

УДК 597.553.1–116(265.51)

К МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ ОБСЛЕДОВАНИЙ НЕРЕСТИЛИЩ СЕЛЬДИ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

М. Н. Белый



Зав. лаб., Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
685000 Магадан, ул. Портовая, д. 36/10
Тел., факс: (4132) 634-418
E-mail: beliy@magniro.ru

ОХОТСКОЕ МОРЕ, ТИХООКЕАНСКАЯ СЕЛЬДЬ, МЕТОДИКА

На основе многолетнего опыта МагаданНИРО по обследованию нерестилищ охотской и гижигинско-камчатской сельди приводятся рекомендации по планированию и проведению этих работ, а также последующей обработке собранных материалов. Обосновываются необходимые усовершенствования традиционной методики, внесенные в целях повышения точности количественного учета отложенной икры и возможности качественной оценки эффективности нереста.

TO THE TECHNIQUE OF CONDUCTING OF INSPECTION HERRINGS SPAWNING GROUNDS IN THE NORTHERN OKHOTSK SEA

M. N. Beliy

Head of the laboratory, Magadan Research Institute of Fisheries and Oceanography
685000 Magadan, st. Portovaya, h. 36/10
Tel., fax: (4132) 634-418
E-mail: beliy@magniro.ru

OKHOTSK SEA, *CLUPEA HARENGUS PALLASII*, TECHNIQUE

On the basis of long-term experience MagadanNIRO on inspection spawning grounds of the okhotsk and gijiginskokamchatsk herrings recommendations on planning and of these works, and also the subsequent processing of the collected materials are given. Necessary improvements of a traditional technique of the quantitative account of the postponed herrings eggs, brought with a view of increase of its accuracy and an opportunity of an estimation of efficiency of spawning prove.

Тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii* (Cuvier, Valenciennes, 1847) — один из важнейших ресурсов рыболовства на Дальнем Востоке, составляющий наряду с минтаем и лососями его основу. «Наиболее примечательной особенностью тихоокеанской сельди является значительная, порой частая и весьма резкая, изменчивость численности и биомассы популяции. Наблюдаемые колебания обуславливаются различной урожайностью поколений, слагающих нерестовый и промысловый запасы» (Науменко, 2001). Соответственно, управление этим ресурсом, предполагающее устойчивую долгосрочную эксплуатацию, должно строиться на основе адекватной оценки современного состояния запаса и корректном прогнозе его динамики с учетом особенностей биологии этого объекта. К сожалению, несоблюдение этого принципа имело место по отношению практически ко всем дальневосточным популяциям тихоокеанской сельди, которые во второй половине XX в. испытали, а некоторые испытывают и до сих пор, резкое снижение численности. Относится это и к охотской сельди, которая после депрессии численности в 70-е гг. про-

шлого века и введения запрета на промышленный лов смогла восстановить свою численность и вернуть свое место в структуре промысловых уловов. В немалой степени это стало возможным благодаря масштабному мониторингу состояния популяции и высокой точности оценок ее численности, основанных на данных прямого учета производителей по количеству отложенной на нерестилищах икры. В настоящее время данные количественного учета, проводимого этим методом, используются для расчета запаса охотской сельди и прогноза динамики ее численности. В основе метода лежит определение популяционной плодовитости охотской сельди по результатам обследования нерестилищ и последующего расчета численности половозрелой части популяции.

За почти 50-летнюю историю работ по обследованию нерестилищ охотской сельди постоянно предпринимались попытки по усовершенствованию способов их проведения и повышению точности количественного учета икры. В 60-е годы прошлого века обследование участков нереста проводилось с весельных лодок с использованием ручных

драг для отбора проб обькренного субстрата (Тюрнин, 1967). Впоследствии все более широкое применение стал находить водолазный способ обследования нерестилищ. По мере совершенствования применяемого технического оборудования и накопления опыта качество и объемы данных водолазных икорных съемок постоянно возрастали. К настоящему времени спектр сведений, получаемых при обследовании нерестилищ сельди, позволяет не только с гораздо более высокой точностью оценивать количественные показатели нереста, но и давать качественную оценку его эффективности с предварительным прогнозом урожайности поколений (Белый, 2008а, б). Однако при этом сама методика проведения работ оставалась практически неизменной.

В настоящей работе приводятся методические рекомендации по проведению обследований нерестилищ сельди и обработке полученных материалов с учетом уточнений и усовершенствований, накопленных в ходе многолетних исследований МагаданНИРО.

Обследование нерестилищ сельди

Учитывая отсутствие в литературных источниках единого подхода в понимании и применении терминов, используемых при выполнении учетных работ и характеристик обькрения, представляется необходимым предварить дальнейшее изложение пояснением используемых нами понятий.

Локальные нерестилища — обособленные участки акватории в пределах нерестового ареала, на которых непосредственно проходит нерест.

Площадь нерестилища (или его участка) S_H — площадь горизонтальной проекции соответствующего участка дна.

Реальная площадь нерестилища S_d — площадь поверхности дна (с учетом степени его уклона и складчатости поверхности) на участке нереста:

$$S_d = \frac{S_H}{\cos \alpha} K_C \quad (1),$$

где α — угол уклона дна на обследуемом участке; K_C — коэффициент складчатости дна, определяемый гранулометрическим составом грунта и рельефом дна.

Площадь поверхности субстрата — площадь поверхности, на которую непосредственно отложена икра. На участках нерестилищ, лишенных растительности, в качестве нерестового субстрата выступает грунт. Соответственно, площадь поверхности субстрата в данном случае будет совпадать с реальной площадью нерестилища. На участках нерестилищ, покрытых растительностью,

общая площадь поверхности субстрата будет складываться из площади поверхности дна и совокупной площади поверхности слоевищ водорослей, на которые отложена икра.

Плотность обькрения — количество отложенной икры (млн шт./м²), приходящееся на единицу площади. В зависимости от того, какая площадь подразумевается, могут использоваться следующие понятия:

Плотность обькрения нерестилища — количество отложенной икры (млн шт./м²), приходящееся на единицу площади горизонтальной проекции соответствующего участка дна нерестилища.

Плотность обькрения дна — количество отложенной икры (млн шт./м²), приходящееся на единицу реальной площади соответствующего участка нерестилища. В этой категории можно выделить такие понятия как «плотность обькрения водорослей», «плотность обькрения грунта» и «средняя плотность обькрения дна».

Плотность обькрения субстрата — количество отложенной икры (шт./см²), приходящееся на единицу площади поверхности субстрата. К этой категории относятся такие показатели как «плотность обькрения поверхности грунта» и «плотность обькрения поверхности водорослей». Эти показатели позволяют рассмотреть особенности распределения икры на поверхности субстрата, создавая возможность не только оценить количественные характеристики кладок икры, но и в какой-то мере дать представление о качестве условий для их развития.

Коэффициент обькрения водорослей — показатель, определяемый отношением веса икры к весу водорослевого субстрата, на который она отложена.

Определив значение используемых понятий и терминов, поясним внесенные нами модификации в методику обследования нерестилищ сельди и количественного учета отложенной икры.

Традиционный подход к проведению этих исследований предусматривает сочетание икорной съемки с аэровизуальными наблюдениями (Фархутдинов, 2005; Пастырев, 2007). При этом аэровизуальные работы являются основным методом обследования нерестилищ и служат для определения характера распределения сельди в прибрежье, локализации и площади нерестилищ, а также для общей оценки интенсивности нереста. В ходе икорных съемок определяются показатели средней плотности обькрения нерестилищ.

В усовершенствованном варианте основным методом обследования нерестилищ является во-

долазная икорная съемка, которая может проводиться и самостоятельно — без проведения аэровизуальных работ. Помимо оптимизации расходов на проведение экспедиционных исследований, что весьма актуально в современных условиях, это позволяет более полно провести натурное обследование участков нереста, глубже изучить особенности распределения икры и точнее определить количественные характеристики нереста. Обусловлено это следующими моментами:

1. Количество отложенной на нерестилище икры в общем случае можно определить по формуле:

$$N = PO \times S \quad (2),$$

где PO — количество икры, приходящееся на единицу площади (плотность обькрения); S — площадь.

Из формулы видно, что точность определения величины N зависит от корректности оценки двух показателей: плотности обькрения и величины площади. При традиционном методе обследования в ходе аэровизуальных наблюдений определяется *площадь нерестилища*, то есть площадь горизонтальной проекции соответствующего участка дна. В то же время определяемая в ходе икорных съемок величина плотности обькрения по своей сути представляет количество икры, приходящейся на единицу *реальной площади нерестилища*. Таким образом, использование этих величин в расчетах согласно вышеприведенной формуле возможно только при условии введения в нее поправочных коэффициентов, определяемых особенностями рельефа дна.

Также следует принять во внимание, что при аэровизуальных наблюдениях на самом деле проводится не определение площади нерестилищ, а определение площади нерестовых пятен (Пастырев, 2007), т. е. растекшихся половых продуктов (молок), что делает оценку величины площади, на которой непосредственно отложена икра сельди, достаточно условной.

В силу изложенных причин представляется очевидным, что более точным и методически верным является использование в расчетах величин реальной площади нерестилищ, определяемых непосредственно в ходе их натурального обследования при выполнении икорных съемок.

2. При традиционном подходе к проведению икорных съемок средняя плотность обькрения для каждого нерестилища рассчитывается как средняя арифметическая величина между значениями этого показателя, определенными на каждой учетной станции:

$$PO = \frac{PO_1 + PO_2 + \dots + PO_n}{n} \quad (3),$$

где PO_1, PO_2, \dots, PO_n — плотность обькрения на учетных станциях;

n — количество станций.

Соответственно, это определяет необходимость равномерного распределения учетных станций по всей площади нерестилища, то есть, в идеале, станции должны быть равноудалены друг от друга.

На практике, особенно при обследовании обширных нерестилищ, это требование практически невыполнимо.

В модифицированном варианте предусмотрено выделение в ходе обследования нерестилищ участков (поясов), различающихся по мощности обькрения.

Таким образом, каждая станция (группа станций) соотносится с определенным участком нерестилища, характеризующимся относительно однородным обькрением.

Это позволяет учитывать при расчетах особенности рельефа дна, различия в структуре нерестовых субстратов, характер размещения кладок икры и другие особенности различных участков нерестилища.

Соответственно, средняя плотность обькрения по нерестилищу в данном случае определяется как средневзвешенная величина, что позволяет более корректно оценивать количество отложенной икры:

$$PO = \frac{PO_1 \times S_1 + PO_2 \times S_2 + \dots + PO_n \times S_n}{S} \quad (4),$$

где S_1, S_2, \dots, S_n — площади выделенных участков; S — общая площадь нерестилища.

3. При расчетах количества икры, отложенной на разные виды (группы) водорослей, определение доли конкретного вида (группы) нерестового субстрата в структуре пробы при традиционном подходе производилось с использованием показателя удельного проективного покрытия:

$$m = M \times УПП \quad (5),$$

где m — вес водорослей одного вида (группы) с отложенной на них икрой в составе пробы;

M — вес всей пробы;

$УПП$ — показатель удельного проективного покрытия данного вида (группы) водорослей.

Очевидно, что величина показателя $УПП$, определяемая визуально, достаточно условна, особенно для многовидовых проб.

А массу определенного вида (группы) нерестового субстрата в структуре пробы гораздо проще и точнее определять непосредственно при первичной обработке проб, взвешивая не только всю пробу целиком, но и каждую выделенную группу водорослевых субстратов в отдельности.

Таким образом, внесенные модификации, не изменяя в целом методической основы исследований, повышают качество работ по обследованию нерестилищ сельди и точность количественного учета отложенной сельдью икры.

Планирование экспедиционных исследований

При планировании учетной икорной съемки определяются сроки, район, порядок его обследования и необходимое материально-техническое обеспечение работ.

Так как при выполнении съемки необходимо произвести максимально полный учет количества отложенной производителями икры, обследование нерестилищ необходимо проводить после завершения нереста.

При достаточной продолжительности нерестового хода сельди и относительно коротких сроках инкубации ее икры (около 14–20 дней в зависимости от температуры воды), начало экспедиционных работ целесообразно приурочивать к окончанию массового нереста, который у северо-охотоморских популяций сельди, как правило, завершается к концу мая – началу июня. Уточнение сроков проведения работ производится по результатам мониторинга гидрометеорологической обстановки и динамики нерестового хода сельди.

Наиболее показательными в этом плане являются сведения об особенностях разрушения ледового покрова, динамике температуры воды в прибрежной зоне и данные о вылове нерестовой и отнерестившейся сельди.

Достаточно полезными оказываются сообщения рыбаков и местных жителей о визуальных наблюдениях за подходами и нерестом сельди, в том числе и в предыдущие годы.

Эти же данные позволяют предварительно наметить порядок проведения исследований на намеченной акватории. В свете возможного перераспределения производителей в пределах нерестового ареала или разницы в сроках нереста в различных его частях, полученные сведения позволяют наметить очередность обследования локальных нерестилищ. Первоочередному обследованию подлежат нерестилища, где нерест проходил в более ранние сроки и подходы производителей были более массовыми.

Полученные оперативные сведения соотносятся с данными икорных съемок, выполненных в предыдущие годы, являясь основой для разработки предварительной сетки учетных разрезов.

В качестве дополнительного материала целесообразно привлекать данные альгологических и

ландшафтных съемок, выполненных на намеченной для исследований акватории в прошлые годы, используя их с учетом экологических особенностей нереста сельди. К примеру, в северной части Охотского моря сельдь предпочитает нереститься на относительно защищенных участках акваторий, с глубинами не более 10 м и каменистым покрытым подводной растительностью дном, с умеренным (до 30°) уклоном, что позволяет с использованием картографического материала и знаний особенностей прибрежных акваторий выделить наиболее перспективные для обследования районы, даже при отсутствии оперативных и многолетних данных.

Запланированные объемы, районы и сроки исследований служат отправной точкой для определения необходимого материально-технического обеспечения экспедиции.

Водолазное оборудование и снаряжение. 1. Водолазное оборудование комплектуется с учетом условий, в которых будут проходить работы. Как правило, температурный режим прибрежных вод в период проведения работ требует применения сухих гидрокостюмов и регуляторов, рассчитанных для работы в холодной воде. Обязательным является наличие в комплекте ножа (позволяет заменить скребок для отбора проб) и компаса (обеспечивает соблюдение перпендикулярности разреза береговой линии). Количество комплектов должно соответствовать количеству участвующих водолазов. Обязательно наличие ремкомплектов или резервных экземпляров основных элементов экипировки (регуляторы, маски и т. п.). Водолазные баллоны необходимы в количестве, обеспечивающем проведение подводных исследований в течение дня без дополнительной дозаправки. Наиболее оптимальны стальные баллоны емкостью 12–15 л. При использовании алюминиевых баллонов следует учитывать, что при работе на минимальных глубинах они могут потребовать дополнительного утяжеления.

2. Водолазный компрессор необходим при проведении многодневных исследований. Предпочтительны портативные модели с приводом от двигателя внутреннего сгорания. При использовании компрессора с электроприводом следует предусмотреть наличие источника электроэнергии необходимой мощности.

3. Питомзы и контейнеры для сбора проб необходимы в количестве, позволяющем обрабатывать несколько разрезов подряд — 10–15 шт. Целесообразно иметь питомзы разного размера: большие (50×100 см, с ячейей около 1 см) — для

сбора проб крупных макрофитов; мелкие (20×30 см, с ячейей около 3 мм) — для отбора мелких макрофитов и проб икры с грунта. Отбор проб икры с мягких и подвижных грунтов, а также из придонной взвеси наиболее удобно проводить при помощи пластиковых контейнеров с плотно закрывающейся крышкой. Открытая часть контейнера должна быть круглой или прямоугольной формы, ее площадь является площадью учетной рамки.

4. Скребок для отбора проб икры с грунта. Обычно используется нож с негнувшимся лезвием или стамеска. Возможно использование штатного водолазного ножа.

5. Учетная рамка. Как правило, изготавливается из проволоки диаметром 6–10 мм и имеет площадь 0,25 м². Для отбора проб икры с грунта используется рамка меньшего размера — 0,01 м².

Научное оборудование. 1. Весы с пределом взвешивания до 10–15 кг. Учитывая, что первичная обработка проб, как правило, проводится на борту судна, предпочтительно использовать динамометрические весы, либо весы, адаптированные для работы при качке.

2. Весы с пределом взвешивания до 100 г. Используются при оперативной обработке проб, отобранных из береговых выбросов.

3. Тара для упаковки мини-проб. Обычно мини-пробы упаковываются в марлю с последующим размещением в общей емкости с фиксирующим раствором.

4. Этикетки для маркирования мини-проб. Основное требование к этикеткам — обеспечение сохранности маркировки в фиксирующей среде. Обычно используют пергаментную бумагу, нанося на нее необходимую информацию мягким карандашом. Наиболее оптимальным вариантом следует признать использование номерных пластиковых бирок.

5. Тара для хранения и транспортировки мини-проб. Любая герметичная небулькающая емкость с объемом, позволяющим разместить все собранные пробы.

6. Фиксирующие составы для хранения и транспортировки мини-проб (4% раствор формалина или насыщенный раствор NaCl).

7. Журнал учета первичных данных.

8. Канцелярские принадлежности.

9. Переносной приемник GPS.

Весьма желательным дополнением к этому списку являются фотоаппарат или видеокамера, особенно позволяющие вести подводную съемку, а также лазерный дальномер, использование которого значительно повышает точность определения

расстояний на местности и последующих расчетов площадей.

Судовое обеспечение. Одним из важнейших моментов обеспечения выполняемых работ является выбор соответствующего судна. Наиболее оптимальным вариантом является использование маломерного судна, технические характеристики которого позволяют работать в прибрежных акваториях с минимальными глубинами до 2–3 м и обеспечивают автономность плавания на весь период исследований в пределах всей обследуемой акватории. Как правило, это пластиковые катера японской или американской постройки с длиной корпуса до 15 м. Использование подобных судов позволяет проводить тщательный осмотр прибрежного мелководья и береговой линии, четко определять границы нерестилищ, сокращая количество разведочных и непродуктивных водолазных погружений. Немаловажным фактором является возможность обеспечения водолазных работ непосредственно с борта судна без привлечения дополнительных плавсредств, что повышает безопасность работ и значительно экономит время.

При использовании более крупных судов необходимо предусмотреть наличие моторной лодки для доставки исследователей к месту проведения работ и обеспечения водолазных спусков. Наиболее приемлемым вариантом является надувная моторная лодка с длиной корпуса не менее 4,5 м. Исследователь-наблюдатель, который находится на борту лодки, обязательно должен иметь с собой переносной приемник GPS и журнал для фиксирования сведений, сообщаемых водолазом.

При планировании работ следует иметь в виду, что наиболее желательным является выполнение подводных исследований водолазом-гидробиологом, что позволяет соблюсти методику их проведения и получить более широкий и информативный спектр данных. В противном случае научный руководитель рейса должен провести инструктаж водолазов по методике выполнения подводных исследований и тщательно контролировать ее соблюдение при проведении работ.

Перед началом экспедиционных работ и перед каждым водолажным спуском научный руководитель рейса обязан совместно с капитаном судна и водолазной группой разработать план их проведения, а также план мероприятий на случай возникновения внештатных ситуаций. Эти документы которые доводятся до всех участвующих в обеспечении водолажных работ членов команды.

Выполнение икорной учетной съемки

По прибытии судна в район проведения работ оно следует на минимальном расстоянии от берега с целью рекогносцировочного осмотра прибрежной зоны. Признаками, позволяющими определить местоположение нерестилищ сельди, являются:

- изменение цвета воды на белый или белесый (при недавнем нересте);
- наличие на берегу выбросов икры (могут просматриваться с расстояния до 5–7 км);
- наличие икринок на поверхности и в толще воды;
- наличие кладок икры на литоральной полосе во время отлива;
- наличие кладок икры на дне, которые могут просматриваться с борта судна.

Учитывая, что большое количество выметанной сельдью икры является привлекательным пищевым объектом для многих животных, в некоторой мере судить о близости нерестилищ можно по наличию медведей или большого скопления чаек, питающихся на береговых выбросах.

Определив размещение нерестилища относительно береговой линии, проводят уточнение мест выполнения разрезов. В общем случае, планировать разрезы надо так, чтобы они охватывали как центральную часть нерестилища, так и его окраины. При этом необходимо принимать во внимание особенности структуры ландшафта (биомических типов) прибрежного комплекса исследуемой акватории и распределять разрезы таким образом, чтобы они охватывали все выделенные разности. Во время рекогносцировочного осмотра участка нереста сельди возможно выявление признаков, позволяющих дать предварительную оценку распределения кладок икры по его площади, что также следует учитывать при уточнении расположения разрезов. Как правило, для нерестилищ, имеющих протяженность по береговой линии до 1,5 км, обычно достаточно выполнения трех разрезов. Для более крупных нерестилищ количество разрезов увеличивается, при этом, по возможности, расстояние между ними может быть увеличено до 1–1,5 км.

При выполнении разрезов наиболее рационально проводить обследование в направлении «от берега», когда водолаз проходит от верхней границы нерестилища до нижней. В противном случае, при неизвестной ширине нерестилища, водолаз затрачивает время и силы на определение нижней границы обыкновения. Разрезы выполняются строго перпендикулярно береговой линии, что контролируется водолазом по компасу, а наблюдателем в лодке — по следу пузырей от водолаза.

Наиболее желательно, чтобы на каждом разрезе водолазом было выполнено предварительное обследование, в ходе которого он выявляет пояса (участки), различающиеся по плотности обыкновения, определяет их верхнюю и нижнюю границы, ширину, диапазон глубин, особенности рельефа и степень уклона дна.

Разделение нерестилища на пояса (участки) проводится с учетом:

- особенностей распределения типов грунта;
- особенностей распределения и видовой структуры подводной растительности;
- особенностей распределения икры.

Ширину поясов можно определять различными способами: относительно длины своего тела; с использованием мерного фала и др. Подводные измерения должны дублироваться измерениями, выполняемыми с борта обеспечивающего судна или лодки: по одометру GPS, по зафиксированным координатам, либо с использованием лазерного дальномера. При сопоставлении результатов подводных и надводных измерений следует учитывать, что водолазом длина пройденного отрезка определяется по фактическому профилю дна, а исследователем, находящимся на поверхности, — по его горизонтальной проекции.

Однако на практике провести предварительное обследование удается далеко не всегда, что вынуждает решать вышеперечисленные задачи одновременно с выполнением учетных станций. Во избежание потери, искажения, а также для возможного уточнения данных, запись сведений, характеризующих выделенный пояс или участок, должна проводиться сразу после его выделения и отбора пробы обыкновения субстрата. При этом в журнале учета первичных данных фиксируется следующая информация: дата, местоположение, номер разреза, номер станции, координаты; удаленность от берега (станции, верхней и нижней границы выделенного пояса); глубина (на станции, у верхней и нижней границы выделенного пояса); тип грунта, уклон дна и особенности его рельефа, ширина пояса; характеристики водорослевого покрытия (общее проективное покрытие, удельное проективное покрытие основных видов и др.); особенности распределения икры (наличие и характер распределения икры на грунте и водорослях, в составе придонной взвеси, в толще воды); иная представляющая интерес информация.

Визуальные оценки водолазом степени уклона дна, коэффициента складчатости и показателя проективного покрытия дна икрой могут быть уточнены следующим образом.

Степень уклона дна уточняется, исходя из соотношений сторон прямоугольного треугольника, на основании данных по глубине на учетных станциях как каждого разреза и расстоянию между ними.

Величина покрытия дна икрой определяется на учетных площадках большей площади (1 м^2), на которых выполняются соответствующие измерения и рассчитывается отношение площади дна, покрытого кладками икры в пределах рамки, к площади учетной площадки. Для большей точности целесообразно в пределах выдела закладывать несколько таких площадок.

Сложнее определить коэффициент складчатости дна. Оптимально определить его значение для наиболее типичных типов грунта и форм рельефа дна исследуемой акватории заранее. В некоторой степени может облегчить задачу сопоставление длины мерного фала, проложенного по дну, с длиной прямолинейного отрезка на этом же участке.

В пределах выделенного пояса на наиболее типичных участках при помощи учетной рамки ($0,25 \text{ м}^2$) проводится отбор проб обикренных водорослей, которые укладываются в питомзу.

С валунного и скального грунта отбор проб проводится при помощи скребка (ножа) и учетной рамки площадью $0,01 \text{ м}^2$. С песчаного и мелкогалечного грунта отбор проб икры наиболее удобно осуществлять при помощи небольших пластиковых контейнеров, которые прикладывают открытой стороной ко дну и, отделяя слой икры с верхним слоем грунта, закрывают крышкой. В этом случае площадь открытой части контейнера является площадью учетной рамки.

Достаточно часто икра сельди, смытая с субстрата, формирует полосы и пласты своеобразной придонной взвеси, различной мощности. В 2007 г. в бух. Герея протяженность такого пласта взвеси составляла около 300 м, при ширине 20–30 м и толщине от 20 до 55 см, что примерно соответствует 100 кг икры на 1 м^2 дна. Обычно же встречаются полосы мощностью до $100\text{--}200 \text{ г/м}^2$. В любом случае, икру, находящуюся в виде придонной взвеси, необходимо учитывать. Отбор ее проб осуществляется также при помощи пластикового контейнера, при этом водолаз определяет ширину и протяженность занимаемой ею полосы.

Питомза с пробой передается водолазом на борт сопровождающего судна или в лодку, где она снабжается биркой с указанием номера разреза и станции. Пробы с каждой последующей станции отбираются в новые питомзы. Обычно на разрезе выполняется от 3 до 6 станций.

Разбор проб проводится на борту судна непосредственно после завершения работ на разрезе. Не следует накапливать пробы с нескольких разрезов, так как в результате хранения происходят их усушка, что искажает весовые показатели, и осыпание икры, что может отразиться на оценке плотности обикрения.

При разборе пробы содержимое питомзы взвешивается и разбирается по видам водорослей. Учитывая разнообразие видов макрофитов, лишь немногие из которых являются массовыми и формообразующими, целесообразно выделять не отдельные виды, а группы водорослей.

В практике северо-американских исследователей (Humphreys, Hourston, 1978), которые для количественной оценки нереста сельди в качестве базового параметра рассматривают плотность обикрения поверхности субстрата, подразделение макрофитов на группы осуществляется на основании следующих критериев:

- виды растений в одной категории схожи по внешнему виду (морфологии);
- виды растений в каждой категории обладают одинаковой «мощностью» кладок;
- категории обладают тенденцией отображать зональность растительных сообществ.

Всего ими выделяется шесть типов водорослевого субстрата:

- морские травы,
- фукусы,
- широколистные бурые водоросли (ламинарии, макроцистис),
- разветвленные и нитчатые бурые водоросли (саргассум),
- листовидные красные водоросли;
- нитчатые красные водоросли.

В отечественных исследованиях, где основным параметром является количество икры, отложенное на единицу площади нерестилища, группы водорослевых субстратов выделяются преимущественно по видовому признаку.

В результате собственных исследований по изучению особенностей обикрения различных видов водорослей (Белый, 2008а, 2008б), мы пришли к выводу, что вопрос выделения групп водорослевых субстратов и определения необходимых для этого критериев является крайне важным и требует тщательной методической проработки. Наиболее перспективной представляется разработка классификации, совмещающей отечественный и северо-американский опыт.

Применительно к условиям севера Охотского моря, используемая нами классификация водорослевых субстратов оказалась достаточно близкой

по своему смыслу к северо-американской, учитывая и особенности морфологии талломов и зональность растительности. Мы выделяли следующие группы макрофитов: фукус исчезающий, цистозира толстоногая, лессония ламинариевидная, ламинарии, багрянки.

После разделения пробы на группы водорослей определяется их вес, и от каждой группы отбираются наиболее типичные по характеру обикрения образцы, формирующие мини-пробу. Мини-проба упаковывается, снабжается этикеткой (биркой) с указанием номера станции и помещается в емкость с фиксирующим раствором.

Пробы икры из придонной взвеси и грунта освобождаются от излишней воды и загрязнений, упаковываются, снабжаются этикеткой (биркой) и фиксируются.

При наличии береговых выбросов икры определяется занимаемая ими площадь и с нескольких учетных площадок производится отбор проб. В связи с тем, что в результате пребывания на воздухе слоевища водорослей и икра сельди подвергаются высушиванию, они, в зависимости от времени экспозиции и особенностей метеорологических условий, могут пребывать в пробах в различном состоянии, которое может изменяться при фиксации, транспортировке и хранении проб. В связи с этим пробы береговых выбросов желательно обрабатывать непосредственно на месте сбора.

Еще одной из составляющих натуральных работ по обследованию нерестилиц сельди может явиться учет икры, находящейся в виде взвеси в толще воды. Для этого работы на каждой учетной станции дополняются вертикальными обловами, выполняемыми при помощи сети Джели. Сеть опускается на дно, выдерживается несколько минут для затухания вызванных ею возмущений и равномерно поднимается. Отцеженные икринки сливаются в емкость с фиксирующим раствором, которая снабжается соответствующей этикеткой (дата, номер разреза и станции, глубина). Диаметр входного отверстия применяемой сетки, глубина станции и количество икринок, попавших в сетку, позволяют определить концентрацию икры сельди в толще воды. Несмотря на то, что эта величина может быть достаточно небольшой, совокупное количество икры во всем объеме воды, соответствующем площади нерестилища, может оказаться весьма значительным.

Таким образом, результатом натурального обследования нерестилиц являются следующие материалы:

- данные о местоположении и площади нерестилиц;

- пробы субстрата, характеризующие особенности распределения икры по площади нерестилиц и группам нерестовых субстратов;

- пробы, позволяющие оценить мощность береговых выбросов икры;

- пробы, позволяющие оценить количество икры, находящейся в толще воды в пределах участка нереста.

Дальнейшая обработка этих материалов проводится в камеральных условиях.

Обработка материала

По окончании экспедиционного этапа работ все данные натурального обследования каждого нерестилища, необходимые для дальнейших расчетов количества отложенной сельдью икры, заносятся в таблицу (рекомендуемая форма представлена в табл. 1), которая дополняется данными, полученными при обработке проб по мере их выполнения.

Общий алгоритм расчетов популяционной плодovitости сельди по данным икорной съемки строится следующим образом:

- определяются показатели плотности обикрения по типам и группам субстратов;

- определяется количество икры, отложенной на каждый тип субстрата в пределах каждого из выделенных участков;

- определяется суммарное количество икры, находящейся на субстратах на каждом из участков и в целом по каждому нерестилищу;

- определяется количество икры в береговых выбросах и взвеси в толще воды;

- рассчитывается общее количество учетной икры по каждому нерестилищу;

- определяется количество икры, отложенной сельдью в пределах всего нерестового ареала.

Непосредственно сама камеральная обработка первичных данных производится по следующему плану:

1. Мини-проба разбирается по типам субстрата (грунт, растительность).

2. Для пробы икры с грунта и придонной взвеси определяются:

- величина площади дна, с которой она была отобрана (площадь учетной рамки — S_p);

- вес икры, очищенной от примесей и частиц грунта ($ИГ$);

- количество икринок в навеске (величина навески выбирается в пределах 0,5–1,0 г).

На основании этих данных для каждой станции рассчитывается плотность обикрения грунта ($П ОГ$), то есть количество икры, находящейся на 1 м² дна:

Таблица 1. Примерный вариант таблицы для обработки данных икорной съемки и расчета количества отложенной икры

РАБОЧЕЕ НАЗВАНИЕ НЕРЕСТИЛИЩА ИЛИ ЕГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ																					
РАЗРЕЗ	ПОЯС (УЧАСТОК)						ПРОБА		МИНИПРОБА				ИКРА			ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ					
	Ст. №	Грунт	Глубина, м	Ширина, м	Протяженность, м	Субстрат	ОПП %	Вес, г	Биомасса, г/м ²	Общий вес, г	Вес икры, г	Навеска мг шт		КО	г/м ²	Всего, г/м ²	шт/м ²	Всего, млн шт/м ²	Площадь, м ²	Икра, млн шт	
Итого																					

$$ПОГ = \frac{ИГ \times H_K}{H_B \times S_p} \quad (6),$$

где S_p — площадь учетной рамки, м²;

$ИГ$ — вес икры в пробе, г;

H_K — количество икринок в навеске, шт.;

H_B — величина навески, г.

Учитывая, что рекомендуемая методика проведения икорной съемки предполагает, что каждая учетная станция характеризует некоторый однородный участок нерестилища, рассчитанные для нее количественные показатели обикрения могут быть экстраполированы на всю площадь участка для определения количества находящейся на нем икры. Таким образом, количество икры, отложенной на грунт в пределах этого однородного участка (ГУ), может быть определено по формуле:

$$ГУ = S_d \times k \times ПОГ \quad (7),$$

где S_d — площадь дна соответствующего участка нерестилища, м²;

k — показатель проективного покрытия дна икрой, в долях от единицы.

Соответственно, количество икры, находящейся на грунте в пределах нерестилища (N_r), представляет собой сумму значений этого показателя со всех его участков:

$$N_r = ГУ_1 + ГУ_2 + \dots + ГУ_n \quad (8).$$

3. Мини-пробы икры на растительном субстрате разбираются на образцы по видам (группам) водорослей, у каждого из которых определяются:

- вес образца вместе с икрой (ВО);

- вес икры, счищенной с образца (ИВ);

- количество икринок в навеске.

Для каждого образца в пробе определяется коэффициент обикрения (КО):

$$КО = \frac{ИВ}{ВО} \quad (9),$$

при помощи которого рассчитывается плотность обикрения этого вида (группы) водорослей на данной учетной станции ($ПО_B$).

При упрощенном варианте расчетов, когда в ходе обследования определяется общий вес пробы и о доле каждого из видов макрофитов в ее структуре свидетельствует только показатель удельного проективного покрытия, используется формула:

$$ПО_B = \frac{1}{S_p} \times M \times УПП \times КО \times \frac{H_K}{H_B} \quad (10),$$

где S_p — площадь учетной рамки, м²;

M — общий вес пробы, г;

$УПП$ — показатель удельного проективного покрытия данного вида (группы) водорослей, в долях от единицы;

$КО$ — коэффициент обикрения данного вида (группы) водорослей;

H_K — количество икринок в навеске, шт.;

H_B — величина навески, г.

В соответствии с модифицированным подходом формула для расчета плотности обикрения вида (группы) водорослей на данной учетной станции будет иметь вид:

$$ПО_B = \frac{1}{S_p} \times m \times КО \times \frac{H_K}{H_B} \quad (10-2),$$

где m — вес макрофитов одного вида (группы) водорослей в пробе вместе с отложенной на них икрой, г.

Совокупная же плотность обыкрения водорослей на станции (ПОВ) будет определяться как сумма плотностей обыкрения всех видов (групп) водорослей, произрастающих на данной станции:

$$ПОВ = ПО_{B_1} + ПО_{B_2} + \dots + ПО_{B_n} \quad (11).$$

Последующий расчет количества икры, находящейся на водорослевом субстрате в пределах участка, соотносимого с данной учетной станцией, выполняется по формуле:

$$ВУ = S_d \times ПОВ \times \frac{ОПП}{100} \quad (12),$$

где S_d — площадь дна соответствующего участка нерестилища, м²;

ОПП — показатель общего проективного покрытия дна водорослями, %.

Соответственно, количество икры, находящейся на водорослевых субстратах в пределах нерестилища (N_B), будет определяться как сумма значений этого показателя со всех его участков:

$$N_B = ВУ_1 + ВУ_2 + \dots + ВУ_n \quad (13).$$

4. Для проб икры, отобранных из толщи воды, определяются:

- объем воды, соответствующий данной пробе (произведение площади входного отверстия сети Джели на глубину станции);

- вес икры в пробе ($ВТ$);

- количество икринок в навеске.

На основании этих данных определяется концентрация икры в воде ($КИ_T$):

$$КИ_T = \frac{ВТ \times H_K}{H_B \times V} = \frac{ВТ \times H_K}{H_B \times S_p \times h} \quad (14),$$

где V — объем воды, соответствующий данной пробе, м³;

S_p — площадь входного отверстия сетки Джели, м²;

h — глубина станции, м.

Для каждого выделенного участка нерестилища с использованием данных по его протяженности, ширине и глубинам производится расчет соответствующего ему объема воды (V), что позволяет определить количество содержащейся в нем в виде взвеси икры:

$$ТУ = КИ_T \times V \quad (15).$$

Общее количество взвеси икры (N_T) в пределах нерестилища представляет собой сумму значений этого показателя со всех участков:

$$N_T = ТУ_1 + ТУ_2 + \dots + ТУ_n \quad (16).$$

5. При обработке проб икры из береговых выбросов определяются:

- величина площади, с которой она отобрана (площадь учетной рамки — S_p);

- вес икры, очищенной от примесей и частиц грунта ($ИБ$);

- количество икринок в навеске (величина навески выбирается в пределах 0,5–1,0 г).

На основании этих данных для каждой станции рассчитывается плотность береговых выбросов ($ПБ$):

$$ПБ = \frac{ИБ \times H_K}{H_B \times S_p} \quad (17),$$

где S_p — площадь учетной рамки, м²;

$ИБ$ — вес икры в пробе, г;

H_K — количество икринок в навеске, шт.;

H_B — величина навески, г.

Произведением площади участка и соответствующего показателя плотности береговых выбросов определяется количество находящейся на данном участке икры. Последующим суммированием полученных величин устанавливается количество икры в береговых выбросах (N_B).

Таким образом, выполненные расчеты позволяют оценить общее количество учетной икры на нерестилище (N):

$$N = N_T + N_B + N_T + N_B \quad (17-2),$$

Объединение данных со всех нерестилиц в пределах нерестового ареала позволяет дать оценку популяционной плодовитости сельди (N_0):

$$N_0 = N_1 + N_2 + \dots + N_n \quad (18).$$

Анализ особенностей распределения икры. В дополнение к решению основной задачи икорной съемки — определению популяционной плодовитости сельди, в ходе обработки материалов могут быть проведены исследования, позволяющие оценить качественные характеристики прошедшего нереста.

Определение размеров икринок (при подсчете их количества в навесках) может позволить в некоторой мере сложить представление о размерно-возрастной структуре производителей и их распределении по нерестилищам. В 2007 г. при обработке проб с нерестилиц охотской сельди было отмечено значительное количество относительно мелкой икры. Это явилось подтверждением результатов анализа промысловой и биостатистической информации по нерестовой охотской сельди, выявившего вступление в нерестовый запас высокоурожайного поколения.

Анализ стадий развития икры, который также может быть проведен при обработке проб и навесок, в отдельных случаях позволяет выявить особенности нерестового хода сельди. Определение

стадий развития икры сельди, пробы которой были получены в ходе икорных съемок 2006–2007 гг., позволило установить, что на отдельных нерестилищах Тауйской губы имел место двойной нерест с перерывом между подходами в 1,5–2 недели. Соответственно, икра, отложенная при первом подходе производителей, к моменту обследования нерестилищ, в силу естественной убыли, была представлена в значительно меньшем объеме от ее первоначального количества. Таким образом, оценка количества отнерестившихся производителей по фактически наблюдаемым данным являлась явно заниженной и требовала внесения соответствующих поправок.

Достаточно интересные результаты могут быть получены при анализе распределения икры по типам и категориям нерестовых субстратов.

Как было установлено многочисленными исследованиями (Галкина, 1959, 1960; Душкина, 1985; Смирнов, Белый, 2004, и др.), водоросли являются наиболее значимым для воспроизводства северо-охотоморских сельдей нерестовым субстратом. Наибольшую ценность имеют макрофиты с тонкими, сильно расчлененными и разветвленными слоевищами (большинство багрянок, цистозира толстоногая), обеспечивающие высокий уровень выживаемости икры (Белый, 2008б). Соответственно, представляется целесообразным оценить следующие моменты:

1. Соотношение количества икры, учтенной на грунтовых и водорослевых субстратах

Для северо-охотоморских популяций сельди одним из показателей высокой эффективности нереста является наличие на грунтовых субстратах не более 15% от общего количества отложенной икры (Смирнов, Белый, 2004; Белый, 2008а). При средней эффективности нереста икра на грунтовых субстратах составляет от 15 до 30% от ее общего количества. Если же количество икры на субстратах превышает 30%, то это свидетельствует об аномальных условиях прохождения нереста, определяющих низкий уровень выживаемости икры и малочисленность пополнения сельди.

2. Структура водорослевых нерестовых субстратов

На основании результатов исследований (Белый, 2008б), водоросли, в зависимости от своих морфологических, экологических и иных особенностей, определяющих их качество как нерестового субстрата для сельди, могут быть разделены на две категории:

1 категория. Особо ценные водорослевые субстраты. К этой категории относятся виды мак-

рофитов, которые обитают преимущественно в нижней литорали и верхней сублиторали и обладают талломами, представляющими в своей основе сочетание тонких множественно разветвленных цилиндрических элементов: цистозира толстоногая и массовые виды багрянок, имеющие шнуровидные или сложноразветвленные слоевища: одонталлии, неоптилоты, тихокарпус и т. п. Благодаря своему строению, они обеспечивают максимальное увеличение емкости нерестилищ и относительно высокий уровень выживаемости икры. При этом слоевища этих видов практически не выделяют слизи, а цистозира толстоногая обладает также повышенной штормоустойчивостью и надежностью прикрепления икринок к поверхности слоевища, что дополнительно способствует повышению уровня выживаемости икры в кладках.

Практически сопоставимым по ценности субстратом является и псевдолессония ламинариевидная, слоевища которой обладают высокой удельной поверхностью, а малое слизиотделение и своеобразный рельеф пластины создают благоприятные условия для развития икры.

2 категория. Менее эффективными нерестовыми субстратами являются макрофиты с преимущественно плоскими, цельными или слабо разветвленными слоевищами с гладкой поверхностью: фукус исчезающий, ламинарии, малярии, пластинчатые виды багрянок и зеленых водорослей. Как правило, эти водоросли характеризуются низкой величиной удельной поверхности, а особенности их морфологии определяет формирование плоскостных кладок повышенной плотности, что не является благоприятным для развития икры. Дополнительным негативным фактором являются экологические особенности этих видов: пояса фукуса и ламинарии являются практически верхней и нижней границами фитали. Соответственно, для кладок икры на фукусе актуальным является фактор осушения и повышенного уровня температуры, для кладок на ламинарии — заиливание и пониженный температурный уровень. Ламинария к тому же характеризуется и повышенным слизиотделением, увеличивающим смертность икры в кладках.

По предварительным данным, для охотской сельди достаточно высокая эффективность нереста наблюдается, когда в структуре водорослевых субстратов макрофиты, относимые к 1 категории ценности, составляют не менее 40%, а для гижинско-камчатской — не менее 80%.

Таким образом, обследование нерестилищ сельди в соответствии с изложенной методикой

позволяет не только определить популяционную плодовитость сельди, но и дать оценку эффективности прошедшего нереста, что является основой для предварительного прогноза урожайности формирующегося поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Белый М.Н. 2008а. Некоторые особенности использования нерестовых субстратов сельдью в северной части Охотского моря // *Вопр. рыболовства*. Т. 9. № 2 (34). С. 355–373.

Белый М.Н. 2008б. Некоторые особенности распределения икры сельди на поверхности нерестовых субстратов // *Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии*. Т. 153. С. 243–253.

Галкина Л.А. 1959. О размножении сельди Гижигинской губы // *Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии*. Т. 47. С. 86–99.

Галкина Л.А. 1960. Размножение и развитие охотской сельди // *Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии*. Т. 46. С. 3–40.

Душкина Л.А. 1988. Биология морских сельдей в раннем онтогенезе. М.: Наука, 192 с.

Ковалевская Р.А. 1988. Цистозира толстоногая: субстрат для нереста сельди // *Рыб. хоз-во*. № 9. С. 83–85.

Науменко Н.И. 2001. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камчат. печат. двор, 330 с.

Смирнов А.А., Белый М.Н. 2004. Некоторые данные о нерестовом субстрате сельди Гижигинской губы Охотского моря // *Матер. V науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»* (Петропавловск-Камчатский, 22–24 ноября 2004 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 310–313.

Пастырев В.А. 2007. Материалы по применению аэровизуальных методов в рыбохозяйственных исследованиях в северо-западной части Охотского моря // *Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии*. Т. 148. С. 42–56.

Тюрнин Б.В. 1967. К методике оценки запасов охотской сельди // *Тр. Всес. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии*. Т. LXII. С. 129–139.

Фархутдинов Р.К. 2005. Экология воспроизводства, динамика численности и состояние запасов охотской сельди: Дис. ... канд. биол. наук. Хабаровск, 220 с.

Humphreys R.D., Hourston A.S. British Columbia herring spawn (survey) deposition survey manual. Fish. Mar. Serv., Misc. Spec. 1978. Publ. 38, p. 1–40.