаберных сетей;
- во-вторых, за счет стягивания сетного полотна в нем может запутываться более мелкая рыба, цепляясь зубами, жаберными крышками, лучами плавников;
- в-третьих, улавливаются более крупные рыбы, которые не могут застрять в ячее, но зато запутываются в карманах.

В результате обобщенная кривая селективности может иметь трехвершинную форму и эффективно улавливать более широкий диапазон длин рыб. Надо заметить, однако, что более эффективное запутывание рыбы в трехстенных сетях влечет за собой и большую трудность ее выпутывания, что существенно затрудняет обслуживание трехстенных сетей.

3. Селективность крючковых наживных орудий определяется способностью рыбы заглотить крючок, для чего она должна иметь достаточный размер рта. Чем крупнее рыба, тем легче она может заглотить крючок, и, следовательно, в определенном диапазоне длин рыб селективность достигает максимума. Можно предположить, что слишком крупные рыбы будут слабее реагировать на определенный размер крючка и наживки и их уловистость уменьшится. Таким образом, левая часть кривой селективности крючковых снастей будет сходна с кривой, характерной для отцеживающих орудий, а правая — иметь нисходящую форму

Параметры промысла

1. Время лова

Время лова T_F в зависимости от вида промысла и применяемых орудий лова может характеризоваться различными показателями — числом часов лова, тралений, заметов или постановок орудий лова, дней лова, дней пребывания в районе промысла, дней отсутствия в порту. Конкретный показатель времени лова выбирается исходя как из класса орудия, так и доступности информации, но в любом случае время лова является показателем интенсивности промысла.

2. Промысловая мощность

Промысловая мощность W_F — объем воды или площадь водоема, которая облавливается данным типом орудия или видом промысла за единицу времени. Этот показатель характеризует технические возможности добывающего комплекса с точки зрения характера воздействия на рыбные запасы и оценки эффективности промысла. Различные орудия лова за

единицу времени могут облавливать различные объемы водной массы и, следовательно, обеспечивать разные уловы.

3. *Промысловое усилие*

Промысловое усилие f — количество усилий, затрачиваемых на ведение промысла.

В идеальном случае промысловое усилие может быть рассчитано как произведение промысловой мощности на время лова:

$$f = T_F \cdot W_F.$$

В реальных условиях применение данной формулы не всегда возможно. Это связано с трудностью точной оценки размерных характеристик орудий лова, применяемых многочисленными пользователями.

В связи с этим единицами промыслового усилия могут выступать различные показатели, специфичные для тех или иных типов орудий лова и видов промысла. Наиболее часто единицами усилия выступают время лова и количество единиц орудий.

4. *Улов на усилие*

Улов на усилие f — отношение величины улова к усилию, затрачиваемую на его добычу

Показатель улова, приходящийся на единицу промыслового усилия является важнейшей характеристикой системы запас—промысел.

1. Этот показатель определяет экономическую эффективность ведения промысла с точки зрения оценки его рентабельности. В том случае, когда стоимость улова, приходящегося на единицу промыслового усилия, будет меньше, чем стоимость единицы усилия, промысел вступает в фазу экономического перелома и прекращается.

2. Улов на усилие может выступать некоторым индексом численности запаса. Чем больше величина запаса, тем больше будет концентрация рыбы и тем больше ее будет отловлено единичным усилием. Таким образом, в условиях установившегося промысла слежение за тенденциями динамики уловов на усилие позволяет судить о динамике самого запаса.

Лекция 4

ПОПУЛЯЦИИ РЫБ И МЕТОДЫ ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ ВИДА, ВОЗРАСТА И РОСТА РЫБ

1. Организация ихтиологических исследований

2. Измерения и взвешивания рыб

3. Определение возраста и роста рыб

4. Определение темпа роста рыб

1. Организация ихтиологических исследований

Под структурой популяции понимается соотношение численности и биомассы возрастных и размерных групп в стаде рыб, это характер полового созревания и соотношение половозрелой и неполовозрелой частей стада.

Кроме того, структура популяций – это и соотношение полов, как общее, так и по отдельным возрастным и размерным группам.

Структура популяции специфична для вида и его отдельных стад. Она является видовым популяционным свойством, отражающим характер взаимосвязей его отдельных популяций со средой.

Одновидовых популяций в природе не существует, даже когда вид совершенно изолирован, он может иметь паразитов и зависеть от другого, живого или мертвого организма, использованного ими в качестве корма. Тем не менее, в рыбохозяйственной практике широко пользуются понятием одновидовой популяции в условиях неизменной окружающей среды, это необходимо при изучении состояния запасов и прогнозирования вылова рыб.

Сбор ихтиологического материала должен обеспечить полученные сведения о видовом составе рыб в водоеме и основных чертах их биологии: численности, распределении, возрастном и половом составе, возрасте полового созревания, плодовитости, времени и местах нереста, питании, темпах роста.

Учитывается также *характер промысла*: применяемые орудия лова, места и сроки лова, видовой и размерный состав рыб в уловах, общее количество выловленной рыбы. Помимо собственных наблюдений и сборов материала необходимо также использовать данные промысла.

При сборе ихтиологического материала одновременно следует вести наблюдения за гидрологическими и метеорологическими условиями, а также знать физико-географическую характеристику района исследования.

При полном биологическом анализе уловов выполняется следующее:

-дается общая характеристика водоема и мест, на которых производится лов, отмечается время лова и его продолжительность, применяемые орудия лова;

-анализ проводится по определенной схеме для каждого орудия лова в отдельности;

-весь улов рассортировывается по видам. Рыбы каждого вида взвешиваются отдельно и просчитываются. Если улов небольшой, он

анализируется полностью. Если улов большой и не может быть обработан весь, для дальнейшего исследования берется определенная его часть без выбора.

-каждая рыба в отдельности измеряется и взвешивается, у неё определяется пол и состояние половых продуктов, берутся пробы на возраст, питание, плодовитость. Далее делается пересчет на весь улов.

2.Измерения и взвешивания рыб

Длина рыб у разных семейств измеряется по-разному: у карповых она измеряется от конца рыла до конца чешуйчатого покрова, а у окуневых – до основания лучей хвостового плавника, у лососевых и сельдей длина тела от конца рыла до конца средних лучей хвостового плавника, а у осетровых, налима и сома – от конца рыла до конца наиболее длинного луча хвостового плавника.

Главные морфологические признаки:

1) длина всей рыбы, или общая длина (L), - расстояние от вершины рыла до вертикали конца более длинной лопасти хвостового плавника;

2) длина тела без хвостового плавника (l) - расстояние от вершины рыла до конца чешуйчатого покрова;

3) длина головы (С) - расстояние от вершины рыла до заднего края жаберной крышки;

4) наибольшая высота тела (Н) - расстояние от самой высокой точки спины (перед спинным плавником) до самой нижней точки брюха;

5) обхват тела (О) - расстояние вокруг тела около первого луча спинного плавника;

6) наибольшая толщина тела (m).

7) длина рыла или предглазничный отдел – расстояние от вершины рыла до переднего края глаза;

8) диаметр глаза (обычно берется горизонтальный, т. е. продольный) измеряется собственно диаметр роговицы;

9) заглазничный отдел головы или заглазничное пространство – расстояние от заднего края глаза до наиболее удаленной от конца рыла точки жаберной крышки;

10) наименьшая высота тела – обычно находится близ основания хвостового плавника, часто на середине хвостового плавника.

11) антедорсальное расстояние – расстояние от вершины рыла до основания первого луча спинного плавника;

12) постдорсально расстояние – расстояние от вертикали заднего конца основания спинного плавника до основания хвостового плавника, считая по середине тела.

13) длина хвостового стебля – расстояние от вертикали заднего края основания анального плавника до основания хвостового плавника или до конца чешуйного покрова;

14) длина основания спинного плавника – расстояние от основания переднего, хотя бы зачаточного, луча до основания последнего луча или до

конца перепонки спинного плавника;

15) наибольшая высота спинного плавника – высота наибольшего луча спинного плавника;

16) длина основания анального плавника – расстояние от основания переднего, хотя бы зачаточного, луча до основания последнего луча;

17) наибольшая высота анального плавника – высота наибольшего луча анального плавника;

18) длина грудного плавника – расстояние от передней линии его прикрепления до вершины наиболее длинного его луча;

19) длина брюшного плавника – расстояние от передней линии его прикрепления до вершины наиболее длинного его луча.

20) расстояние между грудным и брюшным плавником расстояние от передней точки прикрепления одного плавника до передней точки прикрепления другого и является передней частью брюха;

21) расстояние между брюшным и анальным плавником – расстояние от передней точки прикрепления одного плавника до передней точки прикрепления другого является задней частью брюха;

22) боковая линия число прободенных чешуй в боковой части тела;

23) число лучей в спинном плавнике – неветвистые, нерасчлененные (продольно) лучи обозначаются римскими, а ветвистые – арабскими, например, DIII9;

24) число лучей в анальном плавнике - неветвистые, нерасчлененные (продольно) лучи обозначаются римскими, а ветвистые – арабскими цифрами;

25) формула глоточных зубов карповых рыб – зубы, расположенные на пятой последней жаберной дуге; зубы бывают однорядными, двурядными и трехрядными; оформляются таким образом: 6-5 (у плотвы); 3.5 – 5.3 (у жереха);

26) число жаберных тычинок – количество тычинок на первой жаберной дуге;

27) число жучек (у осетровых) – просчитывается число жучек у осетровых на боках, при необходимости на спине и на брюхе.

Приборами для измерения длины рыбы служат мерные доски, штангенциркули и сантиметровые ленты.

Все рыбы крупнее 10 – 15 см измеряются с точностью до 1 см, десятые доли отбрасываются. Мелкие виды рыб измеряются с точностью до 0,5 – 0,1 см.

Взвешивают среднюю пробу (главным образом на наблюдательных пунктах) или весь улов, если он небольшой (на исследовательских судах).

Величина средней пробы не зависит от орудия лова. При видовом анализе для определения навески и установления соотношений полов (путем выдавливания половых продуктов) и при массовом измерении длин средние пробы воблы, трески, сельди и т. д. должны содержать не менее 200 шт., а пробы мелких рыб (хамса, тюлька) до 400 шт.

Для биологического анализа (взвешивание, измерение длины тела, определение пола и зрелости) средняя проба от улова каждого вида, рыб должна содержать не менее 100 шт., если улов большой, или весь улов, если он не достигает 100 шт.

Взвешивание рыбы необходимо для получения так называемой навески (веса 1000 рыб). Взвешивается и просчитывается вся средняя проба из улова одного вида. Общий вес делят на количество рыб в пробе и полученный средний одной рыбы умножают на 3000. Точные и регулярно собираемые сведения о навесках рыб промысловых категорий и по видам необходимы для определения численности уловов.

Для составления таблицы соотношения длин и веса рыб производится так называемое групповое взвешивание. Во время измерения средней пробы рыбу разбивают на группы по длине, затем каждую группу численностью в 20 -25 шт. взвешивают и вычисляют ее средний вес. В течение сезона следует сделать не менее пяти групповых взвешиваний.

Общую пробу надо взвешивать с точностью до 100 г, при индивидуальном взвешивании требуется точность не менее 1 %.

Если взвешивается рыба в таре, надо вычитать от полученного веса вес тары. Если взвешивается рыба подсоленная или без внутренностей, делается об этом отметка в бланках при записи веса.

Важное значение имеет репрезентативность проб, на основании которых судят о составе промышленного стада. Пробы следует брать из уловов, отражающих сезон наибольших скоплений популяции.

Состав промыслового стада устанавливают на основании средних проб из уловов, не отбирающих орудий лова. Средняя проба подвергается полному биологическому анализу, который дополняется массовым измерением рыб в улове.

Средние пробы берут в соответствии с законами математической статистике так, чтобы они отражали состав рыб в промысловом стаде или запасе. При этом учитывается физиологическое состояние рыб в соответствующий сезон года. От физиологического состояния зависит плотность скопления рыб, их распределение, поведение, качественный состав стада и миграции. Таким путем устанавливают район и время сбора материала, который может быть наиболее репрезентативным для отражения состава всего запаса.

Наиболее репрезентативными средние пробы бывают в период массовых скоплений рыб или массовых перемещений. Обычно это наблюдается при нерестовых или преднерестовых концентрациях. Пробы, взятые в разгар нереста или пика нерестового хода, отражают преобладающий состав промыслового стада, тогда как в начале нереста или нерестовой миграции в соответствии с темпом созревания преимущественное значение имеют старшевозрастные и крупные особи, а в конце – наоборот, самые молодые и мелкие.

И тех и других всегда бывает меньше, чем промежуточных, составляющих основное звено промысловых возрастных групп. В

большинстве случаев указанные нерестовые скопления и ходовые косяки состоят только из зрелых рыб. Поэтому чтобы узнать состав всего запаса, пробы берутся также и в период нагула, когда зрелая и незрелая рыба распределена на обширных пастбищах. Однако нагуливающаяся рыба часто группируется по размерам в соответствие с характером питания или состоянием зрелости. Поэтому чтобы получить средний размерный состав стада за этот период, необходимо собирать значительно больше количества проб, чем в нерестовый сезон, и приводить их в соответствие с величиной уловов.

Чем дольше исследуется данный промысловый объект, тем точнее определяется репрезентативность средних проб по месту и времени сбора.

Учитывая многолетний опыт, в настоящее время с большой уверенностью утверждать, что репрезентативность пробы может быть достигнута при следующих условиях:

1. Район сбора проб должен быть установлен в соответствие с характером скопления и распределения изучаемого вида;
2. Время (сезон) взятия пробы определяется в зависимости от того, находится ли рыба в преднерестовом, нерестовом или нагульном состоянии;
3. Орудие лова, из которого берутся пробы, должно быть отцеживающим (трал, невод и др.), а не объеживающим (сети).

Для характеристики промыслового стада достаточно взять в момент пика хода рыба нерест несколько проб.

У некоторых видов во время нереста или перед ним наблюдается преобладание то одного, то другого пола (морской окунь). В таких случаях материал для характеристики стада собирают в течение более длительного периода или отдельно по полам.

Если же необходимо охарактеризовать динамику стада в течение всего нерестового периода, особенно на первом этапе изучения популяции, то сбор материала производится от начала и до конца этого периода.

В некоторых случаях для характеристики пополнения стада впервые созревающими особями сбор материала производится осенью, т. е. в период формирования промыслового стада. Однако уловистость младших возрастов, и в частности незрелых рыб, промысловым орудием лова часто не отражает действительной величины этих групп.

Сбор материала в середине нерестового периода для характеристики промыслового стада по каждому виду и району лова может быть ограничен пятью или шестью пробами, взятыми на полный биологический анализ, учитывая, что каждая из них должна состоять из 100 особей.

Естественно, что у видов, представленных в стаде 12 и более возрастными группами, проба должна состоять из большого количества особей.

Среднюю пробу, подвергают измерению, взвешиванию, и определяют пола и зрелости; в некоторых случаях определяют степень наполнения

желудка и берут пробы на питание, плодовитость и жирность. Для определения возраста берут чешую, отоциты или лучи плавников. Все эти операции составляют полный биологический анализ. Наряду с этим производится массовое измерение рыб в зависимости от поставленной задачи.

В результате первичной обработки средних проб устанавливается состав нерестовой популяции, изменения которого по отношению к составу стада за предыдущий год свидетельствует об изменении состояния запасов рыб.

3. Определение возраста и роста рыб

Материал для определения возраста и роста собирают после взвешивания и измерения рыбы. С каждой рыбы берут по 5-10 чешуек. Чешую собирают в специальные чешуйчатые книжки. С каждого экземпляра ее закладывают на отдельный листок ближе к краю, который заворачивают треугольником. Записи делают простым карандашом ближе к корешку. Заполненную чешуйную книжку перевязывают ниткой, просушивают и укладывают в ящик. Дальнейшая обработка чешуи происходит в лаборатории.

При определении возраста чешуйки промывают в разведенном растворе нашатырного спирта или в простой воде и очищают мягкой щеткой от покрывающей их слизи. Возраст определяют по передней части чешуи.

При осмотре чешуи резко бросаются в глаза четыре концентрических темных кольца. Эти четыре кольца дуги, не что иное как границы годовых колец чешуи.

Первое (от центра) кольцо соответствует полному первому году жизни рыбы, второе - второму году и т. д. Годовые кольца ограничены белыми линиями.

Светлые кольца считаются летними, определяющий летний рост рыбы, а кольца темные – зоны замедленного роста, часто называются зимними кольцами. Следовательно, в каждом годовом кольце нужно различать эти две части.

От каждой исследуемой рыбы необходимо просмотреть несколько (во всяком случае, не менее 5-7, а в сомнительных случаях и значительно больше) чешуек.

Помимо неясностей чешуи, возникающих вследствие повреждений чешуи или отклонений от нормального вида (бывают чешуйки, где никаких колец подметить невозможно). Неблагоприятные условия создают временное замедление роста такие как нерест, созревание половых продуктов и переход из речной воды в морскую.

Распознавание зимних колец очень трудная работа: исследователь всегда сталкивается с многочисленными переходными формами этих колец, но принцип, положенный в основу подобных различий представляет несомненный интерес. Аналогичные исследования проведены П.А.

Мурашкинцевой.

У каждого вида рыб годовые и добавочные кольца имеют свои особенности, которые могут быть выяснены путем просмотра массового количества чешуи.

Годовые кольца замкнуты, идут параллельно окружности чешуи и образуются на границе тесно расположенных склеритов осеннее - зимнего периода роста и раздвинутых склеритов весенне-летнего роста. Нерестовые кольца обычно по разрыву и неправильному их расположению. Добавочные кольца образуются под влиянием различных факторов среды. Похожи на годовые, но менее отчетливо выражены. Мальковые или покатные кольца образуются недалеко от центра чешуи, не для всех рыб обязательно, но установление его обязательно для определения первого года жизни рыбы.

Если видимость годовых колец на чешуе не ясна, то одним из способов улучшения видимости их считается так называемая дифференцированная окраска чешуи, которая предложена П.В. Тремповичем. Чешую, завернутую в марлю, выдерживают в течении 17-20 часов в растворе сернокислого железа (37,5 %). Перед исследованием чешую хорошо промывают обычной водой, обсушивают фильтровальной бумагой и переносят в каплю раствора (3 %) танина.

От действия танина чешуя чернеет и годовые кольца становятся более заметными.

Однако не у всех рыб такое окрашивание чешуи дает нужные результаты.

Возраст рыб обозначается или арабскими или римскими цифрами без плюса или с плюсом(5,5+). Первая пятерка показывает, что рыба имеет полных пять лет, но менее пяти. Возраст лососей обозначают иначе: впереди ставят число лет, проведенные, лососем в реке, а затем указывается число лет, проведенных в море. Может быть, такая запись 53,64 и т. п. срочные числа указывают на общее число лет лосося, подстрочные - на число лет проведенных в реке.

Определение возраста по костям и отолитам.

На многих костях рыб, как и на чешуе, правильно чередуются полосы. Одни из этих полосок кажутся (даже при просмотре без увеличительного стекла) светлыми, другие—темными. Светлые полосы — широкие, темные—узкие, т. е. наблюдается картина, повторяющая рисунок чешуи.

В результате изучения возраста по костям было установлено, что лучшим материалом для этого служат кости плоские, похожие на пластинки. Такими костями у рыб являются четыре кости жаберной крышки — предкрышечная, крышечная, покрывшечная и межкрышечная, челюстные кости, окаймляющие рот, кости так называемого плечевого пояса, отделяющие жаберную щель рыб от туловища, а также плоские Кости черепа.

Способ определения возраста рыб по костям быстро вошел в практику исследователей рыб: приводились и приводятся все новые и новые данные,

свидетельствующие о том, что на костях каждой рыбы имеется строго определенное количество полосок, совпадающее с годовыми кольцами чешуи, и что эти полоски точно определяют число лет жизни рыб. Помимо указанных выше костей, при определении возраста рыб берутся позвонки и косточки из слухового аппарата рыб, известные под названием отолитов, или слуховых косточек, а также жесткие лучиплавников.

И.Н. Арнольд (1911) привел данные по определению возраста белуги, осетра, севрюги, щуки, окуня, судака, налима, сазана, леща, плотвы, воблы, линя, язя, сырты или рыбца, и сига. Для счета лет осетровых рыб И.Н. Арнольд рекомендует брать кости плечевого пояса и жаберной крышки, причем последнюю необходимо утончить, отшлифовать; возраст щук хорошо определять и по отшлифованным позвонкам, у окуня годовые кольца следует считать по крышечной кости и по кости верхней челюсти, задний край которой у окуня заканчивается значительным расширением; у налима—по позвонкам и отолитам; у сазана—по жаберной крышке и позвонкам; у леща и плотвы—по костям плечевого пояса; у рыбца—по позвонкам; у сига—по жаберной крышке и позвонкам.

Указаниями И.Н. Арнольда в основном пользуются до сих пор все, кто занимается изучением возраста рыб по их плоским костям. А.Г. Смирнов отметил, что годовые полосы на костях жаберных крышек аральской шемаи выражаются далеко не ясно. Поэтому автор провел специальное исследование жаберных крышек шемаи. Он окрашивал кости гематоксилином, метиленблэу, пикрокармином и борным кармином и подвергал действию 25 % аммиака, 5—10 % едкого натра и едкого кали, бензола, бензина, серного эфира, этилового спирта и глицерина. Только обработка глицерином дала заметную пользу. Очищенные жаберные кости в течение 10—15 мин выдерживались в глицерине, затем в нем же нагревались до 290°C (т. е. до кипения). В кипящем глицерине кость из прозрачной становится молочно-белой, и на этом фоне годовые кольца начинают отчетливо выделяться. При дальнейшем кипячении объект желтеет и в связи с этим картина годовых наслоений несколько затемняется.

В.К. Солдатов, выполнивший труднейшую работу по определению возраста очень большого количества осетровых рыб Амура, пишет: «При обработке костей мы поступали так: осторожно вырезав те кости, которые нам требовались, из свежей рыбы, мы не надолго, чтобы только легко отделились мышцы и другие мягкие части, опускали их в кипящую воду ключом; отделив от костей все ненужные части, промыв кости водой и протерев щеточкой, мы их обычно высушивали и сохраняли в сухом виде до того момента, когда их нужно было просматривать. Обычно хорошо вываренные и предварительно очищенные кости, возможно, было сразу же рассматривать, так как слоистость на них выступала весьма рельефно: для других костей требовалась их дальнейшая обработка — спиртом различной концентрации и бензином или эфиром для удаления из них влаги и жира. Самый просмотр производился так: кости слегка

смачивались спиртом и рассматривались на свет или же на темном фоне, смотря по толщине и большей или меньшей четкости в чередовании слоев».

На основании определения возраста осетровых Амура В.К. Солдатов пришел к интересным, имеющим огромное хозяйственное значение, выводам. «Калуга становится взрослой рыбой, способной к размножению, только через 17 лет по выходе из икры, достигнув к этому времени не менее 5 пудов (около центнера) весом и около 230 сантиметров полной длины или 165 сантиметров промысловой, а амурский осетр делается способным к воспроизведению себе подобных на 9—10-м году по выходе из икры, достигая к этому времени в среднем около 14 фунтов (около 6 кг) весом при абсолютной длине в среднем около 108—116 сантиметров полной и около 73,4—78,8 сантиметров промысловой длины».

Широко распространен способ определения возраста рыб по отолитам. У рыб нет наружного и среднего уха, т. е. нет ни ушной раковины, ни слухового отверстия, ни барабанной перепонки, а есть только так называемое внутреннее ухо со слуховым нервом. Внутри слухового аппарата лежат и отолиты, имеющие у различных рыб различную форму.

Найти отолиты в головной части рыбы без навыка не так легко, но приобрести нужный навык для каждого вполне доступно. Возьмите две-три сушеных головы корюшки или ерша, у которых косточки головы мелкие и легко рассыпаются. Среди размельченных костей вы быстро усмотрите два крупных белых зернышка продолговатой формы; одна сторона этих зернышек выпуклая, другая—вдавленная, к наружным краям зернышек идут бороздки. Эти зернышки и есть отолиты. Присмотревшись к отолитам, можно легко отыскать их место и расположение среди головных костей и на свежих рыбах.

На отолитах ясно выражены годовые кольца, по которым и определяют возраст рыб. Тщательное изучение отолитов камбалы немецким ученым Иммерманом показало, что отолит камбалы состоит из студенисто-волокнистого вещества, в котором содержатся кристаллы углекислой извести. Волокна отолитов имеют способность спаиваться в концентрические пластинки, причем весной и летом вырастают белые кольца, осенью— темные. Белое кольцо вместе с темным считают за одно годовое кольцо. Хорошо различаются кольца на отолитах молодых рыб, хуже—на отолитах рыб старых. Многие современные работы, относящиеся к определению возраста рыб, содержат немало новых указаний, как и какими костями следует пользоваться при изучении возраста рыб. Но обычно просматривают не одну какую-либо кость, а берут разные кости и чешую, чем и достигается контроль правильности определения. Поэтому отбирать и просматривать приходится и отолиты.

П.Ф. Федоров подверг химической обработке отолиты беломорской корюшки и свои выводы описал так: «Прежде всего, отолит помещается в 25 % аммиак (известный под названием нашатырного спирта), способствующий его обезжириванию. В аммиаке отолит выдерживается от

30 мин до 24 ч, но в большинстве случаев 4-5 ч. После такой обработки отолит промывается в горячей воде и затем рассматривается под лупой в капле глицерина». Однако такая операция не всегда дает хорошие результаты: были случаи, когда отолит выдерживался в аммиаке более суток и годовые кольца его все же не становятся более ясными. Такие отолиты после выдерживания в аммиаке и промывки горячей водой клались на 3-5 мин в кипящий раствор поваренной соли (на 6 г соли бралось 100 см³ воды) и снова промывались в горячей воде. Видимость годовых колец от этого улучшалась.

Если описанный способ обработки не придавал годовым кольцам отолита требуемой отчетливости, то П.Ф. Федоров изготавливал шлифы. По линии, проходящей перпендикулярно продольной оси отолита, производился разрез лобзиком через центр (продольный распил отолита) или просто отолит стачивали напильником, а затем тщательно шлифовали на оселке. После такой шлифовки отолит заливали в канифоль на предметном стекле так, чтобы отшлифованная плоскость была обращена к стеклу. Когда канифоль затвердевала, напильником спиливали вторую часть отолита до тех пор, пока оставшаяся пластинка его на стекле становилась близка к просвечиванию. Затем пластинку отолита шлифовали на оселке до полной просвечиваемости. Когда шлиф был готов, на предметное стекло вводили каплю ксилола, растворявшую канифоль. Затем объект заливали канадским бальзамом и покрывали покровным стеклом.

Отолиты используются как материал для определения не только возраста, но и роста трески. Д.Ф. Замахаев (1941) описал методику расчисления роста трески по отолитам, признав, что при определении возраста и роста старых рыб отолиты имеют большое преимущество перед чешуей: лучше видны годовые кольца и быстрее можно вести обработку (за 6 ч можно приготовить 40 препаратов чешуи, а отолитов за то же время — около 200 штук). Автор так описывает этот метод: «Отолит предварительно покрывался черным лаком, разламывался руками и отшлифовывался на точильном камне. Обращалось особенное внимание на то, чтобы слом по возможности приходился по середине отолита, на ровность шлифа и на перпендикулярность плоскости шлифа к продольной оси отолита. Кольца на отолите измеряли окуляр-микрометром под бинокулярном в отраженном свете. Годичные кольца на шлифе отолита можно измерять в двух направлениях — по короткой и длинной осям».

В направлении короткой оси измерения производились на вогнутой стороне отолита, по длинной — на суженной его части. В первом случае точка, от которой производились промеры, часто не совпадала с центром первого годового кольца, во втором случае измерения производились от этого центра. Нужно отметить, что центр первого годового кольца не всегда совпадает с центром отолита. Трудно сделать такой препарат, относительно которого была бы полная уверенность, что центр начального роста отолита попал в плоскость шлифа.

Измерение годичных колец по длинной оси шлифа менее удобно

ввиду их расплывчатости и большого количества трещин, которые образуются преимущественно в этом направлении при разломе и шлифовке отолита. Наоборот, измерения по короткой оси не представляют никакого затруднения.

Оказалось, что разница в расчислениях роста по обоим измерениям очень незначительна. Д.Ф. Замахаев пришел к выводу, что отолиты вполне пригодны для определения роста трески длиной от 30 до 100 см.

В.О. Клер предложил совершенно новый метод определения возраста рыб — метод, который в настоящее время стал весьма распространенным. Он установил, что «возраст рыб удобнее читать не на плоских цельных костях, как это обычно принято, а на костях, имеющих компактную структуру, что в свою очередь возможно только при изучении костей посредством разрезов шлифов».

Д.Н. Талиев впервые применил способ определения возраста трески (рыбы с мягкими лучами) по первому лучу спинного плавника. Автор брал луч вместе с суставной головкой (у трески он состоит из двух валиков). Шлиф изготовлялся так. Начиная от суставной головки, луч шлифовали на полубархатном напильнике, держа его за верхнюю часть; когда на напильнике вышлифована суставная головка и почти весь перехват, заканчивали шлифовку на матовом стекле в наждаке или на мелкозернистом бруске, наблюдая при этом, чтобы луч был всегда перпендикулярен шлифующей поверхности.

На отшлифованной поверхности через увеличительное стекло нетрудно подсчитать годовые кольца. Для получения двустороннего шлифа Д.Н. Талиев прикреплял при помощи расплавленной на спиртовой лампе канифоли луч отшлифованной поверхностью; по остывании канифоли, чтобы не шлифовать весь луч, его обламывали внизу у канифоли. Для изготовления одного шлифа требуется 3—10 мин. Возраст на таких шлифах определяют под микроскопом при малых увеличениях.

Возраст сомов по первому лучу грудного плавника определяется тем же способом, как и возраст осетровых рыб. «От каждого луча у головки, в том месте, где оканчивается углубление, выпиливалась лобзиком пластинка толщиной до 1 мм и отшлифовывалась на мелком напильнике», — так описывает А.Н. Пробатов подготовку лучей сома для определения его возраста.

В методику определения возраста осетровых рыб по костям внесено много существенного Н.Л. Чугуновым, предложившим простой способ изготовления нужных для определения возраста пластинок лучей осетровых рыб. Изготовление поперечного среза луча производится обыкновенным лобзиком, в котором строго параллельно закрепляются две тонких пилки, разделенные в зажимах лобзика тонкой медной пластинкой. При помощи установленных таким образом пилок без труда выпиливается соответствующей толщины срез, который при надлежащей установке пилок не требует и последующего шлифования.

Для большей ясности в просчете годовых плоскостей пластинки лучей

следует перед просмотром погружать в ксилол. Толщину среза следует делать около 0,5 мм. Выпиливать срез Н. Л. Чугунов советует вблизи сочленовой головки луча и не далее 1—1,5 см от нее. Просчет годовых колец ведется под лупой или под микроскопом. Для выпиливания наиболее пригодны самые тонкие пилки по металлу. Вместо лобзика с двумя параллельно вставленными пилами стали употреблять специальный прибор. Прибор для изготовления срезов лучей осетровых описан Н.И. Чугуновой (1959). Он представляет собой площадку, на которой укреплены две поставленные параллельно (на расстоянии 0,5 см) дисковидные мелкозубчатые пилки из инструментальной стали. Эти пилки приводятся в движение ручным способом или электричеством. Луч плавника кладется в зажим, установленный на столике перед пилами, который при помощи пружины, находящейся под столиком, подвигает луч к пилам. Срез делается у самой головки, чтобы сохранить на срезе первый год. Первый срез делается не далее 1 см от переднего края головки. Возраст на таких срезах (отшлифованных в том же приборе) определяют при увеличении в 20—25 раз. Срезы для просветления смачивают толуолом или ксилолом.

Л.П. Астанин описал новый способ приготовления срезов недекальцинированных костей. Кости размягчаются под влиянием варки в воде или под действием пара. Потом такие кости легко режутся бритвой.

П.А. Дрягин, встретившись с трудностями определения возраста сазана из р. Чу, пользовался шлифами срезов третьего жесткого луча спинного плавника

В.В. Петров применил более удобный способ сбора лучей осетровых. Он обертывал вырезанный луч полосками бумаги, на которой записывал измерения и пол рыбы, и затем клал кости на солнце без всякого вываривания. Кости высыхали, и бумага приклеивалась. В таком виде кости завертывались в общий пакет и укладывались в ящик для отправки.

Д.А. Бельчук занимался определением возраста одноперого терпуга. Для этой цели были взяты кости жаберной крышки *operculum* и *suboperculum*, чешуя, кость плечевого пояса—*cleithrum*, позвонки и отолиты. Лучшую видимость и более точное количество лет имела чешуя, взятая под грудными плавниками и со средней части тела. Отолиты оказались слишком хрупкими и желаемых результатов не дали. На *suboperculum* годовые наслоения видимы лучше, чем на *operculum*, но более удобной для определения возраста оказалась кость *cleithrum*. Просчет лет по позвонкам очень затруднителен. Автор приходит к выводу, что лучшими элементами для определения возраста терпуга является чешуя и *cleithrum*.

Работами Доно-Кубанской научно-исследовательской рыбохозяйственной станции внесены изменения в методику определения возраста рыб по спилам плавников. Доказана возможность получения поперечных разрезов плавниковых лучей разных рыб (и не только осетровых, сома и тресковых). Спилы готовились из целого плавника, а не только из первого простого луча). Е.Г. Бойко так описывает методику

изготовления спилов плавниковых лучей.

Отделяется и засушивается весь плавник или несколько лучей плавника. При высушивании лучи плотно скрепляются друг с другом плавниковыми перепонками и при распиливании не крошатся. Плавники с тонкими лучами (у мелких рыб) для уплотнения заливаются в целлулоид. Поперечный спил делается при помощи лобзика с тонкой пилкой. Вместо шлифовки спилов применяется просветление их трансформаторным и репейным маслами или ксилолом. Толщина спила 0,4—0,5 мм. Годовые кольца видны и на простых и на ветвистых лучах. Хорошей видимостью обладают плавниковые спилы жереха, леща, судака, трески, карпа, карася, чехони, тарани, густеры, рыбца, вырезуба, язя, кеты, семги, иваси, каспийского пузанка, волжской и донской сельдей, кефали и лобана. Годовые кольца на лучах не были обнаружены у пелаmidy. Автор пишет, что за 7—8 ч можно приготовить 200—250 спилов или залить в целлулоид 200—300 плавников, или просмотреть до 300—500 спилов.

Плавниковые лучи от мелких рыб, прежде чем готовить из них спилы, можно утолщать, опуская несколько раз в раствор фотоленки в ацетоне. Пленку предварительно промывают в теплой воде для удаления эмульсии.

Методика использования плавниковых лучей для определения возраста рыб более пригодна, чем по чешуе и костям, и может производиться быстро и без большой подготовки. Однако неясен вопрос о возможности применения таких спилов для расчисления темпа роста рыб.

Нельзя не отметить попытку С.М. Кагановской определить возраст акулы *Squalus acanthias* по колючкам спинных плавников; на этих колючках имеются полосы, соответствующие годовым кольцам.

4. Определение темпа роста рыб

Рост рыбы не прекращается с наступлением половой зрелости. Но в молодом возрасте рыба обычно растет быстрее, чем в старшем. Известно, что в периоды созревания половых продуктов, когда много веществ в организме расходуется на выработку этих продуктов, в период миграции и нереста, когда многие рыбы перестают питаться, рост рыбы замедляется и даже вовсе приостанавливается.

Несмотря на то, что методы изучения темпа роста рыб продолжают разрабатываться многочисленными авторами, уже теперь от определения линейных приростов рыбы (приростов в длину) замечается переход к определению весовых приростов, т. е. ихтиологи в этом вопросе приближаются к животноводам, которые ценность домашних животных определяют главным образом весовыми показателями.

Норвежский исследователь Эйнар Леа, изучавший возраст и темп роста норвежской сельди, пришел к заключению, что рост чешуи пропорционален росту рыбы, т. е. годовой прирост чешуи так же относится к длине чешуи, как годовой прирост всего тела (длины тела) к общей длине тела. Иначе говоря, если найдено, что чешуя за определенный год выросла

в какой-либо избранной нами части на $\frac{1}{10}$ всей длины взятой чешуи, то нужно полагать, что за тот же год прирост всей рыбы в длину составлял тоже $\frac{1}{10}$ длины тела. Если мы определим соотношение годовых приростов чешуи за каждый год, то тем самым сможем определить какая длина тела рыбы соответствовала каждому (любому) прожитому ею году.

Зная длину рыбы, длину чешуи (обычно исчисления ведутся не по всей чешуе, а по части ее, лежащей от центра до наружного или внутреннего края) и ширину годовых колец, можно определить длину тела рыбы за все предыдущие годы ее жизни (рис. 1). Этот способ определения годовых приростов рыбы называется методом обратного расчисления роста рыбы. Вычисления ведут по особой формуле, имеющей несколько сражений. Самое простое обозначение этой формулы:

$$\frac{L}{C} = \frac{l_x}{c_x}; \quad l_x = \frac{L}{C} c_x,$$

где L — длина рыбы; C — длина чешуи (от центра до края в той части, где определяются годовые кольца); C_x — длина чешуи за первый год (от центра чешуи и включая первое годовое кольцо); этим же выражением обозначается величина чешуи за два, три и т. д. года; l_x — длина рыбы за первый, второй, третий и т. д. годы.

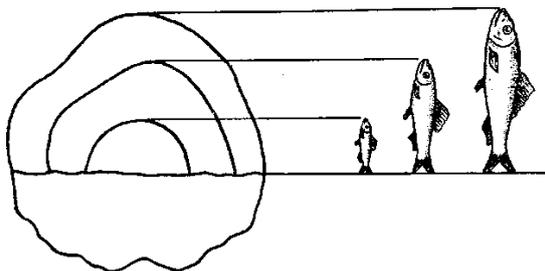


Рис. 1. Соотношение между ростом чешуи и длиной рыбы (по Правдину, 1939).

Следует соблюдать однообразное буквенное обозначение ветчин приведенной формулы. Н.Л. Чугунов говорит: «Вычисленные длины рыбы для первого, второго и т. д. годов принято обозначать l_1, l_2, l_3 и т. д., а буквой L — полную длину исследуемой рыбы. Кроме того, для характеристики величины прироста рыбы по отдельным годам — так называемого темпа роста — вычисляют эти приросты, обозначаемые t , путем вычитания величины рыбы предшествующего года из величины последующего: прирост первого года $t_1=l_2$; $t_2=l_2-l_1$; $t_3=l_3-l_2$ и т. д.». Замечание — это весьма важно, и его следует выполнять при работах по изучению темпа роста рыб. Приведенную выше формулу поясним на примере.

Возьмем четырехлетнюю рыбу, имеющую длину тела (L) 30 см и расчислим темп ее роста. Измерим чешую в том месте, где считали годовые кольца — например, от центра чешуи к ее краю по задней, свободной части чешуи. Наметим для 4 лет кольцо шириной 5 мм, для 3 лет — шириной 4 мм, для 2 лет — 3 мм и для 1 года — 2 мм. Какой размер имела

рыба, когда ей было 3 года?

Решаем формулу, заменяя буквы цифрами.

$$\frac{L}{C} = \frac{l_3}{c_3}; \quad \frac{30 \text{ см}}{5 \text{ мм}} = \frac{l_3}{4}; \quad l_3 = \frac{30 \text{ см}}{5 \text{ мм}} \times 4 = \frac{300 \text{ мм}}{5 \text{ мм}} \times 4 = 240 \text{ мм, или } 24 \text{ см.}$$

Длина тела рыбы в 3 года ее жизни была 24 см; в $\frac{300}{5} \times 3 = 180$ мм, или 18 см; 2 года, за первый год— $\frac{300}{5} \times 2 = 120$ мм, или 12 см.

Следовательно, длины тела рыбы, полученные путем обратного исчисления (в см), таковы: за 1 год l_1 — 12, за 2 года l_2 — 18, за 3 года l_3 — 24. За 4 года l_4 —30 см по непосредственному (эмпирическому промеру). Так как l_4 обозначает длину тела рыбы по нашему промеру, то эту величину (полную длину тела) следует обозначать буквой L . Найденные цифры показывают еще и то, что рыба в длину за каждый год (кроме первого года) прибывала по 6 см, что ее темп роста за второй, третий и четвертый годышел равномерно, давая одинаковые годовые приросты, именно t_2 — 6 см., t_3 — 6 см и t_4 — 6 см.

Целый ряд ихтиологов проверяли и пытались уточнить метод Э. Леа. Многие не соглашались с тем, что рост чешуи рыбы прямо пропорционален росту тела рыбы в длину. Г. Н. Монастырский, например, проанализировав зависимость между длиной тела рыбы и размерами чешуи, пришел к выводу, что прямой пропорциональности между ростом чешуи и ростом рыбы в длину нет, и предложил определять темп роста рыб по чешуе при помощи логарифмических шкал, а также ввел в практику ихтиологов прибор для механического вычисления темпа роста рыб.

Определение возраста с успехом производится с помощью микроскопа. Так, Г.Х. Шапошникова определение возраста молоди семги вела при 80-кратном увеличении. Для обратного расчисления чешую измеряли окуляр-микрометром с помощью передвижного столика микроскопа. «Данные по измерению переднего края чешуи и длины рыбы (по Смитту) подставлялись в формулу:

$$L_n = \frac{V_n}{V} \times L,$$

где L_n искомая возрастная длина, V_n —расстояние между зимними кольцами, V —длина чешуи в делениях окуляр-микрометра от центра до края и L — измеренная длина рыбы».

Техническое выполнение расчетов можно вести или по расчетной (логарифмической) линейке или на счетной машине: длину рыбы делят на всю длину чешуи в делениях окуляр-микрометра и полученный коэффициент помножается на длину чешуи от центра до зимних колец.

Если нужно определить годовые приросты рыбы, то поступают обычным порядком, т. е. вычитают длину тела рыбы за предшествующий

год из длины тела запоследующий.

Помимо чешуи для обратного исчисления берут и кости рыб (шлифы костей): плечевого пояса, жаберной крышки и лучей. Сущность расчетов по костям та же, что и расчетов по чешуе, но пользование костями требует несколько иных приемов.

Шлифы грудного луча осетровых признаются пригодными не только для определения возраста этих рыб, но и для обратного исчисления, однако, как говорит К.Г. Дойников, для обратного исчисления пригодны не все шлифы лучей, а только те, на которых плоскости роста хорошо видны. При исчислении темпа роста азовской севрюги К.Г. Дойников пользовался боковыми ветвями (лопастями) луча на шлифах, так как на этих ветвях зимние кольца наиболее четко выражены. Годовые кольца отдельных шлифов при помощи рисовального аппарата наносились на карточки, затем расчислялись на доске Эйнера Леа.

Методика определения линейного роста взрослого (промыслового) налима по отолитам разрабатывалась и впервые описана А.В. Лукиным. Отолит зарисовывался под лупой с помощью рисовального аппарата Аббе. Затем с точностью до 1 мм измерялись продольная и поперечная оси отолита, а также расстояние от центра отолита до наружной точки периферии по той половине поперечной оси, где годовые кольца выражены наиболее заметно. Исчисление роста велось методом Монастырского (методом логарифмических шкал), и автор пришел к выводу, что в данном случае этот метод «дает достаточно точные результаты».

Лекция 5

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОЛОВОЙ И РЕПРОДУКТИВНОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ

- 1. Значение изучения плодовитости рыб**
- 2. Индивидуальная, относительная и рабочая плодовитость**
- 3. Плодовитость порционно нерестующих рыб**
- 4. Популяционная плодовитость**

1. Значение изучения плодовитости рыб

Рыбы в сравнении с другими позвоночными животными поражают своей высокой плодовитостью, под которой разумеется количество яиц или икринок, откладываемых самкой в течение одного нерестового периода. Известны рыбы, которые за один нерест выметывают по несколько сот миллионов икринок (луна-рыба). Треска и угорь выбрасывают миллионы икринок, а рыб, выметывающих сотни и десятки тысяч икринок, множество. Правда, есть и такие рыбы, плодовитость которых определяется небольшими количествами икры (до нескольких сот яиц — ручьевая форель, до нескольких десятков яиц — морская игла и до нескольких штук яиц - акула катран). Количество икры только до некоторой степени характеризует обеспеченность сохранения и умножения данного вида. Например, речной угорь выметывает до 10 млн. икринок, а горбуша—менее 2000 икринок, т. е. плодовитость угря в 5000 раз выше плодовитости горбуши. Оба эти вида только один раз в жизни оставляют после себя потомство, причем продолжительность жизни горбуши очень коротка, всего 1,5—2 года, а угорь живет около 10 лет. Между тем, едва ли поголовье речного угря в мировом масштабе в 5000 раз больше общего количества горбуши. Сельдь мало плодовитая рыба, а составляет основу мирового рыболовства. Луна-рыба, имеющая плодовитость до 300 млн. икринок, нигде не встречается стадами. Численность стада рыб обуславливается: степенью сохранности оплодотворенной икры, выживаемостью молоди, числом икротетаний, условиями размножения, условиями жизни взрослых рыб и т.п. Тем не менее количество откладываемой икры в сохранении вида — фактор весьма существенный.

Знание количества выметываемой рыбами икры необходимо для практических и научных целей.

Зная среднюю плодовитость разводимых рыб, рыбовод может составить реально осуществимый рыбоводный план завода или пункта и установить количество производителей, которое необходимо для искусственного оплодотворения.

Знание плодовитости необходимо и для суждения об эффективности естественного нереста рыб. При исследовании нереста и нерестилищ количество пришедших на нерестилища производителей и степень (количество) засева их икрой должны учитываться, так как это главнейшие факторы, влияющие на состояние запасов рыб. На определенную

нерестовую площадь нужны определенное количество производителей и определенная густота размещения икры. У некоторых рыб (например, у дальневосточных лососей) можно учитывать количество идущих на нерест производителей и в зависимости от размеров и условий нерестовых площадей пропускать в реки нужное количество рыб. При этом необходимо знать плодовитость рыб.

Так как не всегда возможно провести наблюдения над самим нерестом, то для установления мест и сроков его, а также при работах, связанных с прогнозом численности стада рыб нужно проводить наблюдения над отложенной икрой. Даже количественную оценку размножения того или другого вида рыб для данного года можно давать по наблюдениям за выметанной икрой. Из советских ихтиологов методикой этих наблюдений икры занимался проф. Т.С. Расе, инструкциями которого по сбору икры рекомендуют пользоваться.

Плодовитость рыб может служить отличительным признаком и при расовом изучении рыб. Осенняя кета, выделяемая в особую промысловую и систематическую группу отличается от летней большей плодовитостью.

При рыбоводных и селекционных работах необходимо учитывать разнокачественность икринок у разных особей и даже у одной и той же особи в разных частях яичника. Показатели разнокачественности икринок: диаметр, вес, окраска, размеры желтка.

Методика исследований, связанных с изучением плодовитости рыб, требует уточнения и разработки. Различают индивидуальную плодовитость — общее количество икринок, выметываемых самкой за один нерестовый период; относительную — количество икры, приходящееся на единицу веса самки; рабочую — количество икры, идущее для целей искусственного оплодотворения (этот термин употребляется лишь в рыбоводстве); видовую и популяционную плодовитость.

2. Индивидуальная, относительная и рабочая плодовитость

Для установления средней индивидуальной плодовитости необходимо располагать большим количеством цифрового материала и вести просчет икры надежным способом. Нужно брать икру в стадии наибольшего развития, но до момента наступления икрометания; икру нужно отбирать у самок различного возраста, и при просчете следует вести отдельный учет мелких недоразвившихся икринок, имея в виду, что такие икринки могут остаться невыметанными.

При взятии проб на плодовитость каждую самку нужно измерить и взвесить, а также взять чешую, плавниковый луч или другой объект для последующего определения возраста. Затем рыбу вскрывают, весь яичник взвешивают и отделяют пробу для просчета. Эта проба не должна быть большой: у лососей достаточно брать до 20 г, у других рыб — 5—10 г, у ряпушки — 0,5—2 г, т.е. чем мельче икринки, тем меньше навеска.

Пробу взвешивают на аптекарских весах, кладут в баночку, снабжают этикеткой и заливают слабым (2 %) формалином (1 часть формалина на 19

частей воды). В соответствующем журнале записывают наименование рыбы, время и место поимки, орудие лова, степень зрелости, длины тела: *ab*, *ac*, *ad* и *od*, вес всей рыбы, икры и пробы. Надо оставить графы для вписывания количества икринок в навеске, во всем яичнике, диаметра икринок и для показателей возраста.

Для определения средних размеров икринок рекомендуется взять 10 икринок, расположить их по прямой линии, определить циркулем длину этой линии и разделив ее на 10, получить средний диаметр икринок. Еще лучше определять диаметр икринок спомощью окуляр-микрометра. Так как икра в воде набухает, надо измерять только что изъятые из яичников или фиксированные в формалине икринки. Плодовитость рыб зависит от длины и веса рыбы.

В работе А.И. Ефимовой дана сводка плодовитости щуки обской, волжской и аральской (табл. 1).

Таблица 1 – Средняя индивидуальная плодовитость

Длина, см	Обь		Волга		Аральское море	
	тыс. шт.	% к общему количеству икры	тыс. шт.	% к общему количеству икры	тыс. шт.	% к общему количеству икры
21—45	13	14,6	31	14,4	13	12,0
46—50	17	19,1	44	20,5	25	23,2
51—55	24	27,0	60	27,9	27	25,0
56—60	35	39,3<3	80	37,2	43	39,8

Приведенные данные свидетельствуют о закономерном нарастании количества икры в зависимости от увеличения размеров тела рыбы.

Ф.Д. Великохатко на примере днепровского леща установил зависимость плодовитости от длины, веса и возраста рыбы. Семи- и восьмилетние лещи имеют наиболее высокую плодовитость. «У лещей более старших возрастов относительная плодовитость прогрессивно падает, тогда, как абсолютная плодовитость прогрессивно увеличивается». Самка 11 лет, весом 4315 г имела относительную плодовитость 136 икринок, а абсолютная плодовитость ее была 586530. У самки 6 лет, весом 413 г, относительная плодовитость—201 икринка, а абсолютная 332 850 икринок. Однако, у самых старых рыб наблюдается уменьшение количества икры.

При описании плодовитости все полученные материалы надо сводить в таблицы, для примера табл. 2, взятая из работы М.И. Меньшикова по плодовитости сибирского осетра.

Таблица 2 – Сводка по плодовитости рыб

Номер рыбы	Вся длина рыбы, мм	Возраст	Вес рыбы, г	Вес яичника, г	Плодовитость, шт.	Относительная плодовитость	Число яиц в 1 г	Отношение веса яичника к весу рыбы,
------------	--------------------	---------	-------------	----------------	-------------------	----------------------------	-----------------	-------------------------------------

								%
27	1422	20+	20400	3250	281222	14	89	15,9
26	1447	23+	16200	2060	174131	10	89	12,7
16	1460	24+	24000	3600	342612	14	103	15,0
13	1500	26+	24000	5800	419804	17	77	24,2
14	1500	26+	22500	3700	268546	12	83	16,4
21	1500	23+	24800	3540	349 752	14	131	14,2
46	1504	26+	31000	4300	217924	7	60	13,8
28	1509	24+	26000	4250	345653	13	89	16,4
Средняя	1480	24	23613	3813	299 936	13	90	16

Так как у многих рыб половые железы развиваются неодинаково, например, у мойвы в одном (левом) яичнике было насчитано 7860 икринок, а в другом (правом) — только 475 икринок, и размеры икринок не всегда одинаковы, то навеску для просчета икры следует брать из разных мест и из обеих половинок железы.

Иногда применяется объемный метод определения плодовитости. В настоящее время этот метод допускается только применительно к просчету крупной икры, и всё же точности здесь не достигается. В рыбоводстве объемным способом пользуются при счете икры лососевых и осетровых рыб. Взвешивают всю икру, затем берут 2 или 3 пробы и наполняют ими 25 см³ градуированной мензурки, точно просчитывают число икринок в этом объеме сосуда и по этой пробе определяют количество всей взятой из рыбы икры, объем которой известен.

Объемный способ просчета икры состоит в следующем. Отделенные от оболочки икринки в 70 % спирту помещают в калиброванный сосуд, закрытый пробкой. Через отверстие в пробке вводят планктонную пипетку Гензена: жидкость старательно встряхивают для равномерного распределения в ней икринок, и в то же время в пипетку втягивается 0,5—1 см³ спирта с икринками. Затем пробу распределяют с помощью кисточки на черной навощенной дощечке (10 см²), разграфленной на квадратные сантиметры. Полученные путем подсчета цифры записывают на разграфленную бумагу. Такие подсчеты нужно несколько раз повторить и исходить из средней. Отсюда нетрудно рассчитать общее количество икринок. Например, морская камбала 8 лет, 51 см длины; икринки заключаются в 440 см³ спирта; в пробе (1 см³) подсчитано 776 икринок, следовательно, всего икры 776 * 440 = 341440 шт.

В работе П.А. Дрягина описан графический способ определения плодовитости по диаметру икринок и их общему объему. Измеряют диаметр у 50—100 и более икринок и вычисляют их средний диаметр. Определяют общий объем яиц, содержащихся в яичниках. Затем по графику Байера находят количество яиц в данном объеме.

Относительная плодовитость

Для определения относительной плодовитости берут общий вес рыбы

(кг или г), определяют число икринок во всем яичнике и делят на вес рыбы. Сравнение относительной плодовитости допустимо лишь для отдельных стад одного и того же вида.

Относительная плодовитость важна в рыбоводстве. Имея расчет количества икры на 1 кг веса тела рыбы, можно, но очень грубо определить по весу самки и количество имеющейся в ней икры (количество икры зависит от размера и возраста рыбы).

Рабочая плодовитость

Рабочая плодовитость рыб принимается рыбоводами, и введен этот термин после того, как рыбоводы установили, что они не могут получить такое количество способной к оплодотворению икры, которое соответствует индивидуальной плодовитости каждой самки. Полученная искусственным путем (путем отцеживания) икра тоже не вся остается живой и годной к оплодотворению. В руках более опытного рыбовода рабочая плодовитость будет выше, чем плодовитость той же рыбы, но взятой неопытным лицом. Мало случаев, когда приводят показатели рабочей плодовитости. У П.А. Дрягина есть упоминание, что рабочая плодовитость пеляди составляет около 73 % от абсолютной плодовитости.

3. Плодовитость порционно нерестующих рыб

Порционное икрOMETание, когда рыба в течение одного нерестового сезона откладывает икру несколько раз, т.е. порциями, было подмечено у сельдей К.А. Киселевичем, у карповых рыб П.А. Дрягиным. Статьи П.А. Дрягина остаются основными руководствами при изучении порционного икрOMETания рыб.

Диаметр икры таких рыб имеет различные величины. У густеры перед моментом откладывания первой порции икры можно видеть четыре группы яиц в мм:

- икра первой порции – с диаметром преимущественно 0,8-1,2;
- икра второй порции – с диаметром преимущественно 0,4-0,6;
- икра второй порции – с диаметром изредка 0,7;
- икра третьей порции – с диаметром преимущественно 0,2-0,3;
- икра третьей порции – с диаметром изредка 0,4

Среди икры, которая должна быть выметана в текущем году, есть немалое количество икринок с меньшими диаметрами – до 0,1-0,2 мм.

Четвертая (последняя или резервная) группа яиц будет выметана в следующем году, и количество икринок, содержащихся в этой группе, нельзя засчитывать в плодовитость рыбы.

При определении плодовитости порционно нерестующих рыб приходится различать плодовитость по каждому отдельному вымету, плодовитость по остаточной икре и общую, индивидуальную плодовитость. Последняя может быть определена до начала первого нереста по сумме всех икринок, включая крупные и все мелкие икринки; у особей последующих нерестов, т.е. второго, третьего и т.д. выметов, можно определить лишь остаточную плодовитость по учету крупной и мелкой

остаточной икры.

Следует иметь в виду, что у некоторых мелких и скороспелых видов рыб, обладающих особым типом непрерывающегося овогенеза, фактически нельзя определить общую плодовитость без экспериментальных данных. У таких видов все время в течение нерестового периода идет пополнение созревающих овоцитов разных стадий развития гамет из так называемых резервных овоцитов. Например, П.К. Гудимович (1952) в период наблюдений нереста черноморской султанки с 4 по 20 июня 1951 г. отмечал у нее лишь три порции икры, тогда как Л.С. Овен (1961), наблюдая нерест черноморской султанки в аквариумах Карадагской биологической станции, установила у этого вида ежесуточный нерест, повторявшийся до 60 раз за нерестовый сезон (при подкармливании).

Видовая плодовитость

Видовая абсолютная плодовитость — сумма икринок, откладываемых самкой в продолжение всей жизни, видовая относительная плодовитость показывает суммарную производительность яиц на единицу веса тела рыбы за всю ее жизнь.

В понятие о видовой плодовитости рыб значительную ясность внес С.А. Северцов, указавший, что плодовитость, основанная только на подсчете икринок без учета значения других констант, является плодовитостью кажущейся, и предложил особую формулу для определения относительного показателя видовой плодовитости. Северцов С.А. считает, что плодовитость каждой популяции вида определяется наследственными константами размножения, обозначенными буквами: r — среднее число детенышей на пару в год (годовой цикл j жизни животных); j — средняя величина возраста первого плодоношения самки; p — период между двумя последовательными деторождениями этой самки; s — отношение числа самок к числу самцов.

Формула Северцова имеет вид:

$$q = (1 + r)^{\frac{1}{pjs}} \quad \text{или} \quad q = \sqrt[pjs]{1 + r} = \sqrt[pjs]{p} \quad (\text{для рыб}).$$

В применении к рыбам r — индивидуальная плодовитость, j — возраст при наступлении половой зрелости, p — период между двумя икрометаниями.

Пользуясь такой формулой, А.И. Ефимова определила видовую плодовитость щуки для двух разных районов: для Оби и для Волги.

У волжской щуки видовая плодовитость ниже, чем у обской, хотя индивидуальная плодовитость у волжской выше. Таким образом, повышение видовой плодовитости может идти или через повышение плодовитости индивидуальной, или через более короткие сроки полового созревания, или путем многократности размножения.

Наименьшие показатели, пишет П.А. Дрягин, имеют виды, подвергающиеся слабой межвидовой конкуренции и ничтожному воздействию хищников (осетр, стерлядь), и хищные рыбы (нельма, щука). Наибольшие показатели свойственны рыбам, испытывающим острую

межвидовую конкуренцию, пресс хищников, или подверженных большой естественной смертности (тугун).

Б.Г. Иоганзен указал, что в формуле определения показателя видовой плодовитости С.А. Северцова не учитывается продолжительность жизни особи, а в связи с этим и число нерестов. Поэтому им предложена следующая формула для определения относительного показателя видовой

$$\sqrt[n]{rx},$$

плодовитости:

где x — число икротетаний в течение жизни. Этим автором из формулы исключается показатель s .

4. Популяционная плодовитость

Популяционная плодовитость — количество зрелых икринок, выметываемых всеми самками популяции за один нерестовый сезон.

В.С. Ивлевым обоснована необходимость более точной оценки видовой плодовитости рыб с учетом локально выраженной возрастной неоднородности их стад. Им предложен показатель популяционной

$$R = \frac{k \sum_{t^I}^{t^{II}} \kappa p n \sum_{t^I}^{t^{II}} \frac{pf}{t + m}}{100 \sum_{t^I}^{t^{II}} pt},$$

плодовитости (R), который вычисляется по следующей формуле:

где t — возраст в годах; t^I — возраст, при котором наступает половозрелость; t^{II} — возраст, при котором особи прекращают нереститься (максимальный возраст рыб в популяции); p — относительная величина данной возрастной группы, выраженная в % от общего количества половозрелых особей; n — абсолютная плодовитость одной самки данного возраста; f — число самок в средней пробе; m — число самцов в средней пробе; k — число икротетаний в течение года.

Г.В. Никольский и Т.Н. Белянина при подсчете плодовитости одного и того же стада рыб в разные годы считают возможным упростить формулу В.С. Ивлева, определяя плодовитость популяции рыбы на 1000 шт. самок при данном возрастном составе и данной средней плодовитости рыб каждой возрастной группы. Г.В. Никольский указывает, что этот показатель позволяет правильно оценивать плодовитость стада и его динамику для рыб с единовременным икротетанием.

Приступающие к сбору материалов по плодовитости рыб обычно задают вопрос: какое количество проб необходимо брать? Едва ли можно на такой вопрос дать ответ, пригодный для любого вида рыб. Количество икры зависит и от длины рыбы, и от веса, и от возраста. Размеры икринок у рыб различны, у разных рыб навески икры для просчета нужно брать

разные. Одни исследователи ограничиваются определением плодовитости лишь нескольких штук самок, другие исследуют сотни рыб.

Необходимо определять плодовитость у каждой возрастной группы. Возрастных промысловых групп обычно немного — менее 10. Нередко в промысловом стаде преобладают только 2—3 возрастные группы. Единичные особи самых старших групп не могут влиять на среднюю плодовитость вида, определение плодовитости таких отдельных самок имеет лишь частный интерес, как показатель максимальных количеств икры. Исходя из таких соображений, можно рекомендовать брать в каждой возрастной группе по 10 яичников, т.е. всего для каждого вида соберется 100 проб (в том случае, когда возрастных групп 10, в действительности этих групп бывает меньше).

Лекция 6

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ РЫБ

- 1. Абсолютные методы определения численности стада**
- 2. Относительные методы оценки численности стада рыб**
- 3. Математические модели динамики численности рыб**

1. Абсолютные методы определения численности стада

Одной из серьезных методологических задач современной экологии в целом и гидроэкологии в частности остается проблема количественного учета населения и его динамики под воздействием факторов среды. В ихтиологии она актуальна с момента становления ее как науки до настоящего времени. Уже накоплен огромный опыт определения абсолютной и относительной численности рыб, описано большое число методик и способов расчета плотности ихтиомассы в водоемах разного типа и на разных биотопах одного водоема, однако проблему еще нельзя считать решенной.

Существующие в настоящее время методы определения общей или абсолютной численности рыб условно могут быть разделены на 2 группы. К первой из них относятся все методы прямого учета числа особей, находящихся над определенной площадью дна или в единице объема водной толщи. Этот учет осуществляется путем отлова икры, молоди или взрослых рыб различными орудиями лова, по данным наблюдений с воздуха и аэрофотосъемки, путем расшифровки эхолотных записей и подводного фотографирования, прямыми подсчетами рыб, проходящих через фиксированный створ реки или рыбохода и особей, погибших в процессе химической очистки водоемов.

Вторую группу составляют расчетно-аналитические методы и методы математического моделирования численности популяций, основанные на прямых и косвенных показателях пополнения и убыли (естественной и промысловой) и данных мечения.

Основным недостатком существующих методов определения численности рыб в водоемах оказывается то, что они могут быть применимы или только в строго определенных экологических ситуациях (например, все методы прямого учета), или по принципу применимы широко, но неточны.

Основные трудности использования прямого счета заключаются в технической сложности облова за короткие сроки значительной акватории и в непостоянстве коэффициентов уловистости существующих орудий лова, связанном с пятнистостью распределения скоплений рыбы, а также с возрастными и сезонными изменениями жизнедеятельности образующих популяции группировок особей.

Общий недостаток существующих расчетно-аналитических методов определений и математических моделей численности заключается в том, что все они пока построены на основе весьма условных представлений о фактическом ходе пополнения и убыли особей в изучаемых популяциях и не учитывают в нужной мере комплексного воздействия на динамику

численности факторов среды.

Расчет предполагаемого улова при применении методов определения относительной величины запаса зависит не только от динамики возрастного состава, то есть от урожайности поколений и темпа их изъятия промыслом, но и от степени изменения биологических свойств популяции (темпа роста, созревания, продолжительности жизненного цикла и др.). Эти изменения регулируются условиями внешней среды и зависят от численности популяций, ежегодно меняющейся в соответствии с эффективностью воспроизводства, в некоторых случаях – с интенсивностью промысла.

Расчет промыслового запаса ведется в следующей последовательности: пополнение, рост, естественная убыль, промысел.

Пополнение рассчитывается на основании количественного учета молодежи и экстраполяции полученных данных с аналогичными результатами прошлых лет.

Количественный учет молодежи проводится по средним уловам выметанных икринок с учетом этапов и стадий развития, по средним уловам личинок в период перехода их на активное питание, по средним уловам сеголеток, по средним уловам младших возрастных групп (до наступления половой зрелости), после того как прошел массовый отход икринок и личинок.

При этом преимущественное значение имеет учет сеголетков (или младших возрастных групп), так как между относительной величиной поколения, учтенной по промысловому возврату, и средним уловам сеголеток данного поколения имеется тесная связь.

Первые попытки определения численности рыб по пелагической икре были сделаны на треске в 1892 г. Гензенем и Апштейном.

Облов пелагической икры производился планктонными сетями. Определив сроки икротетания, район и глубины распределения икры и этапы развития икры и личинок, подсчеты производили умножением количества икры, приходящейся на 1 м², на общую площадь моря, где встречалась икра.

Затем, принимая во внимание плодовитость одной самки, определялось количество отнерестившихся самок: по соотношению самцов и самок вычислялась величина нерестового стада:

$$N = \frac{p}{q} * Q,$$

где N – общее количество выметанных икринок; p – среднее число икринок в улове; q – обловленный объем; Q – общий объем воды в исследуемом районе.

$$S_t = \frac{N}{n} * S,$$

где S_t – величина нерестового стада; S – соотношение полов; n – средняя плодовитость (ИАП); N – общее число выметанных икринок.

Для получения относительных величин численности трески этот метод, где он был впервые использован, вполне применим, однако для определения абсолютной численности нерестового стада этим способом требуется учет столь многих поправок, что практически этот метод оказывается

применимым лишь в редких случаях.

Погрешности этого метода связаны с недоучетом гибели развивающейся икры, с неравномерностью распределения ее по глубинам, недостатками в конструкциях орудий лова, что отражается на их уловистости (отношении икринок, находящихся в единице объема, к числу икринок, попавших в орудие лова):

$$P = \frac{N}{n \cdot S \cdot \left(1 - \frac{k_1 \cdot d_1}{T}\right)}$$

где P – величина запаса; N – количество икры; S – соотношение полов; n – средняя индивидуальная абсолютная плодовитость (ИАП); k_1 – смертность икры до вылупления; d_1 – время между нерестом и взятием проб; T – период инкубации в сутках.

Попытки определения численности сельди у берегов Норвегии по донной икре предпринимались Руннстремом.

Регулярные обследования нерестилищ охотоморской сельди, откладывающей икру на донную растительность в прибрежье, с целью определения в начале нерестового запаса, а затем и численности проводились Охотской лабораторией ТИНРО с конца пятидесятых годов прошлого столетия.

Нерестовый ареал охотской сельди только по западному побережью Охотского моря составляет более 500 миль. Учет отложенной икры проводился на подконтрольных нерестилищах от зал. Шельтинга до Аяна. Средством передвижения были самолеты АН-10 и малогабаритные суда (катера и рыболовные боты). Непосредственно на нерестилищах работали с весельных лодок. На каждом участке для обнаружения и оконтуривания обикренных площадей тралили треугольной ручной драгой.

На наиболее типичных по мощности обикрения участках нерестилищ выбирали контрольные площадки 20×20 см, с которых брали и фиксировали в формалине пробы облепленного икрой субстрата.

При камеральной обработке материалов в каждой пробе путем навесок определяли количество икринок, а затем по этим данным подсчитывали всю икру, отложенную сельдью на учтенной площади нерестилищ.

Зная плодовитость сельди в конкретном году, высчитывали количество отнерестившихся самок, по соотношению самцов и самок определяли величину нерестового стада.

Суть дальнейших расчетов состояла в следующем: годовой коэффициент естественной смертности охотской сельди по П.В. Тюрину оказался равным 35 %, при этом промысловое изъятие могло быть порядка 25-30 %.

Охотская сельдь созревает к 4 годам, незначительная часть достигает половой зрелости в 2-3 года. Определив соотношение половозрелой и неполовозрелой рыбы в каждой возрастной группе в нагульном стаде или перед зимовкой, можно посчитать весь промысловый запас.

Количество рыбы в нагульный период:

$$K = \frac{P_n * (K_v + K_o)}{n} + K_o$$

где K – количество рыбы в нагульный период; P_n – % неполовозрелой рыбы перед зимовкой; K_v – количество рыбы, выловленной при нересте; K_o – количество отнерестившейся рыбы, учтенной по отложенной икре; n_n – % половозрелой рыбы перед зимовкой.

Учет пелагической икры (белого амура) проводился Фарышевым Н.И. в русле Амударья в семидесятые годы прошлого столетия.

Станции облова выбирались в потоке основных струй, желательнее их делать по всему русловому сечению.

Ловушки длиной 2,5 м с площадью входного отверстия – 0,25 м² крепились фалом к лодке, поставленной на якорь.

Продолжительность экспозиции составляла 5 мин, для сравнения брались данные за 4 часа, количество воды в м³/сек, прошедшее через русло, предоставляла Гидрометеостанция.

Коэффициент уловистости ловушек определялся специально и был принят равным 0,7.

Затем среднее количество икры в сутко-станции перемножалось на объем воды, прошедшей через русло.

Оценка биомассы минтая в Беринговом море по пелагической икре и личинкам с учетом смертности производилась Булатовым О.А. в восьмидесятых годах прошлого столетия с использованием следующих уравнений:

$$N_{\text{общ}} = \gamma * (N_1 + N_2 + N_3) + \gamma * N_{\text{лич}},$$

$$N_{\text{♀♀}} = \frac{1,14 * N_{\text{общ}}}{R},$$

$$N_{\text{♂♂}} = N_{\text{♀♀}} * \frac{Y}{X} + N_{\text{♀♀}},$$

где $N_{\text{общ}}$ – общее количество икры; γ – уровень выживания от N_0 до $N_{\text{лич}}$;

N_1, N_2, N_3 – численность икры на разных стадиях; R – индивидуальная абсолютная плодовитость; Y/X – соотношение самцов (♂) и самок (♀).

По данным учета икры и личинок можно судить об относительной мощности поколений, в меньшей степени эти данные могут быть использованы для абсолютных расчетов. Чаще всего по учтенной икре и личинкам можно составить суждение о тенденциях изменения численности поколений и использовать эти данные для изучения причин, обуславливающих выживание эмбрионов и личинок на ранних стадиях их развития.

Установлено, что наиболее точные результаты получают при учете икры на стадии дробления, позже количество живой икры отражает влияние условий среды на ее выживание.

Сопоставление количества живых икринок с количественными параметрами основных факторов среды обитания помогает получить в

полевых условиях данные о требованиях организма к факторам среды и установить оптимальные условия для выживания эмбрионов.

Количественный учет икринок и личинок представляет известные трудности, при этом сеголетки считаются менее активными, чем последующие возрастные группы, и облавливаются равномернее.

Прежде чем начинать количественный учет молоди, необходимо установить ареал распространения ее, убедиться в том, что он относительно постоянен. Затем необходимо выявить распределение молоди по сезонам в соответствии с глубиной, соленостью, распределением кормовых организмов и другими факторами.

В исследовательской практике на внутренних водоемах для определения численности разновозрастных рыб наиболее широко применяется метод площадей, принцип которого достаточно прост и заключается в том, что количество рыбы, пойманной на определенной площади или в определенном объеме воды, относится ко всей площади (объему воды) водоема или его части, занятой скоплением рыбы.

Расчет ведется по формуле:

$$N = \frac{P * m}{P_1} * KK_1,$$

где P – площадь района учета; m – улов в единицу времени; P_1 – площадь, обловленная орудием лова; KK_1 – коэффициент уловистости, или количество пойманных рыб к количеству рыб, находящихся в зоне облова.

Величина контрольного улова определяется весьма точно, так как вылов учитывается по каждому виду рыб поштучно.

Объем процеженной тралом воды и площадь облова рассчитываются по величине раскрытия трала и расстоянию его прохождения в толще воды. Погрешности в определении облавливаемой площади зависят от выбора галсов, от точности измерения скорости и направления движения судна с тралом относительно дна. Обычно эта погрешность составляет 5-10 %. Наиболее сложно определить коэффициенты уловистости трала (K и K_1).

Как показывают наблюдения, уловистость любого орудия лова зависит от факторов биотического и абиотического характера. К первым следует отнести состояние самих рыб: их подвижность, активность, реакцию на орудие лова, стайность, особенности распределения и условия нагула, ко вторым – неровности дна, конструкции орудий лова, изменения температуры, погодные условия.

Таким образом, практически невозможно установить единый коэффициент уловистости даже одного трала при различных экологических ситуациях. При этом надо помнить, что орудия лова имеют четко выраженную селективность относительно размеров и вида рыбы.

Коэффициент вертикальной уловистости в значительной степени определяется горизонтом траления. Донный трал в 2-3 раза уловистее пелагического, что, вероятно, обусловлено тем, что у дна рыбе труднее его избежать. Для учета вертикального распределения иногда вводят поправку на соответствие высоты изучаемого скопления (h скопления), что

регистрируется по показаниям эхолота, к вертикальному раскрытию трала (h траления). В этом случае коэффициент поправки (K) равен:

$$K = \frac{h_{\text{скопления}}}{h_{\text{траления}}},$$

В рыбохозяйственной практике, особенно на внутренних относительно мелководных водоемах, часто не производят деления уловистости на вертикальную и горизонтальную составляющие, вводя общий показатель уловистости.

Вариации уловистости одного и того же трала даже в сходных условиях весьма значительны. Например, при траловом лове леща на Цимлянском водохранилище K колебался от 0,28 до 0,104. По другим данным уловистость трала в этом же водоеме имела размах 0,22-0,47, а при облове ряпушки в озере Плещеево в ночное время варьировала в пределах 0,2-0,75 (в среднем 0,4). Днем рыба совершенно избегала трала.

Исходя из многолетней практики, погрешность уловистости трала оценивается в 60 %. Она в основном определяет точность расчета плотности рыб по траловым уловам.

Еще более существенную погрешность получают при экстраполяции полученных данных по плотности на весь водоем, где распределение рыбы не равномерно. Для уменьшения дисперсии оценки применяют метод изолиний, заключающийся в разделении изучаемой акватории на участки с одинаковой плотностью рыбы. При этом, чем больше частота выборки плотности, тем меньше дисперсия и соответственно погрешность оценки.

На внутренних водоемах не все участки могут быть одинаково интенсивно облавливаемы тралом. Более того, при высокой подвижности рыб необходима синхронная съемка всей изучаемой акватории, что не всегда осуществимо. В этих случаях приходится по 10-30 разрезам, где определена плотность, рассчитывать численность рыб на акватории, в десятки тысяч раз большей.

Так, например, при определении численности леща в Каховском водохранилище траления были проведены по 31 разрезу с разрывом в 10 км, а эти же расчеты для озера Ильмень основаны всего на 23 тралениях. Поскольку внутренние водоемы характеризуются большим разнообразием биотопов, где плотность рыб варьирует в десятки и сотни раз, погрешность в оценке общей численности рыб может достигать 250-300 %.

Однако во многих ситуациях при возможности охвата исследуемой акватории достаточно плотной сеткой станции и экспериментальном определении уловистости конкретного трала для основных видов рыб расчетная оценка величины стада может быть вполне удовлетворительной. Более того, в ряде случаев, например, при учете донных рыб, подобный метод оценки является наиболее удобным и точным.

С появлением рыбопоисковой техники метод площадей резко повысил объективность. Уже накоплен большой опыт применения гидроакустических методов оценки рыбных запасов в морях. В последние годы эти методы широко внедряются во внутренних водоемах. Их применение позволяет в

расчетах полностью исключить ошибку уловистости орудий лова, анализировать весь столб воды (высоту исследуемого скопления рыбы), обследовать любые участки водоема, где глубины соответствуют режиму работы рыбопоисковых приборов, обеспечив нужную быстроту съема информации с большой акватории и внедрив автоматизацию расшифровки показаний приборов, уменьшить субъективную ошибку подсчета эхомишений.

Численность рыб гидроакустическим методом находят следующим образом: выполняют детальную эхометрическую съемку исследуемого района по системе определенных разрезов, разбивают каждый из них на более дробные участки и находят плотность рыб на каждом участке, зная число «высвеченных» рыб и объем зоны действия прибора. Далее, проведя интерполяцию данных на «непросвеченную» область и просуммировав все, находят численность рыб в скоплении или в водоеме.

Расшифровка показаний приборов проводится либо визуально, либо автоматически с помощью эхосчетчиков или эхоинтеграторов, которые суммируют показания прибора в заданный отрезок времени.

Визуальная расшифровка в настоящее время проводится в основном не для исследования численности, а при изучении распределения рыб, но она вполне применима и для количественной оценки разреженных скоплений, если в зоне действия прибора на одном горизонте находится не более одной рыбы.

Численность рыб гидроакустическим методом рассчитывается по следующей формуле:

$$P = \frac{N}{h^2 \cdot V \cdot t \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}},$$

где P – плотность скопления, шт./м³; N , t – число отметок на эхолотной ленте за время t , часах; h – глубина водоема, м; α – угол излучения вибратора, берется по паспорту эхолота.

Так при определении численности осетровых в р. Волга (ширина зоны действия гидролокатора «Лещ» составляет 5-6 м на глубине 15-20 м) подсчет количества эхомишений оказался наиболее точным (погрешность составила менее 10 %) только в том случае, если между ближайшими рыбами по горизонтали расстояние было не мене 5-6 м. Нередко плотность рыб такова, что сигналы от отдельных особей визуально различить трудно, погрешность учета эхомишений в таком случае достигает 50 %. Так при определении численности осетровых под плотиной Волжской ГЭС в 1981 г. плотность варьировала в пределах 0,02-0,1 шт./м². Это обусловило сравнительно небольшую точность при гидроакустической оценке мощности подплотинного скопления осетровых, которая была оценена как 57±24 тыс. производителей. Однако эти данные уже можно было использовать в целях рыбохозяйственного прогнозирования.

Для стайных рыб выделить отдельные эхосигналы визуально нельзя. В этом случае численность рыб рассчитывается по количеству и размерам стай на эхограммах, а плотность рыбы в стае находится по контрольным уловам,

то есть неизбежно вводится коэффициент уловистости трала. Более точно плотность стай определяется с помощью кино- и фотосъемки и погрешность в расчетах здесь оценивается в 10-15 %. Но фотосъемка возможна только в высокопрозрачных водах. Идентификация вида рыб осуществляется по анализу контрольных уловов, проводимых в местах эхосъемок. Ясно, что для разнообразных скоплений точность определения соотношения рыб различного вида будет обусловлена возможностями облова. При этом возникает погрешность, связанная с неодинаковой уловистостью даже одного и того же орудия лова для различных видов. Опыт показывает, что некоторые виды рыб, например, судак в дневное время в трал попадают значительно реже, чем ночью. Это необходимо учитывать при оценке численности рыб в смешанных скоплениях по видам. Наименьшая разница уловистости трала для различных видов рыб отмечается в темное время суток.

И.Л. Калихманом показано, что систематическая ошибка в определении плотности пелагических скоплений рыб составляет 33 %. Однако при выполнении требований к повышению точности, ошибка в определении плотности может быть уменьшена до 20 %, при этом погрешность в расчетах гидроакустическим методом может быть гораздо меньшей.

Гидроакустические методы, повышая класс точности определения величины рыбных запасов, имеют область ограничений, которые обусловлены особенностями распределения рыб. Значительная масса рыб, преимущественно бентосоядных, сосредотачивается в придонных слоях воды. Минимальное расстояние от дна, при котором рыба обнаруживается с помощью рыбопоисковых приборов, определяется длительностью импульса и шириной «высвечивания». Например, гидролокатор «Лещ» регистрирует только рыб, которые находятся в 0,3-0,5 м выше дна. Для регистрации рыб вблизи дна требуется существенное увеличение разрешающей способности рыбопоисковой аппаратуры.

Большие возможности в регистрации придонных скоплений дают знания особенностей их суточных вертикальных миграций, позволяя приурочить проведение гидроакустических съемок к периоду массового подъема рыб от дна в толщу воды.

Существенные ограничения применения рыбопоисковых приборов связаны также с тем, что во внутренних водоемах значительная масса пелагических рыб сосредотачивается в приповерхностном слое воды, находящемся в «мертвой» зоне гидролокатора. Это ограничение полностью снимается при буксировании приемно-передающих устройств на глубине и при просвечивании толщи воды не от поверхности, а, наоборот, от дна к поверхности.

При работе на малых глубинах неизбежны погрешности в учете рыб, связанные с их отпугиванием от идущего за эхолотом судна и уходом из зоны действия прибора. В этом случае помогут существенно снизить погрешность буксируемые приемно-передающие устройства, так как плотность рыб будет рассчитываться не под судном, где количество рыбы

падает в десятки раз, а в стороне от него.

Диапазон применения гидроакустических методов значительно расширяется при их комбинировании с биотелеметрией, контрольными обловами и средствами наблюдения с подводных аппаратов.

Методы учета численности движущихся рыб

Для учета численности стада проходных и полупроходных рыб существенное значение имеют способы оценки количества рыбы, прошедшей за определенный отрезок времени через поперечное сечение участка реки, лежащего ниже нерестилища. Впервые в России этот метод оценки численности мигрирующего стада был предложен Ф.И. Барановым для учета численности мигрирующей воблы. Для учета пользовались закидным неводом. Ф.И. Баранов принимал, что общее количество рыбы, прошедшее через облавливаемый участок реки, равно:

$$N = n \cdot U \cdot S \cdot T,$$

где N – общее число рыб, прошедших через облавливаемый участок реки; n – число рыб на единицу площади; U – скорость хода рыбы; S – ширина реки;

T – время между двумя заметами.

Однако таким способом лишь в редких случаях удается установить абсолютную численность прошедших рыб. Это связано с неравномерностью распределения движущихся рыб поперек русла, разной уловистостью невода в отношении рыб, встречающихся с неводом в разные фазы притонения. Этот метод более применим для учета относительной численности мигрирующих рыб.

Точность этого метода проверялась на примере расчета абсолютной численности нерестовой популяции осетровых, мигрирующих из Каспия в реку Волга. Отлов производителей производился на экспериментальной тоне «Мужичья», расположенной в 65 км выше г. Астрахани и действующей весь период открытой воды. Определялось количество рыб на всем сечении реки во время контрольных неводных обловов, и полученная величина экстраполировалась на период, когда облова не было.

Наибольшая погрешность расчета возникает при определении количества рыб, проходящих через все сечение реки за весь день работы невода:

$$N = \frac{q}{K} \left(1 + \frac{S_2}{S_1} \right),$$

где N – количество рыб; K – коэффициент уловистости; q – улов; S_1 – облавливаемая площадь; S_2 – необлавливаемая площадь.

Наиболее переменным оказался коэффициент уловистости. Коэффициент уловистости (K) для закидных неводов на промысле осетровых составляет 0,18-0,75 (в среднем 0,38) или 0,17-0,56.

Следующий источник ошибок связан с определением общей облавливаемой неводом площади сечения реки. Погрешность определения площади облова оказалась равной 26 %, а после пересчета количества рыб на все сечение реки – 30 % при допущении, что мигрирующие рыбы

распределяются по нему равномерно. Однако, телеметрические наблюдения показывают, что осетровые преимущественно мигрируют вблизи русловых склонов, что вносит в расчет дополнительную погрешность еще на 30 %.

На втором этапе расчетов численности рыб по контрольным обловам величина экстраполируется на весь период нерестового хода с учетом времени действия невода, суточной и сезонной ритмики миграции. Первый показатель легко поддается строгому учету и его погрешность невелика. При большей повторности измерений (экспериментальная тonya работает весь период открытой воды) сравнительно точно и характеризует особенности сезонного хода рыбы.

Однако анализировать суточную ритмику активности рыб по уловам трудно. По одним данным дневные уловы рыб не отличаются от ночных, по другим наибольшая интенсивность хода приходится на ночное время, по данным телеметрических наблюдений в ночное время двигательная активность осетров в среднем на 20 % выше и в этот период лова больше их количество успешно минует тоневаый участок. За счет неравномерности суточной активности рыбы погрешность в оценке численности на створе тоневого участка за сутки равна 20 %. В итоге общая погрешность в расчете численности, мигрирующих рыб методом контрольных обловов за весь сезон составляет не менее 50 %.

Наиболее широко применяется количественный учет проходных дальневосточных лососей во время их нерестовой миграции. Этим способом удается в течение ряда лет учитывать численность отдельных локальных стад, заходящих для нереста в определенные реки. Многолетние материалы накоплены в отношении стад Камчатки, Сахалина, Приморья, Охотского побережья. Обычно подсчет проводится визуально путем учета рыбы, периодически пропускаемой через специальные окошки в перегородивающих реку сплошных заграждениях.

На Аляске проходящих к нерестилищам рыб подсчитывают путем периодической киносъемки рыб, пересекающих выложенные на дне белые панели, и путем экстраполяции пересчитывают на сутки.

Затем, используя соответствующий эмпирический переводной коэффициент, подсчитывают абсолютное количество рыб, прошедших за определенный промежуток времени данное сечение реки. В 1955 г. в день снимали в среднем 1440 кадров.

Разница между данными, полученными путем непосредственного подсчета и путем пересчета рыб с кинокадров, оказалась очень небольшой, она составляла в среднем 1,91 %.

В.Р. Протасов и Ю.А. Митрохин сконструировали прибор, позволяющий подсчитывать количество и измерять длину рыб, проходящих через определенный участок (рис. 1).

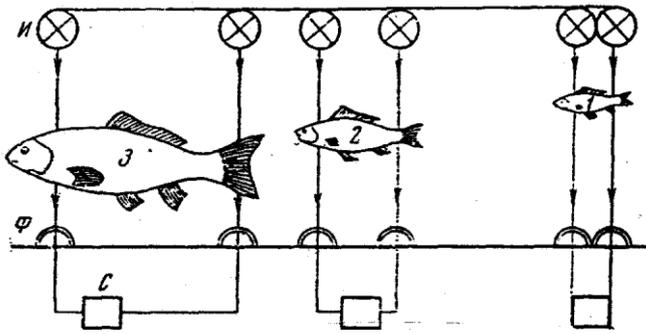


Рис 1. Схема размещения фотоэлементов и источников света, позволяющая регистрировать рыб по размерам (по Протасову и Митрохину, 1960): Ф – фотоэлементы; И – источник света; С – счетчики; 1, 2, 3 – учитываемые размерные группы

Рыбы, проходящие через определенный отсек, прерывают свет, тем самым отмечаются как длина рыбы, так и число рыб, прошедших через определенное отверстие. Недостаток метода заключается в том, что он не позволяет учитывать видовую специфику проходящих рыб; кроме того, в некоторых случаях две, проходящие непосредственно одна за другой рыбы могут сливаться. Основная сложность заключается в обеспечении раздельного учета при совместной миграции нескольких видов рыб.

Точность учета в таких условиях в основном зависит от длительности работы наблюдателя или качества счетных устройств. Ошибка может быть сведена к минимуму, если учет производится круглосуточно на протяжении всего нерестового периода. Однако при этом необходимо учитывать, что не все производители заходят в ловушки, часть рыбы отпугивается и скатывается назад или длительное время передвигается перед ловушками. Этого недостатка легко избежать, если использовать электронные счетчики, устанавливаемые прямо на дне реки без перекрытия ее заграждениями. Например, разработано счетное устройство, в основе которого лежит прокладка по дну поперек реки кабелей с интервалом, соответствующим размерам учитываемых рыб. Проплывающие над кабелями рыбы вызывают в них изменение электропроводности, что отмечается регистрирующим прибором высокой точности.

Однако экстраполяция точных данных, полученных для нескольких малых рек на весь нерестовый район, может быть отягощена большими ошибками из-за сильной изменчивости роли этих рек в воспроизводстве рыбных запасов.

Так же, как учет рыб при нерестовой миграции, в ряде случаев возможен и учет скатывающейся молоди проходных рыб, особенно молоди лососей. Редко удается осуществить абсолютный учет всей скатывающейся молоди. Обычно же учет покатной молоди ловушками дает лишь относительные величины:

$$A = \frac{N \cdot T \cdot S_1 \cdot K}{M \cdot S \cdot t},$$

где t – время экспозиции; N – поймано молоди за ночь; M – количество обловов; T – покатный период; K – коэффициент неравномерности распределения; S – площадь ловушки; S_1 – площадь сечения реки.

В крупных реках величина нерестового стада иногда определяется путем анализа промысловой статистики.

$$A = \frac{N \cdot T \cdot K}{t \cdot n},$$

где N – количество рыбы, вылавливаемое за сутки; T – время хода рыбы в реке; K – коэффициент перекрытия реки; t – время замета; n – количество заметов.

Например, установлено, что стационарный береговой промысел отбирает 40-70 % тихоокеанских лососей, подошедших к своим нерестовым рекам. При одинаковой ежегодной интенсивности промысла и величине промыслового изъятия можно оценить количество рыб, вошедших в реки. Погрешность оценки в этом случае за счет ошибки в определении доли изъятия может достигать 50 %, а из-за особенностей поведения рыб, вызывающих их перераспределение на местах промысла или сдвиги нерестового хода во времени, пока не поддается учету. В результате подобного расчета с использованием данных по интенсивности и прибрежного морского промысла общая численность нерестовой популяции камчатского кижуча была оценена, например, величиной 4-7 млн. экз. с погрешностью в 27 %.

Большое распространение при оценке численности нерестовых популяций тихоокеанских лососей получил авиаучет. Авиаразведка позволяет в кратчайшие сроки провести обследование нерестовых угодий и степени их заполненности производителями на больших акваториях. По этим данным, например, нерестовый фонд лососей в водоемах Камчатки составляет в отдельные годы 200-260 млн. экз. При точности оценки нерестовых угодий в 12 %, как отмечает А.В. Евзеров, при авиавизуальном учете численности лососей в нерестовых реках надо учитывать два источника погрешностей: опыт наблюдателя и дискретность авиаучета. Средняя ошибка в учете мигрантов, по мнению автора, составляет 14 %.

Использование авиаучета ограничивается верховьями рек и мелкими притоками, где небольшие глубины и высокая прозрачность воды позволяют проводить непосредственные наблюдения с самолета.

Учет численности стада путем мечения

Определение абсолютной численности стада рыбы при помощи мечения основано на допущении, что число помеченных рыб так относится к числу вторично пойманных рыб с метками, как количество добытых промыслом рыб относится ко всему количеству рыб промыслового размера в водоеме, т.е. имеет место следующее соотношение:

$$\frac{N}{C} = \frac{T}{R}, \quad (1)$$

$$N = \frac{T \cdot C}{R}, \quad (2)$$

где N – промысловое стадо; C – величина вылова; T – число помеченных рыб; R – число рыб, пойманных с метками.

Уравнение 2, предложенное З. Шнейбел. в котором просуммированы

данные по мечению и вторичному вылову меченых рыб за определенный период:

$$N = \frac{\sum_{t=1}^T C \cdot T}{\sum R},$$

где C – величина улова; T – число помеченных рыб; R – число рыб, пойманных вторично.

Однако практически, пользуясь этим соотношением, получить достоверные данные удастся весьма редко; это возможно в отношении, главным образом, рыб с относительно длинным жизненным циклом и хорошо переносящих мечение (атлантический лосось, треска, лещ и др.).

Основные ошибки, связанные с применением этого метода, объясняются недоучетом поведения помеченных рыб, которые распределяются неравномерно среди остальных рыб стада. Часто поведение рыб с метками резко отличается от поведения непомеченных рыб. Процент потерянных меток рыбами, помеченными в разном биологическом состоянии, оказывается далеко неодинаковым, а это естественно влияет на результаты определения величины стада. Неверный результат может получиться и потому, что смертность меченых рыб оказывается иной, чем немеченых.

Большая смертность меченых рыб может объясняться тем, что рыбы, помеченные определенными типами меток, более интенсивно выедаются хищниками. Как показал опыт, рыбы, вынутые из кутца, трала и помеченные на глубине под водой, выживают гораздо лучше чем, если они взяты из трала, поднятого на поверхность. Смертность меченых рыб в очень большой степени зависит от того, в каком состоянии они были помечены. Определенная часть меток, найденная рыбаками, ими не возвращается.

Обычно ошибки в сторону занижения процента вылова получаются оттого, что в приведенных выше формулах, учитывается мечение только рыб нерестовой популяции данного года, а в величину улова включается как остаток, от которого и надо вести расчет, так и пополнение, которое мечению не подвергалось.

Опыт показывает, что методы оценки численности рыб с помощью мечения наиболее пригодны для небольших изолированных популяций. Например, экспериментальная проверка на меченых окунях в прудах показала, что погрешность в расчете численности рыб не превышает 10 %.

В крупных водоемах этот метод дает гораздо большую погрешность, что было показано на примере массового мечения леща в Рыбинском водохранилище (расчетная численность от истинной могла отличаться на два порядка).

В настоящее время роль метода мечения в анализе динамики популяции рыб сводится к определению некоторых показателей, таких как смертность и выживание.

Оценка абсолютной численности рыб по интенсивности выедания кормов

В некоторых случаях численность рыб в скоплениях можно определить по интенсивности выедания кормов. Если известен рацион одной рыбы (r) и

всего скопления (R), то численность рыб в нем (N) рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{R}{r},$$

где N – число кормящихся рыб; R – общее количество корма, потребляемое стадом в единицу времени (рацион всего стада); r – рацион одной рыбы.

Пользуясь этой методикой, иногда удается примерно оценить величину кормящегося стада рыбы. Сложнее обстоит дело, когда приходится путем ловов устанавливать относительную численность каждого вида; зная средний рацион особи каждого вида, можно определить их численность, исходя из того же принципа, который заложен в приведенной выше формуле. Этот метод более применим к рыбам-бентофагам, чем к рыбам-планктофагам.

Рационы рыбы и скопления определяются с некоторыми погрешностями, а, следовательно, будет ошибка при определении численности всего скопления.

Рассмотрим основные источники погрешности этого метода на примере определения численности воблы.

Рацион рыб определялся по выеданию адакны как объекта питания воблы в данном районе.

Принималось, что рыбы в течение дня (17 ч) питаются с одинаковой интенсивностью.

Для определения убыли адакны D величина убыли на 1 м^2 по каждой группировке (d) умножалась на площадь группировки (P):

$$D = d * P,$$

Степень дискретизации, т.е. огрубления данных по выеданию – 2 г/м^2 .

При среднем выедании от $0,1$ до 10 г/м^2 получаем минимальную погрешность, связанную с огрублением данных в 20% , а максимальную – более 100% .

Распределение бентоса на биотопе также считалось равномерным. Контрольные пробы брались с площадок $0,2 \text{ м}^2$. При агрегированности (скученности) бентоса того же порядка и недостатках работы дночерпателя погрешность этой части расчета достигает 100% и более.

Таким образом, при определении численности рыб по интенсивности выедания корма при недоучете перечисленных данных, закономерна общая ошибка расчета в два и более раза.

Ошибка обратного расчета, определения степени выедания корма через данные о численности рыб и рационы, будет того же порядка, так как погрешность степени выедания бентоса составляет 126% .

Метод оценки численности рыб по интенсивности выедания корма совершенно непригоден для изучения численности рыб в скоплениях, состоящих из разных видов рыб, имеющих близкие спектры питания.

Учет рыб в озерах, обработанных ихтиоцидами

В целях преобразования ихтиоценозов малых озер, площадью (до $70-100 \text{ га}$), для увеличения продукции ценных видов рыб в ряде случаев используют

ихтиоциды. При этом представляется возможность оценить фактическую численность рыб как в целом по ихтиоценозу, так и по отдельным видам.

Наиболее полно методика определения численности рыб, ихтиомассы и рыбопродукции в малых озерах, обработанных ихтиоцидами, представлена в работе Г.П. Руденко.

Расчет численности рыб после отравления водоема основан на визуальном учете рыб, всплывших на поверхность воды. Ясно, что основные источники погрешности заключаются в недоучете рыб, которые после гибели остались в толще воды или на дне и в невозможности охвата визуальными наблюдениями сразу всей поверхности воды. Первый источник ошибок обусловлен видоспецифичностью рыб, степенью закоряженности водоема, наличием водной растительности, второй – определяется количеством выбранных для учета рыб участков, быстротой счета, опытом наблюдателя. Именно этим и определяются различия в оценке точности расчета общей численности рыб в отравленных водоемах от 2 до 40 %. Руденко Г.П., проанализировав данные по малым озерам, пришел к выводу, что точность определения рыбопродукции после обработки ихтиоцидами высока и составляет 10-25 %.

Естественно этот метод не может иметь широкого распространения, но получаемые с его помощью данные очень важны для сравнительной оценки численности рыб на аналогичных биотопах разных водоемов.

В 1961 г. Г.П. Руденко по методу Бурмакина обработал полихлорпиненом оз. Сомино Псковской обл. (площадь – 24 га, глубина – 3,6 м). За три года до обработки промысел был запрещен. Максимальный возраст плотвы в озере оказался 12-13 лет, коэффициент естественной смертности в возрасте от 3+ до 7+ лет – 34,6 % (по методу Руденко); коэффициент естественной смертности, определенный по методу П.В. Тюрина составил 35 %.

2. Относительные методы оценки численности стада рыб

Учет на основе анализа общих уловов и уловов на рыболовное усилие

После того как промысел достигнет определенной интенсивности, колебания уловов обычно отражают изменения численности промыслового стада рыбы.

Следовательно, при более или менее стабильной интенсивности рыболовства по колебаниям уловов можно судить о колебаниях численности стада рыбы.

Колебания общего вылова (годового улова) обычно могут служить довольно надежным критерием изменения численности стада. Изменения уловов за более короткие промежутки времени часто могут отражать не столько изменения в численности и биомассе стада, сколько сдвиги в ходе годового цикла рыбы в связи с режимом данного года. Поскольку промысел обычно бывает приурочен к определенным фазам годового цикла (миграции, нерест, нагул и т.д.), то сдвиги этих сезонных явлений могут сильно отражаться на величине уловов за тот или иной отрезок времени.

Естественно, что оценка изменений численности и биомассы стада по

колебаниям общих уловов требует учета и технико-экономических сторон рыболовства. Совершенствование техники рыболовства также приводит к относительному увеличению вылова.

Большое значение имеют и экономические причины: наличие спроса, себестоимость добычи и обработки рыбы, наличие рабочей силы, перерабатывающих баз и т.д. Все это отражается на величине уловов.

Таким образом, колебания уловов обычно отражают изменения численности и биомассы стада рыбы при неизменной интенсивности рыболовства. Поскольку практически интенсивность рыболовства лишь очень редко остается стабильной, ее изменения приходится учитывать при анализе колебаний уловов.

Анализ общих уловов позволяет проследить как общую тенденцию изменения биомассы стада, так (при наличии отдельного учета рыб разного размера) и динамику примерного соотношения взрослого стада и пополнения; на основе анализа общих уловов удастся выявить многолетние колебания величины стада и степень влияния рыболовства. Только хорошо налаженная промысловая статистика может быть использована для анализа динамики стада промысловых рыб. Хорошо налаженная статистика – это показатель культуры рыболовства. Очень важно, чтобы группировка статистических данных соответствовала естественным внутривидовым группировкам промысловых рыб (например, летняя и осенняя кета, ивановская и егорьевская беломорская сельдь и т.п.) и чтобы на основе анализа статистики уловов можно было выявить динамику уловов отдельных локальных стад. Хорошо налаженная статистика уловов обеспечивает более точную оценку рыбных ресурсов, более надежные прогнозы их изменений, а в конечном итоге все это значительно повышает эффективность рыболовства.

Основным показателем, наиболее широко используемым для оценки состояния стада и при составлении прогнозов колебаний численности и биомассы промысловых рыб, является улов на рыболовное усилие. Под уловом на рыболовное усилие понимается величина улова тем или иным орудием лова или кораблем в единицу времени. Характер применяемого показателя улова на рыболовное усилие зависит от специфики промышленной рыбы и от применяемых орудий рыболовства.

Наименее надежным, сильно зависящим от ряда привходящих обстоятельств является улов на выгрузку, или улов на рейс судна. Обычно в научно-промысловых исследованиях используется улов на час траления, улов на замет кошелькового невода, улов на замет закидного невода или улов на сеткудрейф.

При анализе уловов на час траления очень важное значение имеют скорость траления и величина трала, что прямо связано с техническими показателями корабля и судового двигателя.

Оценка запасов по уловам тралов:

$$N = \frac{S \cdot y \cdot 10^4}{l_g \cdot v_t \cdot t \cdot n \cdot K},$$

где S – площадь водоема, га y – улов за траление, шт. l_g – расстояние

между траловыми досками в работе, м V_t – скорость траления, м/час t – продолжительность 1 траления, час; n – число тралений за съемку; K – коэффициент абсолютной уловистости трала, определяется по формуле В.А. Ионаса:

$$K = 1 - \frac{V_0}{V_t},$$

где V_0 – скорость траления, при которой улов отсутствует, м/сек; $V_t = 1,25$ м/сек.

Оценка запаса по уловам закидного невода:

$$N = \frac{S^* \cdot \gamma \cdot 10^4}{S_n \cdot k},$$

где: N – численность рыб, шт.; S^* – площадь водоема, доступная для облова закидным неводом, га; γ – улов невода за съемку, шт.; S_n – обловленная неводом площадь водоема за съемку, га; k – коэффициент уловистости, равен:

$$k = \frac{n_y}{n_m},$$

где n_m – количество меченых рыб; n_y – количество вторично пойманных меченых рыб.

Для того, чтобы улов на рыболовное усилие отражал действительные изменения, происходящие в численности и биомассе стада рыбы, необходимо кроме достаточного количества наблюдений, позволяющих получать статистически достоверные результаты, учитывать ряд моментов, связанных как с состоянием и поведением рыбы, так и с состоянием погоды и с техническими условиями промысла. Естественно, уловистость отдельных орудий лова меняется в отношении многих рыб в разное время суток, и это приходится учитывать при анализе. Существенное значение имеют технические и конструктивные свойства орудий лова (окраска сетей, качество поводцов у ярусов и т.п.).

Величина улова на рыболовное усилие зависит от качества работы службы краткосрочных прогнозов (прогнозов миграций, поведения и распределения рыбы) и оперативной разведки.

Не меньшее значение при лове отцеживающими орудиями (в первую очередь тралами и кошельковыми неводами) имеет поисковая техника.

Очень существенными критериями для суждения о динамике относительной численности стада часто может служить комплексное сопоставление таких показателей, как улов на рыболовное усилие, интенсивность рыболовства и величина общего вылова. На основе сопоставления этих показателей удается получить представление об изменениях численности и биомассы стада лучше, чем при анализе этих показателей изолированно.

Стандартизация учета на рыболовное усилие в международном рыболовстве крайне важна для разработки согласованных мероприятий по ведению рыбного хозяйства в международных водах.

Учет на основе анализа уловов и возрастного состава стада

Учет на основе анализа уловов и возрастного состава стада, так

называемый биостатистический метод позволяет косвенно судить о состоянии рыбных запасов. Идея разработки этого метода принадлежит Ф.И. Баранову и А.Н. Державину. В дальнейшем многие исследователи широко применяли этот метод. Одновременно Н.Л. Чугунов предложил эту методику для определения запаса северокаспийской воблы. Е.Г. Бойко с некоторыми изменениями использовал этот метод для определения промыслового стада кубанского судака.

Чтобы воспользоваться этим методом, необходимо располагать следующими материалами:

- промысловой статистикой уловов;
- данными о численности отдельных поколений на основании учета сеголетков, годовиков, двухгодовиков;
- данными о возрастном составе уловов, позволяющими установить темпы пополнения и убыли;
- данными по естественной, промысловой и общей убыли;
- сведениями о средних размерах и массе по каждой возрастной группе, дающими возможность оценивать пополнение и убыль промыслового стада (в весовых единицах).

Для определения величин «пополнения» и «остатка» используются средние показатели, вычисленные за прежние годы.

Считается, что применяющиеся биостатистические методы, в том числе и методы, анализирующие воспроизводство, слишком трудоемки и требуют много сил и средств и что менее трудоемки методы оценки запасов по изменению общего улова и улова на промысловое усилие.

Определение запаса по темпу изъятия промыслом впервые было предложено Ф.И. Барановым. Ф.И. Баранов обратил внимание на вопрос о размере запаса рыб в водоеме. Хотя концепции Баранова Ф.И. дают возможность определить промысловую смертность стада, а по темпу смертности – общую величину запаса в какой-то период, но при этом игнорируются вопросы изменения численности и пополнения, на что обратили внимание С.В. Аверинцев и Г.Н. Монастырский.

Если при этом допустить, что естественная смертность остается более или менее стабильной из года в год, то на основе анализа возрастного состава стада общих уловов за ряд лет, равных по числу продолжительности жизни рыбы с момента вступления в промысловое стадо и до достигаемого рыбой предельного возраста, можно определить абсолютную численность выловленных рыб данного поколения. Сопоставляя рассчитанные подобным образом данные о численности отдельных поколений, можно составить представление о динамике численности стада за прошлый период и оценить изменения, происходящие в состоянии стада.

3. Математические модели динамики численности рыб

Математическое моделирование – это метод, при помощи которого можно выявить механизм процесса и понять его структурные особенности – установить параметры анализируемой совокупности. Математическое

моделирование при наличии большого цифрового материала позволяет использовать счетно-решающие и моделирующие устройства для более быстрой и надежной обработки материала и для более разностороннего анализа собранных данных.

Попытки математического моделирования динамики популяций предпринимались неоднократно, начиная с работ Росса о динамике зараженности малярией, В.А. Кевдина, Ф.И. Баранова и А.Н. Державина о динамике популяций рыб.

Все существующие математические модели динамики популяций в известной степени схематично можно разделить на четыре группы:

- основанные на отношении пища – потребитель, где рыба выступает в роли потребителя;

- основанные на отношении хищник – жертва, где рыба выступает в качестве жертвы. В эту же группу включаются модели, где в роли хищника выступает промысел;

- основанные на предположении о закономерном количественном отношении родительского стада и потомства;

- в которых рассматривается несколько взаимодействующих величин – пополнение, рост, убыль.

Существуют также модели по изучению пространственного распределения рыб во время миграций.

По принципу построения математические модели могут быть объединены в две группы: 1) с «непрерывным временем», базирующиеся на дифференциальных уравнениях, и 2) основанные на дискретном времени и строящиеся на основе структурных схем. Возможны и комбинированные дискретно-непрерывные модели.

Впервые дифференциальные уравнения в анализе динамики популяций были использованы Россом, ряд его положений, в первую очередь положение о средней мгновенной скорости заражения, вошли в модельные построения Ф.И. Баранова.

Ф.И. Баранов был первым исследователем, использовавшим дифференциальные уравнения для оценки динамики численности рыб:

$$N_{(t)} = N_0 \cdot e^{-z_t t},$$

где $N_{(t)}$ – численность группы в возрасте t ; N_0 – первоначальная численность этой группы; e – 2,72 – основание натурального логарифма; z_t – коэффициент общей смертности в возрасте t .

В дальнейшем дифференциальными уравнениями для моделирования динамики популяций рыб пользовались Бивертон и Холт, Гулланд и многие другие исследователи.

Принцип построения моделей с дискретным временем основан на анализе в первую очередь возрастной структуры популяции, соотношения остатка и пополнения и периодичности нереста. На этом принципе строились модели А.Н. Державина, Н.Л. Чугунова, Г.Н. Монастырского, Т.Ф. Дементьевой, Г.В. Никольского, Ю.Е. Лапина и многие другие.

Регулирующие (оптимизационные) модели используются

преимущественно для оценки численности изолированных популяций. Они применяются для оценки общего допустимого вылова, величины улова на промысловое усилие, расчета промыслового размера объекта и т.п. Оптимизационные модели базируются на стандартизированных приемах исследований и дополняют численную характеристику запасов рекомендациями их наилучшего использования.

Лекция 7

МИГРАЦИИ РЫБ И СПОСОБЫ МЕЧЕНИЯ

1. Методы изучения миграции

2. Способы мечения рыб и образцы меток

1. Методы изучения миграции

Миграции — величественное по красоте и глубокое по биологическому смыслу явление в жизни рыб. Вместе с тем они имеют первостепенное значение для промысла: массовый лов многих рыб производится на путях передвижений их стад. Поэтому изучению миграций рыб уделяется большое внимание и этой проблеме посвящено неисчислимо количество заметок, статей, книг. Одной из лучших книг является монография П.Ю. Шмидта — «Миграции рыб» 1947 г., обогащенная сведениями о миграциях рыб, почерпнутыми из советской и иностранной литературы. Известна также сводка о миграциях рыб английского исследователя Мика (1916). Подробно описываются миграции рыб в книгах Е.К. Суворова (1948), Г.В. Никольского (1963) и в других руководствах по ихтиологии.

Классификация миграций и их биологическое значение

Массовые передвижения рыб вызываются потребностями их организма в разные периоды жизненного цикла и сезоны. Связаны они главным образом с размножением, питанием и зимовкой.

Передвижения рыб к местам размножения носят название нерестовых миграций. Лососи из морей или озер идут размножаться в реки, иногда на огромные расстояния. Атлантический угорь, наоборот, из пресных вод направляется на нерестилища, расположенные в океане, за тысячи километров от мест нагула.

Рыбы, передвигающиеся в поисках пищи, совершают кормовые миграции. Например, исхудавшая после нереста у берегов Норвегии треска направляется к востоку, в мурманские воды с обильными пастбищами.

Многие рыбы на зиму уходят в более глубокие участки водоема, такие миграции называются зимовальными. Они свойственны некоторым рыбам Северного Каспия, массама, залегающим на ямах. Хамса после нагула в Азовском море уходит на зиму в Черное море.

Передвижения рыб в толще воды называются вертикальными миграциями. Они чаще носят характер кормовых миграций, обуславливаются передвижениями кормовых объектов и хорошо выражены у планктоноядных рыб (ряпушка, салака и др.).

Икра и личинки многих рыб, особенно морских, а также нерестящихся в реках, переносятся на большие расстояния течениями. Это пассивные миграции, например, миграции икры и личинок атлантического угря из Саргассова моря к берегам Европы.

Передвижения рыб, кормящихся в морях или озерах, а для размножения подходящих к берегам или поднимающимся в реки, называют

анадромными миграциями, в отличие от катадромных миграций рыб, передвигающихся на нерест из рек в моря или от берегов в глубины открытого моря.

Употребляются иногда термины контранадромная миграция (передвижение против течения) и денантная миграция (сплывание по течению).

На основании характера миграций строятся биологические классификации рыб. К.Ф. Кесслер (1877) предложил делить рыб на морских, солоноватоводных, разноводных, проходных, полупроходных и пресноводных. После К.Ф. Кесслера предлагались и иные биологические классификации: рыб, но в основе всех их лежит его схема.

Е.В. Бурмакин и П.В. Тюрин (1959) после критического обзора прежних классификаций рыб, основанных на их миграциях, предложили новую, более совершенную классификацию.

При делении рыб на биологические группы они принимают во внимание только те факторы, которые определяют среду обитания рыб в течение важнейших периодов их жизни, а именно — в периоды нагула и размножения.

Миграции следует рассматривать как одно из приспособлений к увеличению численности вида, развивавшееся и закрепленное в процессе его эволюции.

При миграциях рыбы «активно меняют условия своего существования, используя наиболее выгодные стороны разных биотопов, избегая по возможности их невыгодных сторон». В пределах одного и того же вида значительно большая численность бывает у мигрирующих форм, чем у популяций с ограниченным ареалом.

Так, в Каспийском море имеется несколько форм бражниковской сельди, но из них наибольшей численностью обладает «долгинка», совершающая миграции из Южного Каспия в Северный. Среди многих форм океанической сельди самыми многочисленными являются атлантическая, норвежская и тихоокеанская сельди с очень большими по протяженности кормовыми миграциями. При таких миграциях рыбы полнее используют кормовые ресурсы водоемов, удлиняется и период их нагула. В этом отношении показательные примеры приводятся Б.П. Мантейфелем для сельди и трески.

Исследования миграций рыб должны сопровождаться гидробиологическими, гидрологическими и метеорологическими исследованиями.

Наиболее подробно изучены миграции нерестовые. Например, Н.П. Танасийчук дал полную картину мест и сроков миграций волжской сельди в море, дельте и в нижних участках Волги на материале пятилетних наблюдений (1935—1939 гг.). Миграции он сопоставил с экологическими условиями (температурой воды, соленостью, ветрами и течениями), дал характеристику нерестовых стад сельди и снабдил работу картами ее миграций.

В основном наблюдения и сборы материалов по миграциям рыб производятся при работах на научно-исследовательских судах, а также на береговых пунктах, частично путем сбора анкетно-корреспондентских сведений. Все данные, собираемые на наблюдательных пунктах по улову ходовой рыбы, также освещают отдельные моменты миграций.

В пунктах, где промысел по тем или иным причинам мало интенсивен или совсем отсутствует, а также где между отдельными промысловыми сезонами существует длительный перерыв, целесообразно организовать собственный опытный лов с помощью сетных порядков, составляемых из сеток, имеющих разную по размерам ячею.

Инструкция Каспийской экспедиции рекомендует следующие правила, которые нужно выполнять при опытных ловах.

Количество выставляемых на каждом пункте опытных сетей, равно как и способы их установки, могут варьировать в зависимости от местных условий. Однако для большей четкости результатов опытного лова при расстановке сетей, опытных порядков необходимо придерживаться определенного плана:

1. Располагать опытные порядки на разном расстоянии от берега и на разных глубинах. При этом следует принять, что средний порядок располагается в местах наиболее интенсивного для данного района промысла, бережной — ближе к берегу, а глубинный — за пределами обычной промысловой зоны.

2. Всюду, где это можно по гидрологическим условиям, порядки располагаются попарно в противоположных друг к другу направлениях, например, один порядок перпендикулярно по отношению к берегу, другой на небольшом расстоянии от него — параллельно берегу, или один поперек течения, а рядом с ним выставляется порядок по течению.

3. Принятый порядок и места расстановки опытных сетей не менять без достаточных к тому оснований.

4. План и условия расстановки опытных порядков (расстояние от берега, расположение порядков в отношении последнего, направление порядков по длине и глубине места выбивки), а равно все последующие изменения и перемещения тщательно фиксировать в журналах, в дневниках и на рабочих картах.

При осмотре опытных порядков в целях установления направления движения рыбы наблюдают, с какой именно стороны преимущественно вошла в сеть рыба, а также какие размеры ячей являются для данного места наиболее уловистыми. Кроме того, при каждой переборке порядков, а равно и смене их, производятся, по возможности, у каждого опытного порядка и обязательно у порядков бережного и глубинного, определения поверхностной температуры воды и направления течения. Все наблюдения заносятся в дневник или особый журнал.

При выборке выловленной опытными порядками рыбы надо сортировать ее для каждого порядка отдельно, не смешивая с рыбой других опытных порядков. Необходимо тщательно отмечать размер ячей сетей,

составляющий сетной порядок, из которого выбрана рыба. Общий учет рыбы производится обязательно в средних показателях на сетку (каждого из выставленных размеров ячей) за ночь лова. Это является показателем данного улова.

Описанный порядок учета опытных уловов (для сбора сведений по миграции рыб) принят на промыслово-исследовательских пунктах Каспийского моря. Этот способ можно применять и в других местах, причем наблюдатель, несомненно, сумеет внести в приведенные указания свои дополнения и изменения, учитывая условия миграции тех рыб, над которыми ведутся наблюдения, а также морфометрические особенности водоемов.

Наблюдения над промысловым ловом рыбы помогают установлению сроков миграций. Появление рыб в неводах или в сетных уловах указывает на начало ее хода в данном месте.

Миграции рыб в реках могут быть установлены и непосредственными наблюдениями. Вошедший в реку каспийский осетр время от времени поднимается к поверхности воды и выпрыгивает из нее. У волжских рыбаков это называется «осетр, взмыл». Ход кеты на амурских притоках можно также наблюдать на мелких обычно приустьевых перекатах, рыба стремительно проходит через эти перекаты.

Подобные наблюдения могут быть и в открытых частях морей. На Охотском море против западного берега Камчатки наблюдали миграцию горбуши, которая выпрыгивала из воды почти по вертикальной линии. Японские исследователи наблюдали ход кеты в море также по характеру ее прыжков, которые кета делает по дугообразной линии. Таким образом, можно различать рыб и их миграции и по характеру их прыжков.

Еще ярче выражены скопления мигрирующих пелагических рыб. Громаднейшие стаи сельдей мигрируют в верхнем горизонте воды в таких количествах, что их миграции можно видеть с палубы судна и еще лучше с самолета. Последний метод наблюдений над миграциями сельдей широко применяется на Дальнем Востоке. А.Г. Кагановский таким методом изучил поведение тихоокеанской сардины (иваси) и тем самым оказал существенную помощь промыслу. В книге Ю.Ю. Марта «Промысловая разведка» (1948) приводится много примеров, показывающих значение наблюдений с самолета над миграциями рыб. Так, установлено (с самолета), что иваси в зависимости от температуры воды изменяют форму своих косяков, их вертикальное расположение и мощность самих косяков. Температура, ветер, распределение и количество корма (планктона) — все это факторы, влияющие на миграции иваси.

А.Г. Кагановский (1951), изучая миграции скумбрии в Японском море, отметил две формы миграций—кормовую и нерестовую.

Слабо изучены суточные вертикальные перемещения, которые присущи многим рыбам и также имеют решающее влияние на ход промысла.

Ихтиолог должен построить свои исследования так, чтобы

вертикальные перемещения рыб были учтены и промыслом. В этом отношении полезно применять опытный так называемый ступенчатый лов рыбы путем установки орудий лова на разных глубинах.

Исследование вертикальных, сезонных и суточных миграций рыб необходимо вести совместно с изучением питания рыб и гидрометеорологических факторов.

Миграции хищных рыб обычно связаны с миграциями рыб, потребляемых этими хищниками. Ладожские лососи весной идут следом за корюшкой. С.М. Кагановская (1937) пишет, что колючая акула ранней весной идет за косяками сельди, а после сопровождает косяки иваси.

При изучении рыб в период их миграций, особенно нерестовых, необходимо следить за группировкой рыб по возрасту, полу, расовым и другим отличиям. Известны так называемые первые, вторые и третьи подходы дальневосточной кеты. О мурманской сельди сообщается, что ее летние подходы к берегам Мурмана имеют три фазы: 1) в мае (иногда в июне) подходит мелкая летняя сельдь; 2) в июле (иногда в июне) подходит крупная сельдь; 3) в августе и сентябре идет типичная жирная сельдь. В отдельные годы такая группировка несколько нарушается. Мелкая летняя сельдь бывает представлена преимущественно годовиками. Ихтиолог в подобных случаях должен вести анализ мигрирующих рыб по отдельным подвидам.

Подобные явления известны и для семги, которая в северные реки мигрирует стадами, разнящимися по возрасту и по биологии, но почти не отличающимся по морфологическим признакам (летняя семга, осенняя, тинда). У пресноводных рыб во время их миграций также наблюдаются возрастные группировки.

Наиболее слабо изучены миграции рыб после их нереста, «скатывание» рыб. Даже не установлены точно сроки ската, не говоря о его путях и о точных местах пребывания только что скатившейся рыбы. Трудность исследований такого рода миграций заключается, во-первых, в том, что скат многих рыб происходит подо льдом зимой и ранней весной, во-вторых, при скате не бывает массовых скоплений рыб и потому такие миграции обычно ускользают от внимания ихтиологов, хотя они имеют не меньшее биологическое значение, чем обычные массовые нерестовые миграции.

Нет обстоятельных данных и о том, как быстро восстанавливается производительная способность многих рыб после нереста, особенно рыб, нерестующих осенью.

Некоторым рыбам свойственны особого рода миграции, которые невозможно считать кормовыми или нерестовыми. Нередко отмечаются случаи, когда вылавливают необычную для данной местности рыбу (сазан в реке Вятке, скумбрия в Белом море и т.п.). Стали учащаться ранее чрезвычайно редкие случаи захождения дальневосточных лососей (кеты) в сибирские реки. Каждый такой случай необходимо точно регистрировать, и старательно собирать сведения обо всех случаях. Подобные факты

чрезвычайно важны не столько в биологическом отношении, как в отношении климатическом. И чаще такие случаи своим происхождением обязаны временным колебаниям температуры воды, которые распространяются на обширные водные пространства.

Изучение миграционных путей рыб дает также хорошие материалы и по истории ихтиофауны данного края. Ф.Д. Великохатко, разобрав миграции многих рыб бассейна Черного моря и сопоставив пути миграций с геологическим прошлым этого бассейна, пришел к заключению, что филогенетически более старые рыбы связывают свои миграции с более старыми руслами поемных речек и их старицами. Это особенно ярко проявляется в миграциях осетровых рыб в дельте и нижнем течении Днепра. Филогенетически молодые виды рыб (например, тарань, вырезуб, рыбец) движутся по новейшим поемным магистралям Днепра.

2. Способы мечения рыб и образцы меток

Мечение рыб — один из самых надежных способов наблюдений для миграциями. Мечением можно пользоваться и для других исследований биологии рыб, например, для наблюдений: роста, коротких и краткосрочных перемещений, выживаемости рыб после нереста.

Процесс мечения рыб должен проводиться по хорошо разработанному плану, предусматривающему подготовку к мечению и само мечение. Имеется много указаний по мечению, есть и особая, составленная Г.А. Караваемым (1958), инструкция помечению рыб.

До начала работ по мечению необходимо возможно шире оповестить (специальными плакатами и через периодическую печать) о проводимом мечении. В плакате полезно давать рисунок метки и способ ее прикрепления к рыбе. Необходимо указывать точный адрес, куда направлять метки с пойманных рыб. Обычно назначаются вознаграждения за поимку меченой рыбы.

Работы по мечению регистрируют в особом журнале. Журнал, как указывается в инструкции Г.А. Караваева, должен содержать такие графы: 1) порядковый номер, 2) номер метки, 3) час и минуты, число, месяц и год мечения, 4) место выпуска, 5) длина рыбы, 6) вес, 7) особые отметки, 8) отметки о поимке вновь. Для каждого вида рыбы ведется особый журнал. От меченой рыбы берут несколько чешуек для определения возраста.

Мечение рыб приемами, которые могут вызывать длительный болезненный процесс, например, мечение взрослых рыб отрезанием части жаберной крышки или одного из плавников не следует допускать.

Так как процесс мечения (измерение и взвешивание рыб, взятие чешуек, прокол тела, прикрепление метки) причиняет рыбе беспокойство и боль, рекомендуется поместить несколько меченых рыб на некоторое время в садок, чтобы проверить влияние мечения на поведение рыбы. Такую отсадку лучше делать до начала массового мечения.

Посредством мечения определялись интенсивность промысла и состояние запасов рыб, например, беломорской трески (Сонина, 1957),

коэффициент уловистости орудий (Андреев, 1949), промысловый возврат, совершенствовалась методика определения возраста и темпа роста рыб.

В Инструкции по мечению рыб, составленной Г.А. Караваевым (1958), указывается, что метки должны удовлетворять следующим основным условиям: а) не наносить рыбе больших ран, которые могут привести к заболеваниям, а также будут мешать движению и другим жизненным функциям рыбы; б) быть легкими, прочными, стойкими к воздействию внешней среды, хорошо заметными, достаточно простыми и недорогими.

В изложении Г.А. Караваева ниже дается описание наиболее распространенных типов меток и способов мечения рыб.

Индивидуальное мечение.

При индивидуальном мечении каждая метка имеет свой порядковый номер. Метки нумеруют или просто порядковым номером, или сериями, т. е. буквой и порядковым номером, например, А-253, В-127. При мечении в открытых морях или в международных водах рекомендуется для обозначения серий употреблять преимущественно буквы, общие для русского и латинского алфавитов и понятные всем. Таких букв имеется 10 — А, В, С, Е, Н, К, М, Р, Т, Х. При употреблении только русских или только латинских букв в письменных сообщениях очень часто возникают недоразумения и путаница.

Кроме номера, на метках обычно ставят еще инициалы (буквы) того учреждения, которое производит работы. Если метят в открытых водоемах и меченые экземпляры могут быть пойманы иностранными судами или рыбаками, то на метке обязательно должно быть обозначено сокращенное название страны, в которой производят мечение. Скобочную метку делают из монель-металла, никеля или посеребренной (луженой) латуни. Она представляет собой изогнутую пластинку с острым язычком на одном конце и с отверстием для него на другом.

Для большинства более крупных объектов метки делают длиной (в развернутом виде) 45 мм и шириной 7 мм и примерно 30 мм длиной и 5 мм шириной для более мелких (вобла и т. и.). На метки для крупных объектов употребляют латунь толщиной 0,5—0,7 мм, а для мелких—0,4—0,5 мм.

Чем легче метки, тем лучше, поэтому толщину пластинки следует брать такую, чтобы язычок метки легко прокалывал ту часть тела, которую предполагают метить; но толще 0,7 мм делать метки не рекомендуется, так как они будут тяжелы. Номер на этой метке обычно ставят на одной половине, а инициалы на другой. При мечении в открытых водоемах инициалы удобнее помещать сверху (на половине с язычком), а во внутренних водоемах внизу (на половине с отверстием).

При заказе меток необходимо требовать, чтобы направление язычка строго соответствовало отверстию на другом конце, так как иначе метки не будут запираться (серебрят и лудят уже готовые метки).

Метки укрепляют на рыбе особыми щипцами (рис. 1).

Такие щипцы делают из обыкновенных плоскогубцев с подходящими по длине и ширине губками. На одной из губок (на рисунке—нижней)

делают выемку с небольшими бортами и упором у заднего края.

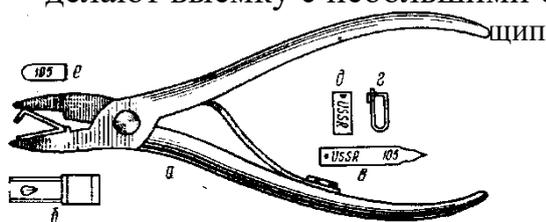


Рис. 1. Щипцы для мечения (по Караваеву, 1958):

а — общий вид щипцов со вставленной между губками меткой; б — внутренняя сторона нижней губки щипцов с выемкой; в — вид еще не согнутой метки; г — вид метки снизу; е — вид сверху.

У переднего края этой губки делают небольшое углубление, сходящее на нет к заднему краю губки. Когда метку сжимают щипцами, язычок входит в отверстие на другом конце метки и, скользя по углублению, загибается и запирает метку. В другой губке (на рисунке — верхней) делают большую выемку, чтобы при закрытии щипцов загибался только язычок, а сама метка не повреждалась, и чтобы задний упор свободно проходил на нижней губке. В передний край этой выемки метка упирается сгибом у язычка. Благодаря этим двум упорам и бортикам на нижней губке метка прочно держится в щипцах при их слабом сжимании.

Чтобы избежать случайных ранений рыбы, края губок у щипцов должны быть тщательно закруглены, особенно у нижней губки, которую при мечении жаберной крышки вводят под жаберную крышку.

Во время работы (особенно в лодке, на плавучем садке и т. д.) щипцы из предосторожности следует привязывать к руке или поясу шнуром, продетым в отверстие, сделанное в одной из ручек щипцов.

Скобочную метку прикрепляют или к жаберной крышке или к хвостовому плавнику (последнее не рекомендуется).

При мечении в хвостовую часть метку сажают в основание лучей верхней лопасти хвостового плавника так, чтобы она захватывала и мускулы хвоста. Метка, посаженная на самый плавник, может легко сползти с его лучей. При мечении небольших рыб надо следить, чтобы метка не задевала последних хвостовых позвонков.

На жаберную крышку метку прикрепляют или на середине заднего края крышки или ближе к верхнему концу жаберной щели. Метка должна захватывать крышку на всю свою длину, но не очень сильно надавливать на край крышки. Во время мечения следует обращать внимание на положение жабр, чтобы не прихватить их меткой.

У некоторых рыб (например, сазана) кости жаберной крышки очень прочны, так что язычок метки из достаточно толстой пластинки не может ее проколоть. В таком случае следует сперва просверлить в жаберной крышке небольшое отверстие коротким шилом или кончиком ножа, можно даже не делать сквозного отверстия, а лишь наметить его двумя-тремя оборотами граненого шила или ножа, после этого язычок метки уже свободно

прокалывает кость.

После наложения метки необходимо удостовериться, что она заперлась правильно, и если этого не произошло, то, сняв и выправив метку, надо пометить рыбу вновь.

Для того чтобы метка была лучше заметна на рыбе, на нее рекомендуется добавлять яркий цветной диск толщиной 0,2—0,3 мм из целлулоида или пластмассы диаметром 10—15 мм (в зависимости от размера метки и объекта мечения). Этот диск (с небольшим отверстием в середине) перед наложением метки надевают туго на язычок метки. Язычком метка удерживается на рыбе во время мечения. Вместо диска с той же целью можно добавлять небольшую полоску из тонкой эластичной цветной пластмассы (например, полиэтилена).

Челюстная метка — это та же скобочная метка, которая укреплена на нижней челюстной кости. Ею можно метить те виды, которые обладают более прочной челюстной костью. При укреплении метки скальпелем делают небольшой разрез снизу, с внутренней стороны нижней челюсти рыбы и в этот разрез вставляют конец (без язычка), а затем ее запирают обычным образом круглогубцами соответствующего размера. Для того чтобы метка не препятствовала росту челюстной кости, вытянутый овал, получающийся после закрытия метки, расширяют почти до формы круга, нажимая круглогубцами на оба конца овала. Эту метку можно сделать из более тонкого металла, чтобы она была легче, лишь бы язычок был достаточно твердым и надежно запирает метку.

Метка Петерсена (для «плоских» рыб—камбалы и ската) получившая очень широкое распространение, состоит из двух эбонитовых или целлулоидных дисков, соединенных между собой серебряной или нержавеющей проволокой толщиной 0,7—1,0 мм (рис. 2). На одном из дисков (верхнем) ставят номер и инициалы.

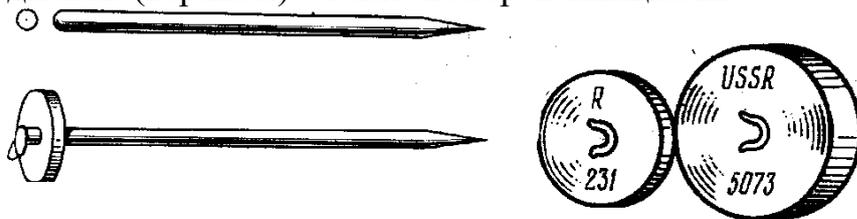


Рис.2. Метка Петерсена (по Караваеву,1958). Рис. 3. Игла Ганзена со вставленной проволокой и Диском (по Караваеву, 1958).

Диски обычно имеют диаметр 15 мм, но диаметр может быть любого размера, в зависимости от величины объектов, подлежащих мечению. Края дисков должны быть ровные и гладкие (лучше закругленные), толщина дисков обычно 2—3 мм, верхний диск может быть несколько тоньше.

У камбал эти метки укрепляют под основанием спинного плавника, в задней трети тела, причем проволокой прокалывают мускулы, а диски помещают один (с номером и инициалами) с верхней, «зрячей», стороны тела, а другой — с нижней, «слепой».

У скатов такие метки укрепляют в передней части тела в области грудных плавников. Для закрепления метки концы проволоки с той и

другой стороны загибают круглогубцами в небольшую петельку так, чтобы самый кончик был прижат петелькой к диску. Этот прием до некоторой степени гарантирует от соскакивания диска, даже если петелька почему-либо отогнется. При укреплении метки мускулы прокалывают или самой проволокой, для чего ее обрезают кусачками так, чтобы кончик ее был достаточно острым (обрез идет косо), или же для этого применяют специальную иглу Ганзена (рис. 3), которую, подобно колпачку, надевают на конец проволоки и прокалывают вместе с ней. Эту иглу делают длиной 6—7 см и диаметром 2,5—3,5 мм. С тупого конца иглу просверливают вдоль на 4—5 см., причем диаметр канала должен быть немного больше диаметра употребляемой проволоки, чтобы проволока входила в канал совершенно свободно. Иглу делают из металла, не поддающегося действию морской воды.

Мускулы можно также прокалывать иглой от шприца для инъекций, канал иглы должен соответствовать диаметру проволоки. В этом случае, после того как мускулы проколоты иглой, проволоку вставляют в отверстие канала с острого конца иглы. Вынимая иглу обратно, на ее месте оставляют проволоку. Всегда должен быть достаточный запас этих игл. Чтобы избежать порчи и ржавления игл, по окончании работы их следует хорошо промыть пресной водой, смазать жиром. Если игла сильно затупится, ее можно точить на мелкозернистом бруске или в крайнем случае на наждачной бумаге.

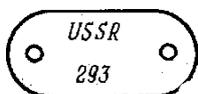


Рис. 4. Метка для осетровых (по Караваеву, 1958).

Перед работой диски с номерами подбирают по порядку номеров в ящики или нанизывают на проволоку, нижние диски могут находиться в любой удобной таре вместе с кусочками проволоки необходимой длины. Один конец проволоки загибают петелькой, и она может быть заранее вставлена в нижний диск (чтобы проволока не выпала из диска, свободный конец ее отгибают в сторону).

Меткой Петерсена можно метить не только «плоских», но и «круглых» рыб. У круглых рыб эту метку обычно укрепляют у основания спинных плавников, причем пластинки помещают с той и другой стороны тела или же на жаберную крышку. В этом случае толщина пластмассовых дисков может быть 0,5—1,0 мм.

Кроме того, оба диска или один из них с номером могут быть изготовлены из металла толщиной 0,20—0,25 мм, в некоторых странах один диск (без номера) делают из раковин соответствующей толщины.

Некоторые исследователи для укрепления этой метки на жаберной крышке предложили специальные щипцы, но ни щипцы, ни сам этот способ не получили широкого распространения. Метка для осетровых рыб и некоторых других представляет собой овальную пластинку (длина 25—30 мм, ширина 10—15 мм) с двумя отверстиями на узких концах. Ее делают из цветного целлулоида, пластмассы или металла и укрепляют с помощью

подходящей неокисляющейся проволоки. У осетровых рыб эту метку укрепляют на спине между 2-й и 3-й и или 3-й и 4-й жучками, а у севрюги, кроме того, она может быть укреплена на верхней стороне рыла, несколько ближе к его кончу (впереди линии усиков). При укреплении метки проволоку вводят в отверстие, которое делают обычным шилом или шилом с отверстием у острого его конца (подобно игле для швейной машины), иглой Ганзена, или большой иглой для инъекций. В некоторых случаях этой меткой можно пользоваться для мечения других рыб, особенно когда оно рассчитано на относительно короткий срок (1—2 месяца), например, для ходовых лососей. В этих условиях овальную пластинку укрепляют относительно мягкой проволокой просто на хвостовом стебле. На короткий срок можно использовать «эмалированную» проволоку из красной меди (марка — «эмалированный провод обмоточный»).

Метка для угря — небольшая овальная пластинка, с одной стороны вытянутая в длинную ножку или плоскую иглу (рис. 5). Примерный размер пластинки: длина 13—15 мм, ширина около 7 мм, длина ножки 17—20 мм. Метки делают из серебра или одного из указанных выше металлов; на пластинке выбивают номер и инициалы.

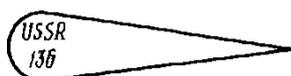


Рис. 5. Метка для угря (по Караваеву, 1958).

Метку укрепляют в коже вдоль основания спинного плавника, предварительно делают два прокола кривым плоским шилом, так как кожа угря очень плотная. Метку вставляют в прокол, расположенный ближе к голове, тонкий конец метки (ножку) выводят наружу через второй прокол и соединяют пластинку с ножкой. Во время мечения угря кладут на сухое полотенце или пропускную бумагу, на которых он лежит совершенно спокойно и не мешает работе.

Подвесные метки довольно разнообразны по форме, размеру и материалу, но в большинстве случаев имеют вид продолговатой овальной или каплевидной пластинки (рис. 6). Эти метки прикрепляют, как правило, в области спинного плавника, впереди или сзади него, или между спинными плавниками нержавеющей проволокой толщиной 0,2—0,5 мм, или капроновой (нейлоновой) ниткой, или жилкой примерно такой же толщины. Подвесные метки делают из тонкого листового металла толщиной примерно 0,2 мм (серебро, монель-металл, нержавеющая сталь и др.), целлулоида или другой стойкой к морской воде пластмассы (толщиной 0,3—0,6 мм), а также из плотной бумаги или нетолстого картона, покрытых в готовом виде целлулоидным лаком или нитролаком. Размер подвесных меток: длина 1,3—3,0 см, ширина 0,4—0,6 см, а каплевидных — до 1,0 см в широкой части. При укреплении меток проволоку или жилку проводят через мускулы у крупных рыб шилом с отверстием, у более мелких — при помощи иглы для инъекций или хирургической иглы.

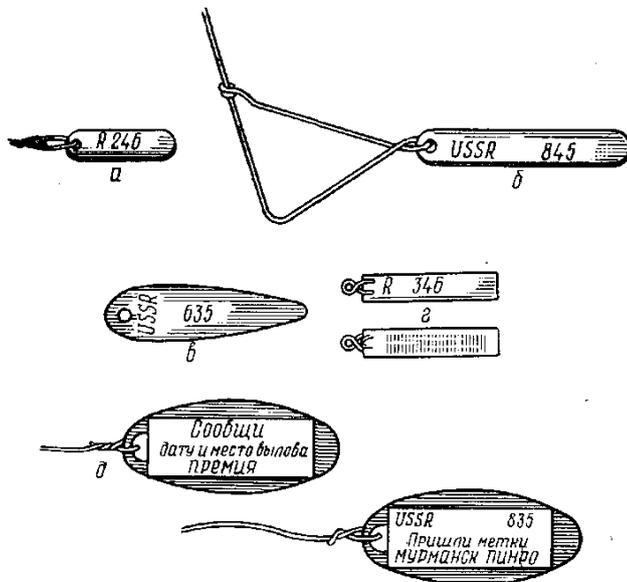


Рис. 6. Подвесные метки (по Караваеву, 1958):

а - малая овальная; б - продолговатая пластмассовая пластинка; в - каплевидная пластмассовая; г - бумажная на фотокартоне; д - из тонкой целлулоидной пластинки.

На металлические подвесные метки набивают номера и инициалы, обозначающие название страны или исследовательского учреждения. На целлулоидных метках номера и инициалы выдавливают штампом. В этом случае нагревают штамп, или осторожно разогревают целлулоид. Можно их писать тушью от руки, а затем покрывать целлулоидным лаком (нитролаком), или инициалы страны могут быть выдавлены при изготовлении (штамповке) самих меток, а тушью пишут только порядковые номера. (Если надписи тушью сделаны только с одной стороны пластинки, то метку покрывать надо с обеих сторон, так как иначе высыхающий лак погнет ее в одну сторону, особенно если пластинка тонкая.)

Бумажную подвесную метку (рис. 6, г) делают из толстой фотобумаги (фотокартон). В этом случае на одной стороне помещают сильно уменьшенный краткий фототекст с названием и адресом учреждения, куда следует послать метку с необходимыми сведениями, и сообщается о выплате премии за каждую доставленную метку. Порядковый номер пишут тушью на другой стороне метки.

Для некоторых рыб подвесные метки можно изготавливать из тонкого целлулоида, имеющего меньший вес, но несколько больший размер, примерно 3,3x1,5 см (рис. 6, д). На прозрачную целлулоидную пластинку метки с той и другой стороны наклеивают (нитролаком или целлулоидным лаком) полоски бумаги с напечатанным на них кратким текстом и на одной из полосок пишут порядковый номер тушью. Чтобы эта метка была лучше заметна на рыбе, бумагу следует употреблять ярко-желтого цвета, а свободные части метки выкрасить в ярко-синий или голубой цвет. У одного края метки делают отверстие для проволоки или капроновой жилки. В случае прикрепления метки проволокой, чтобы она не прорывала тонкую пластинку, следует подклеить небольшие кусочки такого же целлулоида между самым краем метки и отверстием с одной или обеих сторон.

Готовую метку следует покрыть лаком с обеих сторон.

Гидростатическая метка Э. Леа — та же подвесная метка, но более совершенная. Благодаря помещаемой внутри подробной записке-инструкции, как поступить с найденной меткой, обеспечивается наибольший возврат меток—до 20—25 % (рис. 7).

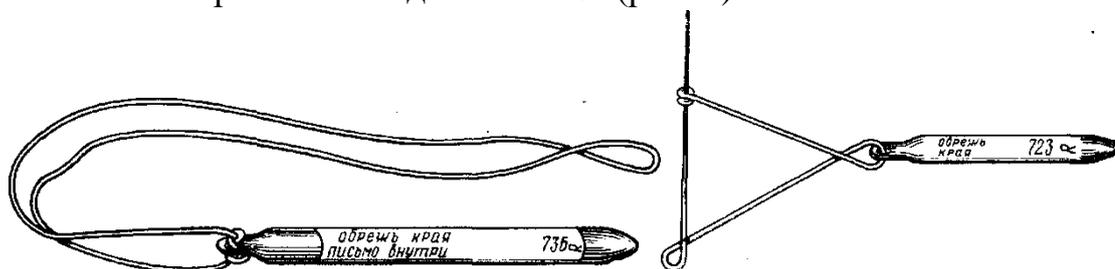


Рис. 7. Гидростатическая метка Э. Леа (по Караваеву, 1958).

Эта метка состоит из желтой прозрачной целлулоидной трубки диаметром около 4 мм, в которую вложена свернутая записка. Концы трубки тщательно заделаны и окрашены нитрокраской в синий или голубой цвет. На одном конце имеется петелька, за которую проволокой или жилкой метку укрепляют на спине рыбы в области спинного плавника. Проволоку или жилку проводят через мускулы, как указано выше.

Длина метки в готовом виде 30—50 мм. В запечатанной трубке содержится некоторое количество воздуха, поэтому метка плавает и называется гидростатической. Через прозрачный целлулоид должен быть виден край скрученной записки, на которой напечатаны 3—4 строчки на 2—3 языках: «обрежьте края, письмо внутри», а также условные буквы страны и порядковый номер. Этот номер и такой же номер на средней части записки, пишут от руки тушью.

В основной части записки указано, куда и кому послать найденную метку и какие сведения необходимо сообщить: место, время, глубину вылова, орудие лова, которым поймана рыба, ее размер, указание о том, как измерить рыбу, просьба приложить отолиты или чешую пойманной рыбы, а также указать свое имя и адрес. В записке также указывается, что за присылку метки и сообщенные данные выплачивают премию. В тех случаях, когда эту метку применяют в районе международного рыболовства, широко освоенного многими странами, записку следует печатать на 2—4 языках. Текст должен быть кратким и понятным. Для того чтобы на рыбе были лучше заметны метки (особенно при больших уловах), к некоторым видам меток можно добавлять небольшие полоски («флаг») из тонкой эластичной пластмассы яркого цвета, например, хлорвинила. Лучше всего для этого употреблять полоски ярко-оранжевые или ярко-желтые и в некоторых случаях голубые или красного цвета, в зависимости от вида рыбы, условий промыслового лова и других сопутствующих обстоятельств. Полоски для крупных видов могут быть примерно длиной до 10 см и шириной 1—2 см. Эти полоски можно добавлять к гидростатическим, петерсеновским (при укреплении их на жаберной крышке или на спине), а возможно и к скобочным и другим меткам.

Внутренняя (брюшная) метка представляет собой небольшую

металлическую пластинку с закругленными концами, которую через небольшой разрез в боку вводят в брюшную полость рыбы. На ней выбит порядковый номер и условные буквы страны (рис. 8).



Рис. 8. Внутренние метки: а — металлическая; б—целлулоидная (по Караваеву, 1958).

Металлические внутренние метки (никель, никелированная сталь или нержавеющая сталь некоторых марок, имеющая магнитное свойство) длиной 10—20 мм, шириной 3,0—4,5 мм и толщиной 0,5—1,5 мм употребляются во многих странах преимущественно для сельди и сардины, а также некоторых других видов рыб, которых перерабатывают на специальных заводах на жир и кормовую муку.

Металлические внутренние метки обнаруживают и собирают при переработке рыбы на утилизационных заводах электромагнитами или специальными детекторными установками, которые установлены на транспортерах предприятий. У нас рыбу на утилизационных заводах не перерабатывают, поэтому мечение внутренними металлическими метками не применяют.

Внутренними метками более крупными, примерно длиной 4,0—6,0 см, шириной около 1 см и толщиной около 0,5 см, изготовленными из целлулоида и ярко окрашенными, иногда метят более крупных рыб (рис. 8, б), в частности треску и пикшу, которых в основной массе обрабатывают непосредственно на рыболовных судах, и метки могут быть обнаружены при удалении внутренностей (шкерка). В соответствующих условиях этими метками можно метить и других промысловых крупных рыб. Относительно большие размеры этой метки позволяют на ней обозначить не только обязательный порядковый номер и условные буквы страны, но также название исследовательского учреждения, его адрес, сообщение о выплате премии за доставку метки и другие сведения.

Серийное мечение

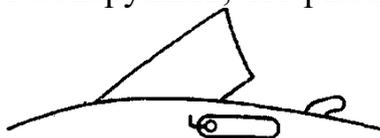
В тех случаях, когда мечение рассчитано на сравнительно короткий срок и его задачей является выяснение какого-нибудь ограниченного вопроса, например, определения скорости подъема по реке проходных рыб, ската их после нереста, распределение стада на нерестилищах и т. д., нет необходимости употреблять нумерованные метки, можно обойтись более простым способом мечения. В таких случаях целую партию рыбы в каком-нибудь ограниченном районе и в течение короткого срока метят одинаковой меткой. Для серийного мечения можно употреблять подходящей толщины нержавеющую проволоку или цветные капроновые жилки (или нитки). Метки укрепляют в спине под основанием спинного плавника (в передней или задней его части). Концы прошитой через мускулы проволоки или жилки скручивают или завязывают узлом со стороны спины. То и другое прошивают хирургической медицинской иглой

или обычной с ушком, а проволоку, кроме того, можно продеть иглой Ганзена у крупных рыб или иглой для инъекций у более мелких. Если необходимо различать несколько партий, помечаемых одновременно в различных пунктах или разновремененно в одном и том же пункте, то жилки или нитки употребляют разных цветов. При большом числе серий можно метить сразу двумя-тремя жилками, комбинируя различные цвета. При мечении проволокой с этой же целью употребляют разноцветные стеклянные (литые) или пластмассовые бусинки, нанизывая их на проволоку. При большом числе серий также комбинируют цвета бусинок, надевая их на проволоку по одной - три штуки.

Мечение молоди.

На сравнительно ранних стадиях преимущественно молодь лососей метят срезанием плавников или их частей острыми тонкими ножницами или маникюрными кусачками для ногтей, при этом обязательно надо удалять и основные косточки плавниковых лучей, так как иначе лучи могут отрасти.

Такое мечение надо проводить, возможно, быстрее, весьма аккуратно и осторожно, чтобы избежать большой гибели помеченных мальков. Во время самой операции срезания плавников малька держат в мокрой вате. Лов мальков перед мечением также должен быть организован с максимальными предосторожностями. Для того чтобы избежать ошибок при вылове уже взрослой рыбы и не принять от природы уродливых особей за меченых, следует срезать одновременно два каких-нибудь плавника, например, часть спинного и жировой или часть спинного и один брюшной. Если молодь метят из года в год или одновременно в различных пунктах, то для того, чтобы отдельные партии можно было различить, плавники срезают в разных комбинациях. Спинной и анальный плавники обычно срезают только наполовину, удаляя их переднюю или заднюю часть. Отрезая и удаляя один из брюшных, а для лососевых еще и жировой, можно получить достаточное количество комбинаций. Если метят более взрослую молодь (соответствующую стадии смолт), то используют нержавеющую проволоку (одну или с бусинками), вводя ее под основание спинного плавника, как для серийного мечения. Толщину проволоки, и размер бусинок подбирают в соответствии с величиной объектов мечения. Подростую молодь рациональнее метить подвесными метками с порядковыми номерами (целлулоидными, металлическими или бумажными). Эти метки имеют длину 1,3—2,0 см и ширину 0,4—0,5 см (рис. 9). С постепенным ростом особи, помеченной таким образом, проволока обычно все время остается поверх спины, а часть, проходящая сквозь тело, поднимается кверху, прорезая мускулы и оставляя по бокам темный след (шрам), по которому, в случае потери проволоки или метки, легко обнаружить, что рыба носила метку.



Спинной плавник Узел проволоки



Рис. 9. Прикрепление метки к молоди семги (по Мельниковой).

При мечении молоди подвесными метками можно также прикреплять их, прокалывая мускулы спины двумя концами проволоки, при этом сама метка остается на одной стороне, а концы проволоки закручивают с другой стороны спины. Оба конца проволоки одновременно пропускают через мускулы при помощи двух игл для инъекции, спаянных вместе на нужном расстоянии.

М.Н. Мельникова для мечения молоди семги использовала метки из целлулоида желтого цвета толщиной 0,5 мм и размером 4x11 мм. Надписи на метках делались тушью: на одной стороне номер, на другой сокращенное название учреждения. Затем метки покрывались раствором фотографической пленки в ацетоне. Для прикрепления меток употреблялась нержавеющая проволока толщиной 0,3—0,4 мм. Концы проволоки срезались косо и проволока проходила через ткани рыбок без помощи иглы.

Проволока загибалась в виде буквы *U*, на нее надевалась метка и оба конца пропускали через мышцы под задней третью спинного плавника, с захватом его птеригофоров (рис. 9).

Для того чтобы молодь легче переносила мечение, применялся наркоз уретаном: перед мечением рыбки помещались в таз с водой, к которой постепенно добавляли раствор уретана до концентрации примерно 2 %. При мечении рыбку обертывали мокрой марлей. Метили вечером при более низкой температуре. При мечении рыб, которые значительно вырастут (например, лососи), между самой меткой и двойной проволокой вставляют дополнительный кусочек проволоки, чтобы проволока, удерживающая метку, не сильно врезалась в мускулы.

Для мечения осетровой молоди можно применять вылушивание некоторых спинных или боковых жучек, но не меньше двух в ряду, чтобы в дальнейшем отличать меченые экземпляры от случайно потерявших жучки. Для того чтобы различать несколько партий меченой молоди (по районам или годам), следует твердо устанавливать, какие жучки в ряду вылушивать.

Для контроля выживания меченой молоди от каждой партии оставляют некоторое количество мальков и выдерживают их некоторое время. Это возможно, главным образом, при мечении мальков, искусственно выведенных на рыбобродных заводах.

Для обеспечения достаточного возврата необходимо метить одновременно значительное число молоди, т. е. несколько десятков тысяч, имея в виду ее большую естественную гибель. Следует также широко информировать всех лиц, имеющих отношение к рыболовству, так

как эти метки менее заметны и легче могут быть пропущены при вторичной поимке, особенно несведущим лицом.

В 1956 году был опробован метод радиоактивных индикаторов, получивший наименование метод меченых атомов. Но для применения такого метода необходимы серьезные специальные знания о радиоактивных веществах (радиоактивных изотопах), полное знакомство со способами пользования этими веществами. Нужны соответствующие приборы и исключительные предосторожности со стороны занимающегося радиоактивными веществами. Метод мечения рыб радиоактивными веществами изложены А.С. Трошиным (1956).

Обработка результатов мечения

При обработке результатов мечения следует пользоваться особой карточкой, заполняемой на каждый вторично пойманный экземпляр. В эту карточку вносят все сведения, относящиеся к этому экземпляру в момент мечения и параллельно—в момент вторичной поимки. Ниже помещаем примерный образец такой карточки. Эта карточка может быть дополнена еще пунктами о времени, протекшем между мечением и вторичной поимкой, пройденном расстоянии, среднесуточной скорости миграции, направлении миграции или другими сведениями в зависимости от целей исследования. Употребление таких карточек значительно облегчает и ускоряет работу. При изучении миграций по результатам мечения сведения о вторичных поимках для большей наглядности наносят на карту. Обычно на ней отмечают место выпуска меченых рыб жирным кружком или квадратиком, а пункты поимки меченых экземпляров — небольшими кружками или точками. Или же результат мечения изображают пучком линий или стрелок, выходящих из пункта мечения и заканчивающихся там, где были пойманы меченые рыбы. Эти линии изображают предполагаемый или допускаемый путь миграции одной или группы рыб. Если при таком изображении нужно как-нибудь выделить отдельные группы вторичных поимок или же разделить материал для сравнения по тем или иным признакам (например, отделить самцов от самок, разделить по зрелости, по длине, по сезонам лова, по способу вторичной поимки, по принадлежности той или иной стране судов, доставивших метки и пр.), то пункты вторичных поимок соответственно обозначаются разными значками или же, что нагляднее, различными цветами.

Лекция 8

МЕТОДЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ПО ПИТАНИЮ РЫБ

1. Термины, используемые при характеристике питания
2. Сбор материала
3. Обработка содержимого желудочно-кишечных трактов рыб
4. Цифровая обработка материалов по питанию рыб
5. Литературная обработка материалов по питанию

1. Термины, используемые при характеристике питания

Изучение трофических связей рыб на уровнях межвидовых отношений, сообщества или экосистемы в целом позволяет решить вопросы обеспеченности пищевых потребностей рыб, степени и эффективности использования ими кормовой базы.

Методика исследования питания рыб состоит из четырех элементов:

- сбора материала;
- обработки содержимого желудочно-кишечных трактов рыб;
- цифровой обработки полученных материалов;
- литературной обработки и трактовки различных наблюдений, сделанных во время исследований.

При изучении питания рыб обязательным является проведение полного биологического анализа рыб.

Одновременно с отловом рыбы и в том же месте отбирают пробы планктона и бентоса, что необходимо для изучения кормовой базы рыб водоема и его конкретного участка.

Хищные рыбы питаются в основном рыбой и в меньшей степени другой пищей (окунь, лосось, треска, щука, сом и др.).

Мирные рыбы условно подразделяются на бентофагов, планктофагов и растительноядных.

Широта спектра питания (ШСП) дает представление о разнообразии потребляемой пищи. Определяется количеством родов или видов организмов в пищевом комке рыб.

Частота встречаемости определяется числом пищеварительных трактов, содержащих соответствующий компонент пищи, выражается в процентах от общего числа исследуемых трактов.

Индекс избирания пищи определяется по формуле А.А. Шорыгина (1):

$$I_i = r_i / P_i, (1)$$

где r_i – процентное значение организмов в пище; P_i – процент этого же организма (или группы) в природном сообществе (планктон, бентос, нектон).

Если рыба ест все подряд, то индекс избирания (И.И.) равен 1, если выбирает организм, то И.И. больше 1, а если избегает, то И.И. меньше 1.

В течение жизни рыб характеристики питания претерпевают возрастные, локальные, сезонные изменения.

Суточный ритм питания зависит от вида рыб, доступности кормовых организмов, их размера, калорийности, способов разыскивания и т.д.

Интенсивность питания характеризуется наполнением пищеварительного тракта. Визуально определяется степень его наполнения по пятибалльной шкале: 0 – пусто, 1 – единично, 2 – малое наполнение, 3 – среднее наполнение, 4 – много пищи (пищеварительный тракт полный), 5 – масса (пищеварительный тракт растянут).

Количественным выражением интенсивности питания, или накормленности, являются общий *индекс наполнения (И.Н.)* – отношение массы всего пищевого комка к массе рыбы – и *частный индекс наполнения* отношение массы одного компонента пищи к массе рыбы (Ч.И.Н.). Индексы наполнения выражаются в процентах (%) или, что удобнее, в промилле (‰), когда результат увеличивают в 10000 раз.

Индекс потребления – отношение суммы реконструированных масс организмов, составляющих пищевой комок, к массе тела рыб.

Интенсивность питания можно выразить также процентом рыб, питающихся в момент наблюдения.

Рацион, или скорость питания – количество пищи, потребляемое рыбой за единицу времени (сутки, месяц, сезон, год). Обычно суточный рацион вычисляют на основе индексов наполнения кишечника и скорости переваривания пищи при той или иной температуре по формуле 2:

$$D = A(24/n), (2)$$

где D – суточное потребление пищи, %; A – средний индекс наполнения кишечника, %; n – скорость переваривания пищи определяет по наибольшим спадам в питании, для чего наблюдают за суточным ходом питания. Более сложным считается метод баланса энергии, когда рацион вычисляется в ккал для рыб различных возрастов.

Удельный рацион, или интенсивность питания особи – рацион рыбы, отнесенный к единице массы ее тела.

Пищевые потребности рыб определяются количеством энергии, затраченной организмом на жизненные функции и на оптимальный рост.

Обеспеченность рыб пищей представляет собой отношение реально получаемого рыбой в данном водоеме рациона к необходимой для нее величине рациона. Для выражения этого отношения в процентах следует умножить его на 100 (3):

$$C_{об} = \frac{C_p}{C_n} * 100, (3)$$

где $C_{об}$ – степень обеспеченности рыб пищей; C_p – реальный рацион; C_n – потребный рацион.

Эффективность использования кормовой базы рыбами (α) представляет собой отношение весового прироста рыб (P) популяции к величине потребленной популяцией пищи (C) в единицу времени (месяц, год) (4):

$$\alpha = \frac{P}{C} * 100, (4)$$

Интенсивность выедания кормовых организмов популяциями рыб в водоеме определяется по уравнению 5:

$$I = \frac{C}{P}, (5)$$

где C – рацион популяции рыб; P – продукция кормовых организмов.

Кормовой коэффициент – один из показателей рационального питания рыб, показывает сколько килограммов данного корма должно быть съедено рыбой для получения 1 кг прироста массы за известный период. К.К. (в рыбоводстве – кормовые затраты) зависит от питательной ценности корма, вида и возраста рыбы, температуры воды, газового (кислородного) режима и т.д.

Пищевая конкуренция возникает при питании различных видов рыб одними и теми же пищевыми организмами, характеризуется *индексом пищевого сходства* (А.А. Шорыгин, 1939, 1952), который представляет собой сумму наименьших величин из спектра питания сравниваемых рыб (в %).

Напряженность пищевых отношений, или сила пищевой конкуренции, вычисляется по формуле 6, предложенной А.А. Шорыгиным (1946):

$$e = \frac{100*(a_1+a_2)}{b} * dg, (6)$$

где e – напряженность пищевых отношений к какой-либо группе организмов, потребляемых обоими видами рыб; a_1 и a_2 – размер суточного потребления группы организмов обоими видами рыб; b – биомасса данных пищевых организмов в водоеме; d – индекс пищевого сходства группы организмов; g – поправка на положение пастбищ.

2. Сбор материала

Существует два метода сбора и обработки материала по питанию:

- метод индивидуального сбора и обработки желудочнокишечных трактов, когда каждая рыба анализируется отдельно;
- метод группового сбора и обработки, когда кишечники собираются от группы рыб и содержимое их обрабатывается как нечто единое.

Сбор материала производят активными орудиями лова, которые не остаются долго в воде. В случае необходимости применения пассивных орудий лова следует просматривать их каждые 1-3 часа. Сбор материала по питанию в каком-либо водоеме желательно проводить во все сезоны года и в различных районах, в местах наибольшего и наименьшего скопления рыбы.

В зависимости от целей исследований проба на питание рыб состоит из 10-100 экз. Рыбу длиной до 20 см (мелкие виды рыб, личинки и мальки) фиксируют целиком, делая у более крупных экземпляров надрез на брюшной стороне. У рыб длиной более 20 см фиксируют только желудочно-кишечные тракты.

Желудочно-кишечные тракты надо брать немедленно после притонения или по выемке из пассивных орудий лова.

Перед извлечением желудочно-кишечного тракта проводят биологический анализ:

- каждую рыбу, подлежащую вскрытию, измеряют (определяют всю длину и длину до конца чешуйного покрова – l);
- взвешивают (общая масса – G и масса выпотрошенной рыбы – g);

- определяют пол и стадию зрелости половых продуктов;
- определяют упитанность (по универсальной номограмме упитанности) и жирность по шестибальной шкале по ожиркам на кишечнике;
- берут материал для определения возраста и темпа роста (табл. 1).

Таблица 1 – Образец записи в журнале промеров

№	Место вылова			Дата			Орудие лова		
	Вид рыб	Длина рыб		Масса рыбы		Пол и стадия зрелости	Вес гонада	Возраст	Примечание
		общая	до конца чешуйного покрова	общая	тушки				

Извлечение желудочно-кишечного тракта проводится следующим образом. Рыбу вскрывают ножницами или скальпелем по брюшной стороне от анального отверстия до головы. Желудочно-кишечный тракт вырезают от пищевода до анального отверстия и помещают с соответствующей этикеткой в марлевую салфетку.

Во время вскрытия отмечается наличие наружных (на теле, на жабрах) и внутренних (в глазах, в брюшной полости) паразитов – ракообразных и червей, с указанием степени зараженности ими.

Все кишечника одной пробы помещают в общую марлевую салфетку и кладут в какой-либо сосуд, предназначенный для перевозки и хранения материала.

Этикетки должны быть написаны на пергаменте тушью или простым карандашом.

Фиксируют материал (целые личинки, мальки и мелкие виды рыб, кишечные тракты взрослых особей) 4 % формалином.

При сборе материала ведется специальный «пищевой» журнал (табл. 2).

Таблица 2 – Карточка по питанию рыб

№ рыбы в ихтиологическом журнале	Длина рыбы, см	Масса рыбы, г	Длина пищеварительного тракта, см	Масса пищеварительного тракта, г	Масса пищевого комка, г	Степень наполнения желудка, в баллах	Степень переваренности пищи, баллы	Общий индекс с наполнения И.Н.	Общий индекс потребления И.П.

Сбор материала по питанию для разработки мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов водоемов должен охватывать все районы водоема, весь период времени, когда рыба кормится, и все возрастные группы обитающих в водоеме рыб. Из улова берется проба в 15-20 штук одного вида, если рыба близкого размера, или по 10 экз. мелких, средних и крупных рыб. Пробы берут для всех видов рыб, встреченных в улове.

Сбор материала по питанию рыб на разных возрастных стадиях рекомендуется проводить в следующие сроки:

- сеголетки карповых, окуневых, лососевых, корюшковых и щуковых собираются в конце весны, в середине лета и осенью; сеголетки осетровых собираются в северных реках в июле-августе, в южных – в июне-июле;

- годовики пресноводных и полупроходных рыб, за исключением осетровых и тресковых, собираются во второй половине июня, в середине мая (в средней полосе) и в конце апреля (на юге); годовики осетровых – с мая по сентябрь, годовики тресковых – с января по март;

- материал по двух- и трехлеткам осетровых, лососевых, большинства карповых, окуневых, щуковых, сомовых и тресковых собирается летом и осенью, а для изучения сезонного хода питания – еще зимой и весной.

Для анализа отбираются 15-20 желудочно-кишечных трактов рыб от большого количества размерных группировок.

Сбор материала по питанию рыб на разных горизонтах осуществляется с помощью дрифтерных (плавных) сетей, установленных на разных горизонтах. Для бентосоядных рыб ставят донный ярус. С каждого горизонта берут 20-25 кишечников каждой размерной группы.

Сбор материала по питанию рыб для нужд разведки – у 30-50 экз. рыб определяется степень наполнения кишечника по пятибалльной – системе Лебедева; отдельно отмечается степень наполнения желудка и кишечника, у безжелудочных рыб – степень наполнения I, II, III отделов кишечных трактов (соответственно пищевода, желудка, кишечников). Дается визуальное определение состава пищи и указываются преобладающие организмы.

Сбор материала по суточным изменениям питания осуществляется на одной станции в течение 28-32 ч через равные промежутки времени – 2-3-4 ч, чтобы время последней пробы заходило за время взятия первой пробы. Каждая проба состоит из 20-25 кишечников от примерно равноразмерных рыб.

3.Обработка содержимого желудочно-кишечных трактов рыб

Задачей исследований содержимого желудочно-кишечных трактов является определение состава пищевого комка и значения отдельных пищевых компонентов, т.е. анализ содержимого желудочно-кишечных трактов сводится к определению видового состава кормовых организмов и их процентного соотношения в пище.

Оборудование для обработки содержимого кишечников: микроскоп, бинокляр, окуляр-микромметр, лупа; весы технические с разновесами, весы аптекарские на 100 г, весы торзионные; линейка для измерения длины кишечного тракта; эмалированные кюветы; чашки Петри, часовые стекла, посуда для вымачивания фиксированных кишечников; предметные и покровные стекла; мерные цилиндры и мензурки на 100-200 мл; штемпель-пипетки на 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 и 5,0 см³ и счетные камеры Богорова, Наумова, Ножотта и др. для подсчета пищевых компонентов планктоноядных и растительноядных рыб; пинцеты, препаровальные иглы; фильтровальная

бумага; карточки для записи содержимого пищевого комка; материалы по средним восстановленным весам кормовых организмов.

Фиксированных рыб (молодь и особи мелких видов) или фиксированные кишечники, подлежащие анализу, накануне отмывают от формалина, сменяя воду несколько раз.

Отмоченный желудочно-кишечный тракт перед вскрытием:

- очищают от обрывков внутренностей и ожирков;
- измеряют его длину (для получения данных по соотношению его длины к длине тела рыбы), избегая его излишнего растяжения;

- визуально определяют и записывают степень наполнения пищей отдельных разделов пищеварительного тракта (пищевод, желудок и кишечник у желудочных рыб или передняя, средняя и задняя части тракта у безжелудочных) по пятибалльной шкале Лебедева: 0 – пусто, 1 – единично, 2 – малое наполнение, 3 – среднее наполнение, 4 – много, 5 – масса, растянутый кишечник; записывается результат трехзначным числом, например – 321;

- разрезают на три указанных выше отдела и извлекают из них пинцетом или скальпелем содержимое (на стекло, кюветку и т.д.);

- подсушивают содержимое каждого отдела отдельно на фильтровальной бумаге и взвешивают в зависимости от количества на соответствующих весах;

- по возможности визуально определяется доля слизи;

- после взвешивания содержимое каждого отдела просматривается под биноклем, а если нужно – и под микроскопом: на глаз определяют цвет пищевого комка и степень переваренности пищи в разных отделах по пятибалльной шкале (1 – организмы хорошей сохранности, 2 – организмы слегка переварены, 3 – полупереваренные организмы, 4 – сильно переваренные организмы, но определимы по отдельным частям, 5 – совершенно неопределяемая масса; полученные данные заносятся в карточку в виде цифровых выражений, например, 124).

Далее приступают к *качественной и количественной обработке* пищевого кома: определению видового состава, численности и массы компонентов.

При небольшой величине пищевого кома последний просматривается полностью, т.е. определяются, просчитываются и взвешиваются все компоненты пищи.

При наличии большого количества содержимого просматривают часть кома:

а) берется навеска с последующим пересчетом на весь ком;

б) применяется объемный метод – содержимое размешивают в определенном количестве воды, пипеткой берется часть взвеси и просматривается в чашке Петри; в дальнейшем ведется пересчет на весь пищевой ком.

При обоих способах просмотра ведется качественный учет кормовых объектов в оставшемся комке или в осадке взвеси – учитываются крупные

кормовые организмы, которые могут не попасть в навеску или при заборе штемпель-пипеткой.

У личинок на этапах С₁-Д₁ содержимое кишечника просматривают под бинокулярным микроскопом МБС-1, МБС-2 без вскрытия, т.к. личинка прозрачна, а кишечник представляет собой прямую трубку.

У личинок на этапах Д₂-Е содержимое кишечника извлекают препаровальной иглой под бинокуляром. При этом личинку помещают на предметное стекло, измеряют ее окуляр-микрометром, взвешивают на торсионных весах, затем путем надавливания на кишечник от глотки препаровальной иглой извлекают его содержимое.

У мальков до 3,5 см желудочно-кишечный тракт извлекают путем разрезания брюшка (лезвием), освобождают его от других элементов полости тела, помещают под бинокуляр и легким нажатием на кишечник препаровальной иглой извлекают содержимое.

У сеголетков кишечник также извлекают из полости тела, помещают на предметное стекло размером 9×12 см и с помощью препаровальной иглы или шпателем извлекают содержимое.

Точность определения пищевых компонентов зависит от целей исследований. Как правило, ракообразных, коловраток, личинок хирономид и других насекомых следует определять до вида, остальные организмы до вида или рода. Низшие ракообразные в случае значительного разрушения определяются по фрагментам: представители кладоцер – по постабдоменам; циклопы и диаптомиды – по пятой паре торокальных ног, фурке и абдомене; личинки хирономид – по головной капсуле со всеми ее элементами: субментуму с рядом зубов, их количеству, форме и расположению, по максиллам и усикам; олигохеты в слаборазрушенном состоянии могут быть определены до рода или вида.

Если пища мало разрушена, то возможно прямое взвешивание олигохет, моллюсков, личинок хирономид и прочих бентосных организмов. Если пищевой комок состоит преимущественно из коловраток и низших ракообразных, полупереваренных остатков бентосных организмов, то масса каждого определенного организма устанавливается по стандартным (восстановленным) массам, приводимым в литературе.

Неопределимая масса содержимого тракта, если возможно, взвешивается или определяется на глаз в процентном отношении к весу всего пищевого кома и распределяется пропорционально весовому значению обнаруженных пищевых организмов.

Данные видового и весового определения содержимого кишечника записываются в индивидуальную карточку в зависимости от характера питания рыб.

Методика обработки содержимого желудочно-кишечных трактов в деталях отличается для рыб с разным характером питания.

При изучении питания хищных рыб (судак, окунь, щука, жерех, чехонь, налим, сом, нельма) исследуется содержимое желудка, а у жерехов и чехони

– кишечника. Хищные рыбы заглатывают жертву целиком, и в зависимости от времени пребывания жертвы в желудке ее сохранность бывает различной.

Такие хищники, как жерех и другие карповые, измельчают жертву глоточными зубами, и определение видовой принадлежности жертвы осуществляется по фрагментам и костям (нижнеглоточные кости и зубы у карповых, нижнечелюстные кости у окуневых, сома и щуки, отоциты, позвонки и другие кости у остальных рыб). Хорошо сохранившихся рыб-жертв определяют до вида, измеряют длину, массу и делают соответствующие записи в карточках. Все группы пищевых организмов, обнаруженные в пищеварительном тракте рыб, должны быть даны в процентах по массе.

Подробно методы изучения бентосоядных, планктоноядных рыб и личинок в естественных водоемах изложены в «Руководстве по изучению питания рыб в естественных условиях» и в «Инструкции для сбора и обработки материалов по питанию бентосоядных рыб».

При изучении питания растительноядных рыб различают рыб, питающихся высшей водной растительностью, и рыб, питающихся низшими водорослями. К первым относится преимущественно белый амур. Поскольку определение сильно переваренных остатков высшей водной растительности затруднительно, обязательно должны быть даны данные по видовому составу растительности в исследуемом водоеме. Рассмотрение пищевого комка (по отделам кишечника) производится под биноклем в чашках Петри, просчитываются организмы зоопланктона, берутся их реконструированные массы. Визуально или путем прямого взвешивания, или путем вычета массы зоопланктона определяется доля высшей водной растительности в навеске, затем во всем пищевом комке. Далее вычисляются соответствующие индексы и показатели в зависимости от целей исследований.

К рыбам, питающимся низшими водорослями, относятся толстолобики, преимущественно белый, в меньшей степени пестрый и их гибриды.

Исследование содержимого пищеварительного тракта проводится объемным методом. Из разведенной пробы помещается капля в камеру Ножотта (объемом 0,05 мм³) или камеру Горяева (объемом 0,9 мм³). Просматривают несколько камер или дорожек камеры Ножотта, или квадратов камеры Горяева (для массовых видов). Определяют и просчитывают все виды водорослей, измеряют окуляр-микрометром параметры водорослей. Вычисляют объем водорослей, приравнивая их к соответствующим геометрическим фигурам, по формулам 7-12:

$$\text{Конус (к)} V_k = d^2 \times h \times 0,26 \quad (7)$$

$$\text{Шар (ш)} V_{ш} = d^3 \times 0,25 \quad (8)$$

$$\text{Эллипс (э)} V_э = d^2 \times h \times 0,52 \quad (9)$$

$$\text{Цилиндр (ц)} V_{ц} = d^2 \times h \times 0,72 \quad (10)$$

$$\text{род Pediastrum } V = d^2 \times 3,9 \quad (11)$$

$$\text{род Phacus } V = d \times 3,9 \quad (12)$$

В карточку учета фитопланктона заносят данные по размерам водорослей и их количеству в камере. Затем пересчитывают количество на весь пищевой комок по формулам 13 и 14:

$$\text{для камеры Ножотта } N = n \cdot k \cdot V \quad (13)$$

где n – количество водорослей в камере; V – объем разведения пищевого комка; k – коэффициент, величина которого зависит от числа просмотренных дорожек камеры, при просмотре 5 дорожек $k=160$

8 дорожек $k=100$

10 дорожек $k=80$

20 дорожек $k=40$

40 дорожек $k=20$

$$\text{для камеры Горяева: } N = \frac{n \cdot V}{0,9}, \quad (14)$$

где n число водорослей в камере; V – объем разведения пищевого комка; $0,9$ – объем камеры.

Для определения массы водорослей используют формулу 15:

$$B = \frac{\mu^3 \cdot N}{1000000000}, \quad (15)$$

где B – масса водорослей в пищевом комке; N – число водорослей в пищевом комке; μ^3 – объем водорослей.

Далее вычисляют индексы потребления фитопланктона (как общие, так и частные для отдельных его видов).

4. Цифровая обработка материалов по питанию рыб

Результаты анализа содержимого пищеварительного тракта рыб могут быть представлены различными способами: по встречаемости, по количеству экземпляров, по объему, по массе, по калорийности и т.д.

Следует отметить, что как самостоятельный метод на первом этапе изучения питания рыб, когда вся цель исследования заключалась лишь в установлении характера питания разных видов, применялся *качественный метод*. В настоящее время качественная обработка пищевого кома представляет неотъемлемую часть любого количественного метода.

Количественные методы:

- наиболее прост и наименее распространен метод определения *частоты встречаемости* отдельных компонентов в пище (количество кишечников, содержащих какой-либо кормовой компонент, выражается в процентах к общему количеству исследованных кишечников данного вида, учитываются только кишечники с пищей);

- *счетный метод*, самостоятельно применяется редко. Основной недостаток - дает неправильное представление о роли отдельных компонентов (оказывается, при одинаковых количествах очень мелких, например, водоросли, и очень крупных, например, моллюски, компонентов, значение их в питании одинаково, хотя и по объему, и по массе это будут несоизмеримые величины. Также при этом методе совершенно игнорируются такие пищевые компоненты, как детрит, обрывки растений, которые нельзя просчитать);

- *объемный метод* используется большинством зарубежных исследователей, методика Форбса включает определение объема всего пищевого комка, а значение отдельных компонентов в пище выражают или в процентах частоты встречаемости или в процентах по числу экземпляров;

- *весовой метод* наиболее точен и совершенен, предложен Блевадом, усовершенствован отечественными учеными Никитинским В.Я. и Зенкевичем Л.А. В отличие от Блевада, у Зенкевича Л.А. индексы были представлены не абсолютными отношениями веса пищи и веса рыбы, а это отношение было увеличено в 10000 раз. Работа с такими индексами (выраженными в продецимилле – ‰) оказалась эффективной и простой. Однако в чистом виде весовой способ тоже применяется редко, так как прямое взвешивание отдельных компонентов пищи затруднительно, а порой невозможно. Обычно весовой метод комбинируют с объемным или плоскостным, когда общая масса пищевого кома определяется непосредственным взвешиванием, а масса отдельных компонентов - на основании процентного содержания их в коме по объему или по занимаемым площадям, причем процент нередко определяется на глаз;

- *метод восстановленных весов* устраняет ошибку визуального определения. При этом методе просчитываются все особи (целые и по остаткам), по размерам или возрастам каждого пищевого компонента и восстанавливается их живая масса (данные по восстановленным массам приводятся в литературе). Восстановленные массы всех пищевых компонентов, а также масса грунта, если он есть в коме, складываются, и от суммы вычисляется процентное содержание каждого компонента по живой массе. Следует иметь в виду, что и эти проценты могут быть недостоверны, т.к. в данном случае не учитывается степень переваренности, реконструированная масса, как правило, всегда больше массы фактического.

Частные и общие индексы наполнения и потребления вычисляются для отдельных рыб и заносятся в индивидуальную карточку в соответствующую графу.

Для получения средних индексов по пробе индивидуальные индексы рыб из одной пробы суммируются и делятся на общее число рыб в пробе независимо от того, имела ли присутствовала пища у какой-либо из составляющих пробу рыб.

Вычисление процентного значения пищевых организмов и величины общего индекса по способу Зенкевича-Броцкой по групповому способу дает сходные результаты.

5. Литературная обработка материалов по питанию

В зависимости от целей исследований указываются только частные индексы и процентное значение по массе различных пищевых компонентов или приводятся более полные данные по характеристике питания: помимо частных индексов, следует приводить «частоту встречаемости» – число экземпляров пищевых организмов в среднем на одну рыбу, максимальные индексы, максимальные массы пищевых компонентов и всей пищи,

максимальное число экземпляров пищевых организмов, а также минимальный, максимальный и преобладающий размеры потребляемых рыбой организмов. Все эти данные сводятся в виде отдельных таблиц или граф общей таблицы из имеющихся индивидуальных карточек.

Результаты цифровой обработки материала, помимо таблиц, представляются в графиках разной формы – в виде кругов, прямоугольников, кривых и т.д., а также наносятся на карты. Ход питания можно изобразить в виде кривых для отдельных пищевых компонентов (рис. 1); значение организмов в питании можно выразить в виде прямоугольников (рис. 2). Диаграмма на рис. 3 дает представление об изменении процентного соотношения пищевых компонентов.

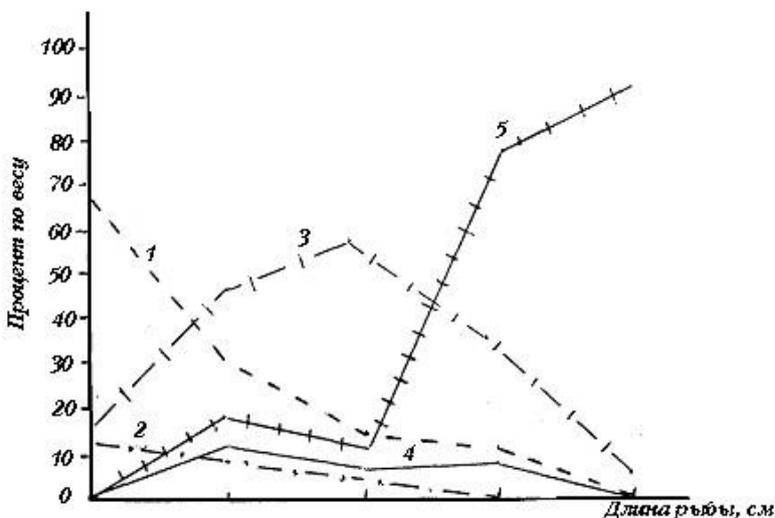


Рис. 1. Изменение состава пищи молоди щуки в связи с ростом (в процентах по массе): 1 – ветвистоусые раки; 2 – веслоногие раки; 3 – личинки хирономид; 4 – личинки прочих насекомых; 5 – рыбы (размерные группы молоди соответствуют группам на рис. 2)

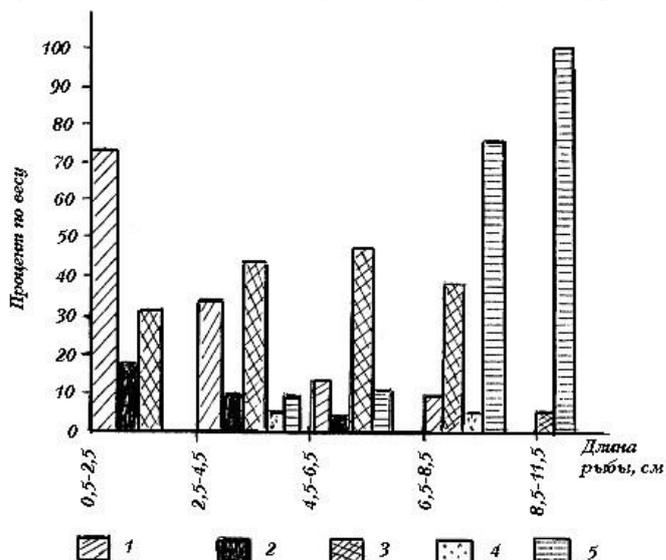


Рис. 2. Изменение состава пищи молоди щуки в связи с ростом (в процентах по массе): 1 – ветвистоусые раки; 2 – веслоногие раки; 3 – личинки хирономид; 4 – личинки прочих насекомых; 5 – рыбы

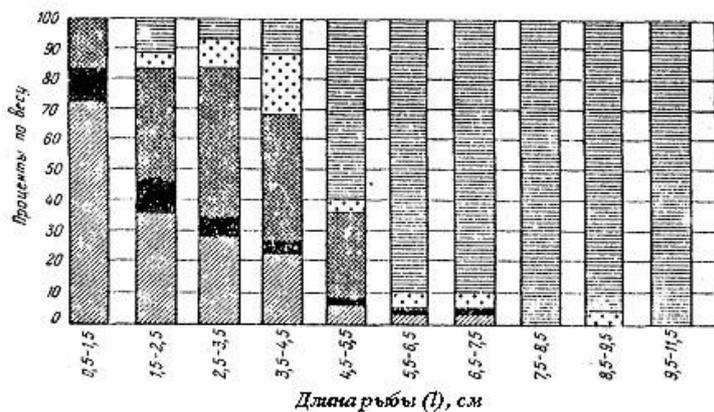


Рис. 3. Изменение состава пищи молоди щуки в связи с ростом (в процентах по массе). Обозначения те же, что на рис. 2

Подобными диаграммами можно графически изображать все стороны питания рыб: суточный, сезонный, годовой ход питания, питание по возрастам, по отдельным полам и т.д.

На основании полученных цифровых и графических данных делают выводы о характере питания рыб, их накормленности, возможной конкуренции в питании, состоянии кормовой базы и т.д.

Лекция 9

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УЛОВОВ

1. Краткосрочные прогнозы

2. Долгосрочные прогнозы

1. Краткосрочные прогнозы

Оценка величины запаса и допустимого улова – сложный многоступенчатый процесс, требующий разносторонней информации: биологической, гидрологической и промысловой. При этом приходится учитывать не только особенности конкретной популяции: продолжительность жизненного цикла, возрастную структуру, соотношение полов, темпы прироста ихтиомассы, закономерности пополнения и естественной убыли, но и постоянно меняющиеся условия в районах ее обитания, от которых зависит урожайность поколений, характер распределения отдельных стад, их доступность промыслу. На этой основе разрабатываются прогнозы вылова объекта с различной заблаговременностью (краткосрочные, долгосрочные, перспективные). Для составления каждого из них необходим определенный набор исходных данных, эти прогнозы имеют методические особенности и в соответствии с конечной задачей отличаются по содержащейся в них информации.

Краткосрочные прогнозы (квартальный, месячный, двухнедельный)

Практика морского рыбного промысла свидетельствует о значительной изменчивости результатов лова во временном диапазоне от одних до нескольких суток. Добывающие суда часто «теряют» скопления и вынуждены затрачивать до половины и более промыслового времени на поиск новых участков, что резко снижает эффективность их работы. Одним из главных путей сокращения этих непроизводительных затрат является обеспечение добывающего флота качественными краткосрочными рыбопромысловыми прогнозами.

Под краткосрочным рыбопромысловым прогнозом понимается научно обоснованное предсказание участков и сроков образования промысловых скоплений, а также ряда характеристик этих скоплений, таких как плотность концентрации (улов на промысловое усилие), соотношение видов и размерно-весовых групп в скоплении на период от одних до нескольких суток.

Следует отметить, что в настоящее время нет единого мнения о временном диапазоне краткосрочного прогнозирования. Достаточно однозначно определяется только нижний предел – сутки (реже – пол суток). Оценка верхнего предела колеблется от нескольких суток до квартала. Причины такой неопределенности кроются в комплексной природе проблемы краткосрочного рыбопромыслового прогнозирования. В общем виде данное прогнозирование основывается на анализе взаимодействия процессов гидрометеорологической, гидрологической, биологической и экономической природы. В каждом из перечисленных аспектов существуют

свои обоснованные понятия краткосрочных и долгосрочных периодов. Если для производителей, использующих результаты прогнозирования при ведении промысла, месяц достаточно короткий период, то для синоптиков, обеспечивающих метеорологическую базу прогнозирования, месяц, безусловно, период долгий.

Учитывая основное назначение краткосрочного прогноза – обеспечить расстановку добывающих судов в районе промысла, оптимально отвечающую существующей промысловой обстановке, его минимальная заблаговременность должна определяться временем перехода судов до прогнозируемых участков. Верхний предел следует определять из возможного времени действия прогноза, т.е. из вероятной продолжительности периода, в течение которого предсказанная обстановка существенно не изменится. В условиях морского промысла таким периодом чаще всего является синоптический, продолжительность которого составляет обычно 3-7 дней. Таким образом, временной масштаб краткосрочного рыбопромыслового прогноза охватывает периоды от нескольких часов до недели. В пределах этого срока поведение и распределение промысловых объектов определяются, в основном, изменениями окружающей среды под влиянием погодных условий, и, следовательно, можно говорить о единой методической основе разработки прогнозов.

При прогнозировании на месяц и более становится существенным учет сезонного хода условий среды и биологического состояния гидробионтов, что позволяет относить эти прогнозы к среднесрочным.

Важнейшей составной частью рыбопромыслового прогнозирования во временном масштабе от недели до месяца является предсказание сроков начала и конца промысла, определяющихся «переломными» моментами в ходе годового жизненного цикла организмов – переходами к нагулу, нересту, зимовке или миграции.

Прежде чем рассмотреть конкретные методы прогноза, необходимо определить, что же подлежит прогнозированию в области краткосрочных рыбопромысловых прогнозов. На первое место следует поставить предварительный прогноз мест (участков) распределения скоплений в пределах промыслового района. При этом крайне желательно указать также размеры скоплений и их ожидаемую плотность (в величинах возможных уловов для того или иного типа судов и орудий лова). Важным моментом является предсказание перемещений образовавшихся скоплений, а также времени их рассредоточения. В районах сезонного (путинного) хода промысла особое значение приобретают прогнозы моментов начала образования скоплений в районе и их окончательного распада.

Предварительный прогноз распределения рыбы основан на многолетних наблюдениях за условиями внешней среды и распределением кормовых организмов, промысловыми концентрациями, численностью стада в районах промысла. Точность такого прогноза тем выше, чем стабильнее распределение температуры, течений, солености, кормовых организмов и численности стада, чем меньше меняется из года в год положение скоплений

рыбы в определенные периоды года. Предварительный прогноз распределения рыбы уточняется на основе гидрологического прогноза, прогноза численности кормовых организмов и стада рыбы.

Предварительному прогнозу предшествует фоновая съемка района. При проведении фоновой съемки придерживаются определенных поисковых маршрутов-галсов. Для фоновой съемки наиболее удобны прямоугольные и косоугольные системы галсов, которые пересекают изотермы, струи течений, свалы глубин. Расстояние между галсами зависит от гидрологической и промысловой обстановки. При поиске промысловых концентраций, расположенных на небольшой площади, расстояние между галсами не превышает 25-30 миль, а при поиске концентраций, занимающих большую площадь, расстояние между галсами может достигать 8-100 миль.

Гидрологические и гидробиологические наблюдения проводят в среднем через 10-20 миль. Точки, в которых проводят такие наблюдения, называют станциями. На станциях измеряют температуру, соленость, скорость течения, берут пробы грунта, планктона, бентоса и т.д. Контрольный лов сетями и тралами выполняют только в тех точках, где обнаружены скопления рыб.

Помимо наблюдений на станциях обычно ведут непрерывные гидроакустические наблюдения на переходах между станциями.

В результате фоновой съемки определяют распределение температуры, солености, течений и участки с благоприятными для рыб температурами; районы, богатые кормовой базой; свалы глубин, места с выходом на поверхность глубинных вод, богатых биогенными веществами и т.д. В настоящее время большой практический интерес представляет информация по содержанию хлорофилла «а» в поверхностных водах. Исходные данные в режиме реального времени можно получать с помощью сканера цветности океана Sea WiFS (США), установленного на спутниках серии Orb View – 2. Начиная с сентября 1997 с периодичностью примерно 1 раз в 2 сут. спутник сканирует всю поверхность океанов и морей на каналах видимого спектра (380 – 760 нм) - 412, 443, 490, 510, 555, 670 нм. Спутниковая информация обрабатывается и хранится в виде карт цветности в национальном Годдартском космическом центре данных (США) и применяется для исследования биоптических характеристик акватории Мирового океана. Установлены связи между различными цветовыми градациями спутниковых измерений хлорофилла «а» и продукционными показателями планктонных сообществ. На основе сопоставления спутниковых карт цветности с результатами судовых экспедиций разработаны первые методические рекомендации по оценке продуктивности различных акваторий Мирового океана и определению толщины слоя фотосинтеза, прозрачности, первичной продукции и запасов, фито- и зоопланктона. Эти данные могут быть использованы в целях текущего и перспективного прогнозирования промысловой обстановки, для выявления высокопродуктивных районов и осуществления спутниковой поддержки промысловых экспедиций.

Эти районы выделяют для детального поиска.

Детальный поиск проводят аналогично предварительному. Однако параметры галсов, расстояние между станциями и места промежуточных наблюдений выбирают так, чтобы вероятность обнаружения скоплений была близка к единице. Расстояние между галсами определяют исходя из дальности обнаружения скопления.

Дальность обнаружения промысловых концентраций с помощью гидролокатора не превышает 2,5-3,0 миль. Поверхностные косяки можно обнаружить с борта судна на расстоянии до 3,0-4,0 миль.

Галсы обычно располагают перпендикулярно к общему направлению изотерм. На каждом галсе непрерывно или через 1-2 мили измеряют температуру, через 3-5 миль определяют состав и биомассу планктона и выполняют траления. Иногда эти расстояния уменьшают в зависимости от конкретных условий поиска. При обнаружении промысловых скоплений их оконтуривают, ведут наблюдения за их перемещением, дают качественную и количественную оценку.

Для оконтуривания скопления его пересекают серией галсов, причем судно идет одним курсом до тех пор, пока приборы регистрируют рыбу или орудие лова улавливает ее (рис. 1).

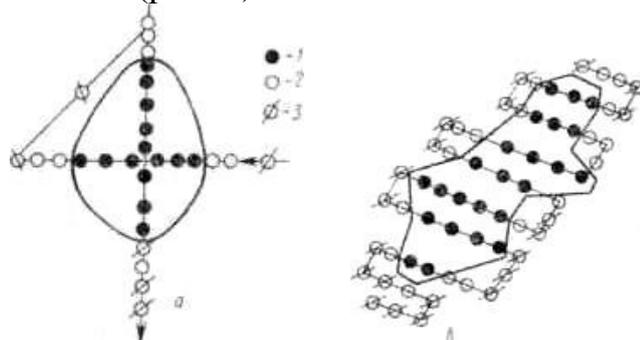


Рис. 1 – Оконтуривание скоплений: а – двумя поисковыми галсами; б – серией поисковых галсов; 1 – промысловый улов; 2 – непромысловый улов; 3 – улова нет

При оконтуривании разреженного пелагического скопления его высоту принимают равной некоторому среднему значению, а при оценке отдельных косяков определяют их длину, высоту и ширину. За перемещением скопления следят, периодически регистрируя их положение. Чем менее стабильна обстановка в промысловом районе, тем чаще контролируют положение скоплений.

Видовой и размерный состав скоплений устанавливают по результатам анализа уловов во время контрольных обловов. Качественная оценка скоплений включает также определение таких элементов поведения, как вертикальные миграции и их закономерности, изменение структуры скоплений в течение суток, изучение реакции на орудие лова и физические средства оптимизации лова, шумы судов и т.д., включает также оценку устойчивости скоплений.

Для индивидуального мечения используют различные метки: скобочные, перстневые, гидростатические, пластинчатые, подкожные, ультразвуковые, электрические, полостные, радиоактивные, мечение красками, флуоресцентное мечение, способ клеймения, хирургическое и т.д.

Вторичная поимка меченых рыб зависит от многих факторов: количества меченых рыб, интенсивности рыболовства, типа метки, техники мечения, характера оповещения рыбаков и работников обрабатывающих предприятий, вознаграждения.

Мечение позволяет не только изучить пути миграций, но и определить скорость движения рыбы, численность популяций, степень их промыслового использования.

Существующее состояние краткосрочного рыбопромыслового прогнозирования не позволяет дать его однозначную оценку. С одной стороны, имеется бесчисленное множество методов и приемов, обеспечивавших вполне удовлетворительное предсказание образования и распределения промысловых скоплений различных рыб в разнообразных районах. С другой стороны, практически все эти методы и приемы использовались однажды или эпизодически, не представлялись какому-либо компетентному органу или учреждению в форме методики на рассмотрение и утверждение, не проходили соответствующей апробации, а тем более производственной проверки. В подавляющем большинстве дело ограничивается публикацией научных статей или обнародованием на научных конференциях.

Анализ таких материалов показывает, что все многообразие методов и приемов краткосрочного рыбопромыслового прогнозирования можно условно разделить прежде всего на две неравные группы. Первую, достаточно ограниченную по числу, но наиболее распространенную по использованию группу составляют методы и приемы, основывающиеся на анализе промысловой информации. Существование этих методов заключается в экстраполяции текущих показателей промысла в районе (нагрузки на усилие, участки лова, преобладающие размеры рыб) в предположении инерционности их хода в ближайшем будущем, а также в предположении наличия аналогов развития процессов в прошлом.

Принцип аналогий применяется в краткосрочном рыбопромысловом прогнозировании достаточно широко. Суть его состоит в том, что в массиве ретроспективной информации разыскиваются годы, сезоны, периоды с аналогичным наблюдаемому ходом прогнозируемой характеристики. Чаще всего «факт аналогичности» устанавливается качественным сравнением рядов.

Существуют и количественные методы оценки аналогичности.

Основной недостаток метода аналогов состоит в проблематичности самого понятия аналогии. Практика показывает, что при достаточно большом количестве факторов вероятность отыскания совершенно аналогичных случаев становится очень малой. Не менее сложной проблемой является учет биологического состояния объектов промысла: размерно-весовых показателей и стадий зрелости гонад, от которых в значительной степени зависит характер поведения организмов, а также создание множества возможных комбинаций.

Содержание методов второй группы включает метеорологическую, океанологическую, биологическую и промысловую части. В каждом конкретном методе отдельные аспекты могут и не содержаться, но в любом случае наряду с промысловой частью в таких прогнозах должна быть хотя бы еще одна.

Разработаны и используются на практике целые комплексы краткосрочного прогноза различных океанологических процессов по прогностическим метеорологическим данным. Наиболее известна схема Р. Джеймса, которая позволяет давать прогнозы с заблаговременностью 48 часов, включающая следующие этапы:

- определение начального состояния температурного поля верхнего слоя моря (наблюдение термобатиграфом);
- расчет адвекции за счет дрейфового течения и ее влияния на перенос или перестройку температурного поля; расчет теплового баланса поверхности океана по имеющимся метеоданным (радиационный и контактный обмен);
- расчет процессов перемешивания (ветровое и конвективное перемешивание);
- формулировка прогноза.

Подход Р. Джеймса получил дальнейшее развитие в практике работы Гидрометцентра и НИИ по рыбному хозяйству и океанографии.

2. Долгосрочные прогнозы

Долгосрочные прогнозы (заблаговременностью 1-2 года) основываются на более или менее точном (в зависимости от изученности объекта) представлении о величине запаса в данном году и наиболее вероятном его изменении на прогнозируемый период. В биологически обоснованных рекомендациях по объему вылова используются знания о присущих данной эксплуатируемой популяции темпах пополнения, численности новых поколений, их биомассе в промысловых возрастах, оптимальных размерах нерестового стада и других параметрах, с учетом которых определяется допустимая степень промыслового изъятия, обеспечивающая нормальное (неснижающееся) воспроизводство запасов.

Таким образом, рыбопромысловый прогноз включает в себя два основных этапа: оценку запаса и расчет той доли, которая может быть выловлена. Применительно к большинству промысловых популяций определяется допустимый размер вылова, превышение которого может привести к отрицательным последствиям. Для некоторых популяций высокой численности, когда размер вылова лимитируется не размерами запаса, а возможностями флота, основой для прогноза служит предполагаемая производительность промысла и ожидаемый уровень промысловых усилий. В целях упорядочения терминологии такие прогнозы следовало бы называть *прогнозами возможного улова* в отличие от *прогнозов допустимого улова*.

До сих пор нет и не может быть единого универсального метода оценки рыбных запасов и прогнозов вылова, поскольку часто приемы расчетов,

вполне удовлетворительные для одних промысловых видов, оказываются совершенно непригодными для других, а нередко и для тех же самых видов, но занимающих другие места обитания. К трудностям, связанным со спецификой биологии, добавляется необходимость учета особенностей самого водоема. В связи с этим, понятно разнообразие путей и способов определения численности (биомассы) различных популяций или отдельных группировок внутри них.

Возможность получить исчерпывающие данные, характеризующие объект исследования и среду его обитания, на практике бывает затруднительна, но стремление к наиболее полной изученности этих вопросов является залогом правильного прогнозирования.

Показательными в этом отношении являются методы, разработанные советскими ихтиологами еще в 20-30 годах, надежность результатов которых опирается на глубокую эмпирическую информированность. Эти материалы базируются на учете молодежи, связи урожайности поколений с условиями среды, на данных о величинах промыслового пополнения и остатка, росте и факторах, влияющих на его скорость, возрасте созревания производителей, их плодовитости и периодичности нереста, возрастном составе стада, величинах промысловой и естественной убыли и др.

Большим достижением отечественной науки является создание целого методического направления – методов, известных в литературе как биостатистический учет состава пополнения, *метод виртуальных (фактических) популяций, когортный (по поколениям) анализ*.

Такое многообразие в названиях оправдано, так как подчеркивает особенности конкретной методики, однако в основе их находится общий принцип – восстановление численности поколений по данным величинам уловов и их возрастного состава. Этот принцип впервые предложен А.Н. Державиным (1922), развивался и совершенствовался сначала отечественными (Бойко, 1934; Чугунов, 1935; Монастырский, 1935; Дементьева, 1952), а затем зарубежными исследователями (Gulland, 1966; Schumacher, 1970).

Одновременно с этим развивалось другое направление, основанное на попытке разработать «формальную» теорию жизни рыб, содержащую обобщенное представление основных закономерностей, характеризующих количественные изменения в популяции (Баранов, 1925; Beverton & Holt, 1969).

$$C(t) = N_0 \frac{Ft}{Zt} (1 - e^{-Zt}),$$

где $C_{(t)}$ – улов возрасте t ; N_0 – первоначальная численность; F_t – коэффициент промысловой смертности; Z_t – коэффициент общей смертности; $e - 2,72$ – основание натурального логарифма.

В последнее время эти методы стали называть математическими, в отличие от первой группы методов, отличающихся отсутствием в их арсенале элементов математики. На самом же деле все существующие методы оценки численности содержат математический аппарат: один более

простой, при котором чаще всего используется предварительный эмпирический анализ связей между условиями среды и состоянием популяции или между отдельными ее параметрами и последующей аппроксимацией данных в каждом конкретном случае, другой более сложный, где, как правило, реализуется универсальное стандартизированное представление об основных закономерностях внутри популяции либо в связях ее со средой, так что вид кривых, отражающий эти закономерности, бывает предопределен, а специфика конкретного объекта сказывается лишь на коэффициентах заранее выбранных уравнений.

Принимая во внимание наиболее характерные черты каждого направления, можно назвать методы, объединенные в одну группу эмпирическими (опытными), в другую стандартизированными (формализованными). Разумеется, надо иметь в виду, что в основе стандартизации лежат те же опыты, а эмпирические методы содержат некоторые стандартные приемы.

Достоинством стандартизированных методов является удобство их формализации и связанная с ним оперативность получения необходимой информации, недостатком – опасность использования неверных предпосылок, ориентирующихся на одну из стандартных схем расчета, что может привести к выводам, далеким от конкретной ситуации. Применение эмпирических методов позволяет обеспечивать большую надежность полученных данных применительно к конкретному объекту, но теоретическое обобщение результатов при этом не всегда допустимо.

В процессе развития исследований происходит частичное слияние методов обеих групп, заключающееся в использовании стандартных уравнений для восстановления абсолютной численности поколений по эмпирическим исходным данным (метод виртуальных фактических) популяций, когортный (по поколениям) анализ. Параллельно с предложенной классификацией те же самые методы можно рассматривать в зависимости от сферы их применения и круга решаемых вопросов. Для этого удобнее перейти к понятию «модель» как более универсальному и емкому, чем «метод». С этой точки зрения можно выделить модели экосистем, или отдельных сообществ, и модели изолированных популяций. При более детальном делении целесообразно разграничивать модели или методы оценки запаса и модели регулирования промысла, задачей первых является расчет численности популяции, вторых – определение оптимального режима ее эксплуатации. Применительно к отдельным условно изолированным популяциям среди оценочных методов, дающих численную характеристику запаса, наиболее популярен в настоящее время *виртуально-популяционный анализ (VPA)*. В нем используется принцип восстановления промысловой части поколений по возрастному составу уловов, т.е. тот же принцип, на котором основан биостатистический метод расчета относительно величины запаса.

Введение в схему вычислений показателя естественной смертности и универсального уравнения, характеризующего взаимосвязь численности

возрастных групп поколений, позволяет перейти к оценке абсолютного запаса. Однако точность прогноза, полученного методом VPA по сравнению с биостатистическим методом – ниже.

Фактические данные, положенные в основу различных модификаций биостатистического метода, позволяют оценить уровень численности только вступивших в промысел поколений. Экстраполяция же начальной численности, осуществляемая при использовании VPA, всецело зависит от того, насколько фактическая убыль популяции соответствует принятому закону динамики смертности. В связи с этим заслуживает внимания непосредственное определение численности еще не вступивших в промысел поколений, которое проводится путем учета молодежи, обитающей на определенной площади. Выполненный таким образом расчет вошел в практику под названием метода учета состава пополнения, зарекомендовавший себя как один из наиболее надежно оправдывающихся методов прогнозирования. Введение в алгоритм расчетов коэффициентов естественной смертности, дифференцированных по возрастам, значительно повышают точность оценок, особенно, если коэффициент естественной смертности используется с учетом меняющегося по годам возрастного состава стада. Техника учета и методика оценки пополнения постоянно совершенствуются.

Пример 1. Прогноз вылова рыбы по методу Тюрина П.В. Показатели/год

1. Предельный возраст рыбы в уловах
 2. Величина пробы, в экземплярах
 3. Коэффициент общей смертности (Z)
 4. Теоретический предельный возраст
 5. Коэффициент естественной смертности (M)
 6. Коэффициент вылова (F)
 7. Поправочный коэффициент $K = \frac{M * F}{100}$
 8. Уточненный коэффициент естественной смертности $M - \Delta K$
 9. Уточненный коэффициент вылова $F + \Delta K$
 10. Годовой улов (фактический)
 11. Промысловый запас текущего года
 12. Остаток с учетом коэффициента естественной смертности и вылова
 13. Пополнение (количество неполовозрелых рыб в пробе)
 14. Промысловый запас на будущий год (остаток + пополнение)
 15. Прогнозируемый улов, принимается равным уточненному коэффициенту естественной смертности
- K тождественно ΔK .

Совершенствуются также способы определения величин остатков поколений, не полностью использованных промыслом. Прогностические оценки этой части поколений имеют особое значение для популяций с многовозрастным составом и длительным жизненным циклом. Расчет остатков, неполовозрелых поколений методом аналогий нередко

приводит к грубым ошибкам. Более надежным представляется регрессивный способ прогнозирования величины остатка на основании многолетней корреляции между изъятой и общей численностью поколений.

Расчет используемой численности поколений и величины промыслового запаса по методу Е.М. Малкина (1987).

Прежде всего, используя среднюю массу рыб за каждый год, необходимо определить годовой объем вылова в поштучном исполнении. Затем полученные цифры распределить в соответствии с возрастным составом, характеризующим популяцию в каждом году. Результаты занести в таблицу и сгруппировать таким образом, чтобы в каждой вертикальной графе расположились рыбы одного года рождения (табл. 1).

Таким образом, суммируя цифры вылова по столбцам, можно учесть промысловую численность поколения 1956 г. рождения, которая равна $20+66+45=131$. Аналогично можно найти численность поколений 1957-1959 гг. Эти данные приведены в нижней строке таблицы.

Промысловый запас на конкретный год промысла – это количество рыб в облавливаемом стаде, достигших промыслового размера и возраста. Он складывается из промысловой численности вновь вступившего в промысел поколения и остатков не выловленных еще поколений более ранних лет рождения. Так, например, промысловый запас 1959 г. равен промысловой численности поколения 1956 г. рождения, сложенной с промысловым остатком поколений более ранних лет, не выловленных полностью к 1959 г. Этот остаток равен $55+36+35=126$, а весь запас $131 + 126 = 257$. Запас каждого последующего года равняется предыдущему за вычетом годового улова и прибавлением вновь вступившего поколения: $257 - 110 + 156 = 303$.

Для определения численности поколений, полностью еще не выловленных (в нашем примере это поколение 1960 и 1961 гг. рождения), нужно найти промысловый остаток каждого из них на прогнозируемый год. В таблице эти числа отмечены вопросительными знаками, можно также, как и зависящие от них величины промысловой численности поколений и промысловых запасов. Для этого предварительно необходимо вычислить коэффициенты вылова (в процентах от остатка) каждого поколения по годам. В расчетной таблице они помещены над числами абсолютного вылова различных поколений разного года промысла в ту же клетку таблицы и заключены в скобки. Методику их получения поясним на примере поколения 1956 г. рождения. В 1959 г. из этого поколения было выловлено 20 млн. рыб трехгодичного возраста (примем, что в исследуемом нами стаде промыслового размера впервые достигают трехгодовики), что от общего количества промысловой части данного поколения в 131 млн. экз. составляет 15 %, которые и являются в данном случае коэффициентом вылова трехгодовиков в 1959 г. – первом году промысла. В 1960 г. из остатков в 111 млн. было изъято промыслом уже четырехгодовалыми рыбами – 66 млн., что составило 59% указанного остатка, которые являются коэффициентом вылова четырехгодовиков. Рассчитывая таким образом дальше, можно вычислить коэффициенты вылова возрастных групп всех поколений,

полностью выловленных к прогнозируемому году, т.е. поколений 1956-1959 гг. в нашем примере. Коэффициенты вылова последней возрастной группы равны 100 % и потому не приводятся.

Таблица 1 – Годовой вылов поколений разных лет рождения, млн. шт.

Год промысла	Год рождения								Суммарный улов, млн. шт.	Промысловый запас, млн. шт.
	1961	1960	1959	1958	1957	1956	1955	1954		
1959						(15) 20	55	35	110	257
1960					(12) 18	66	36		120	303
1961				(18) 30	(54) 75	45			150	353
1962			(14) 27	(64) 90	63				180	400
1963		(19,5) 40	(65) 110	50					200	(?)
1964	(16) 40	(60,5) 100	60						200	(??)
Пром. остаток на 1965 г.	(??)	(?)								
Промысловая численность поколений	250	205	197	170	156	131				

Описанная выше методика не предлагает способа вычисления коэффициентов вылова возрастных групп для тех лет, поколения которых еще не полностью выловлены к году выдачи прогноза, хотя именно эти коэффициенты нужны для оценки промысловой численности остатков поколений на прогнозируемый год.

Практически достаточно определить коэффициенты вылова для последнего года промысла (в таблице, отмеченные двумя вопросительными знаками каждый). Все остальные коэффициенты вылова и другие неизвестные числа можно вычислить описанным выше способом.

Коэффициенты вылова для последнего года промысла определяются на основании анализа значений, который принимал коэффициент вылова той же возрастной группы за предыдущие несколько лет. Чаще всего его берут равным среднему арифметическому за эти годы.

Сначала определяются коэффициент вылова предпоследней возрастной группы (четырёхгодовиков в нашем примере), а затем последовательно для всех младших возрастных групп. Например, в 1964 промысловом году для

четырёхгодовиков можно принять коэффициент, равный $65+64+54+59/4=60,5$ %. Значит, на 1965 г. от данного поколения 1960 г. рождения в водоеме останется 39,5 % или $100 \times 39,5\%/60,5=65$ млн. шт. Теперь можно установить общую ориентировочную численность этого поколения: $40+100+65=205$ млн. шт. Восстановив процент изъятия его в трехгодовалом возрасте ($40 \times 100/205=19\%$), намечаем на последний год промысла средний коэффициент вылова трехгодовиков: $19+14+18+12+15/5=16$ %. Следовательно, на очередной 1965 г. остается 84 %, или 210 млн. шт., а общая промысловая численность поколения 1961 г. составит $210+40=250$ млн. шт. Получив величины остатков, восстанавливаем промысловые запасы в 1963 и 1964 гг., которые соответственно равняются 425 и 475 млн. экз.

Для определения промысловой численности новых поколений, еще не успевших проявить себя в промысле хотя бы по одному году, необходимо ежегодно проводить учет молоди (икры, личинок, мальков и т.д.), для чего условные результаты съемки молоди, выраженные, например, в количестве сеголетков на час траления, сопоставляются с численностью учтенной промысловой части соответствующих поколений (табл. 2)

Таблица 2 – Промысловая численность поколений разных годов рождения по уловам сеголетков

Показатели	Год рождения поколения						
	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
Число сеголетков на 1 ч траления	20	32	52	62	83	134	90
Промысловая численность поколения, млн. экз.	131	156	170	197	205	250	?

Нанесенные на график, эти данные демонстрируют криволинейную зависимость между сравниваемыми показателями (рис. 2), выражающуюся, видимо, степенным уравнением вида: $y = ax^b$

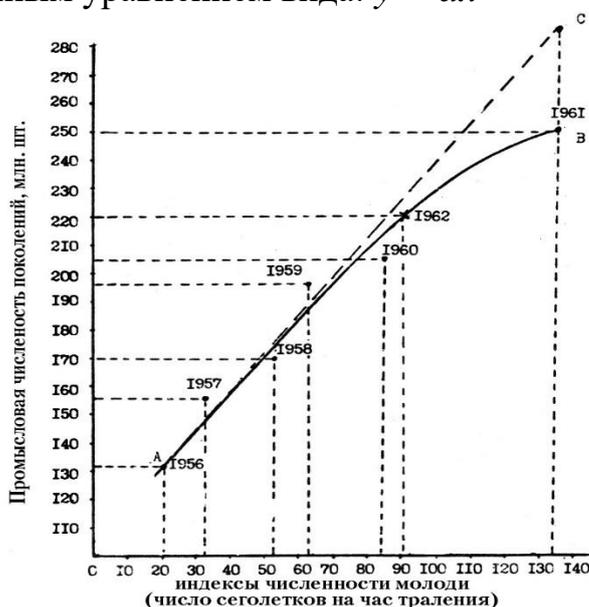


Рис. 2 – Связь индексов численности молодежи с промысловой численностью поколений (цифры у точек – годы рождения поколения)

Прибавив одну из этих величин к объему промыслового запаса последнего года промысла (475 млн. экз.) и отняв от нее улов этого года (200 млн. экз.), получим запас 1965 г.: $Q = 475 + 220 - 200 = 495$ млн. экз. Зная среднюю многолетнюю долю годового изъятия от величины промыслового запаса, рассчитывают вероятный улов этого года. Так средний процент годового изъятия в нашем примере равняется 42,5. Отсюда улов 1965 г. можно ожидать равным $C = (495 \times 2,5) / 100 = 210,4$ млн. экз. Имея оценки численности молодежи, родившейся в 1963 г., можно определить запас и ожидаемый улов с большей заблаговременностью, например, запас и улов 1966 г. Методика этого расчета аналогична предыдущей.