

ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СКОПЛЕНИЙ ЩУКОВИДНОЙ БЕЛОКРОВКИ В РАЙОНЕ ОСТРОВА ЮЖНАЯ ГЕОРГИЯ В РАЗНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА

Фролкина Ж.А. (АтлантНИРО, г.Калининград)

Определен температурный диапазон обитания щуковидной белокровки в подрайоне Остров Южная Георгия – от 0°C до 2°C. Поэтому повышение температуры у дна на несколько десятых градуса выше 2°C может привести к исчезновению вида в районе.

Доминанта поведения белокровки в зимний период направлена на выживание. В зимний период она не питается, а существует за счет запасных энергетических веществ (жира в мышцах и на внутренних органах), поэтому основное требование к условиям внешней среды – температура, при которой расходуется наименьшее количество энергии. Такая температура для белокровки – более 1.6°C. В этот период никакие динамические процессы, происходящие в окружающих водах, не оказывают влияния на ее распределение.

Доминанта поведения рыбы в весенний период (начало нагульного периода) направлена на восстановление энергетических ресурсов. Рыба совершает горизонтальные миграции в придонном слое в поисках кормовых организмов. Доминанта поведения рыбы в летний период направлена на накопление жира как основного энергетического вещества, обеспечивающего созревание половых желез. В нагульный период абиотические условия оказывают, в основном, опосредованное влияние на образование скоплений белокровки через объекты питания, распределение которых зависит от гидродинамических, температурных условий, освещения, волнения, наличия концентраций фитопланктона и т.д.

Доминанта поведения у рыб, готовящихся к нересту, это движение к местам нереста. Толчком для начала нерестовых миграций является количество накопленного жира на внутренних органах более 2.0 баллов и повышение температуры воды у дна до 1.6°C. В преднерестовый и нерестовый периоды распределение рыб и сроки начала нереста белокровки непосредственно связаны с абиотическими условиями, в первую очередь с температурой.

Введение

Щуковидная белокровка *Champscephalus gunnari* – наиболее массовый вид шельфовых вод района о. Южная Георгия. По определению К.В.Шуста (1998) – это «высокочисленный вид–индикатор района».

Наши предыдущие исследования показали, что в различные периоды года у белокровки изменяются участки, глубины и горизонты распределения (Фролкина, 2003). У половозрелых рыб нагульный период начинается в октябре и продолжается до марта – апреля, у неполовозрелых – с октября по июнь – июль. Доказано, что у белокровки в процессе эволюции выработались адаптации, позволяющие использовать высокопродуктивную пелагиаль (Андряшев, 1964, 1986; Slosarczik, 1983; Любимова, 1987; Любимова, Шуст, 1987, Frolokina, Shlibanov, 1991). В летне-осенний период рыбы всех возрастных групп питаются пелагическими ракообразными, среди которых важную роль играет криль *Euphausia superba* (Шуст, 1998). Существуют различия в сроках нереста

белокровки на разных участках: в фиордах на севере острова – с марта по июнь, а на юго-западном участке – с мая по июнь. Период зимовки продолжается с июля по октябрь.

Исследования А.Н.Козлова (1975) показали, что антарктическим рыбам свойственно повышение уровня обмена в нагульный и нерестовый периоды. В нагульный период происходит накопление жира как основного энергетического вещества, обеспечивающего созревание половых желез. Процесс созревания гонад протекает при положительном жировом и белковом балансе, т.е. энергия, получаемая с пищей, компенсирует затраты организма на созревание гонад. Антарктические рыбы, совершающие вертикальные миграции, характеризуются повышенным содержанием жира в мышцах и в полости тела по сравнению с донными видами. Высокое содержание жира в теле этих рыб увеличивает их плавучесть, что имеет большое значение при переходе в определенные периоды годового цикла к пелагическому образу жизни.

Изучение газообмена ряда антарктических рыб (Hemmingsen et al., 1969; Høleton, 1970) показало, что в зависимости от активности и общего уровня жизнедеятельности их потребности в кислороде различны. У щуковидной белокровки, ведущей активный образ жизни в нагульный и нерестовый периоды, уровень энергетических затрат высок, следовательно в эти периоды возрастает интенсивность потребления кислорода. Между растворимостью газов в жидкостях и температурой существует обратная зависимость. При повышении температуры воды понижается растворимость кислорода, что ведет к уменьшению его растворимости в крови рыб. Это особенно сказывается на состоянии белокровных рыб, поскольку кислород к их тканям поступает растворенным в плазме крови. Исследование влияния повышения температуры на потребление кислорода и, следовательно, на активность антарктических рыб показали, что при повышении температуры до 1.8°C снижалось потребление кислорода, и рыбы становились малоактивными, а при 2.0-3.0°C рыбы вообще не могли плавать (Wohlshlag, 1962).

Не вызывает сомнений, что изменения в вертикальном и горизонтальном распределении рыб в значительной степени связаны с различиями в океанологических условиях района как в разные годы, так и сезоны. Выявление причин этих изменений представляет как научный интерес для более глубокого понимания экологии рыб, так и практический – для успешного ведения промысла. Так при планировании периода выполнения учетных съемок необходимо учитывать, в первую очередь, вертикальное распределение рыб, которое связано с особенностями их экологии. Для успешного промысла белокровки необходимо знание условий среды, при которых происходит образование скоплений.

Известно большое количество работ, посвященных изучению океанологии Южного океана, и одной из самых крупных и обобщающих является монография Масленникова

(2003). В ней даются «основные положения концепции формирования природных систем в Антарктике, характеризующихся единой направленностью процессов в атмосфере, океане и биосфере». Что касается влияния океанологических факторов на распределение рыб в районах Антарктики, то они практически отсутствуют. Насколько нам известно, только в статье Шнара и Шлибанова (Shnar, Shlibanov, 1990) делается попытка выявления влияния океанологических факторов на образование скоплений *S. gunnari*. По их данным промысловые скопления шуковидной белокровки приурочены к градиентной зоне, образованной смещением холодных шельфовых и теплых глубинных вод Антарктического циркумполярного течения (АЦТ). Наибольшие концентрации рыб были отмечены с теплой стороны градиентной зоны, где температура воды была более 1.0°C и соленость более 34.2‰. Однако, исследования этих авторов не объясняют причин различий в вертикальном и горизонтальном распределении белокровки по сезонам.

Целью нашей работы является изучение влияния океанологических условий на образование скоплений *S. gunnari* в разные периоды года. Используя полученные результаты, можно получить ключ к объяснению резких различий в оценках запаса белокровки на разных съемках, выполненных в один и тот же сезон, а также выявить оптимальные сроки проведения донных траловых съемок.

Материал и методика

В работе обобщены результаты пяти учетных донных траловых съемок, выполненных в 1984-1991 гг. в подрайоне о. Южная Георгия.

Методика учетной траловой съемки донных видов рыб подрайона о. Южная Георгия была разработана в АтлантНИРО (Boronin et. al., 1987; Frokina, 1999; Трунов и др., 2000). Сроки проведения траловых съемок приведены в табл. 1. Для исследования использованы материалы по уловам и глубине обитания белокровки, а также данные гидрологических станций, полученные одновременно с учетными тралениями.

Таблица 1.

Сроки проведения учетных траловых съемок

Периоды различного биологического состояния рыб		
Нагул	Нерест	Зимовка
10.12 1988 - 3.01 1989, БМРТ “Пионер Латвии”	24.04-23.05 1984, БМРТ “Гижига”	16.09-21.10 1986, БМРТ “Гижига”
	1.04-27.05 1991, СТМ “Атлантида”	10-31.08 1987, БМРТ “Гижига”

Методика траловой съемки предусматривала разделение района на 5 участков, внутри которых распределение белокровки довольно равномерно: северо-восток – 52-54°30' ю.ш. и 34-37° з.д.; северо-запад – 52-54° ю.ш. и 37-40° з.д.; юго-запад – 52-54° ю.ш. и 37-40° з.д.; юго-восток – 54°30'-56° ю.ш. и 34-37° з.д., а также скалы Шаг – 52-54° ю.ш. и 40-43° з.д. (Frolkina, 2002).

Для построения вертикальных разрезов температуры и солености на каждом участке выбирали несколько станций, расположенных по прямой от глубины около 100 м до 1000 м. На вертикальных разрезах показана температура в толще воды по горизонтам. Для анализа особенностей распределения температуры и солености у дна построены горизонтальные разрезы этих параметров.

Количество внутривисцерального жира и уровня наполнения желудков у белокровной скупи определяли по 4-бальной шкале (Методические указания по сбору и первичной обработке ..., 1983).

Результаты экспедиционных исследований.

Конец зимовки, начало нагульного периода (29 рейс БМРТ «Гижига» 16.09-21.10.86) (рис. 1). В период выполнения съемки шельф находился под влиянием прибрежных вод, южная часть склона и мелководье у скал Шаг – вод АЦТ, а юго-восточная и северная часть склона – вод моря Уэдделла. Придонная температура увеличивалась от острова к склону и с востока на запад, т.е. самая низкая температура отмечалась у берега и на востоке от острова, а самая высокая у скал Шаг. На всех участках кроме северо-востока вертикальная структура вод была обычной для этого времени года.

Поверхностный слой уже начал прогреваться, а промежуточный оставался более холодным. На северо-востоке температура воды увеличивалась от поверхности ко дну. Ярко выраженных градиентных зон отмечено не было.

Соленость возрастала от берега к склону вследствие таяния льдов и стока пресных вод. Самыми холодными и распресненными были воды северо-восточного и юго-восточного участков района.

Белокровка образовывала очень плотные скопления на северо-востоке (уловы более 5000 кг), менее плотные – на юго-западе и у скал Шаг (уловы от 500 до 5000 кг). Температурная аномалия верхнего 200 м слоя (теплее обычного) не оказывала влияния на распределение *S. gunnari*, так как она еще не совершала вертикальных миграций, находилась у дна и питалась слабо – уровень наполнения желудков был близок к I (от 0.86 до 1.09 баллов на разных участках). Скопления белокровки были обнаружены на северо-востоке, юго-западе на глубине 200-300 м при температуре у дна 1.5-1.7°C. У скал Шаг рыбы концентрировались на глубине 200-250 м при температуре воды у дна около 1.7°C.

Следовательно, в этот период рыбы распределялись на склоне акватории, где придонная температура была в пределах 1.5-1.7°C. В то же время *S. gunnari* уже начала образовывать скопления, готовясь к нагулу.

На северо-восточном участке концентрации белокровки были приурочены к фронтальной зоне между разнонаправленными прибрежным огибным течением и АЦТ. На юго-западе рыбы скапливались внутри квазистационарного круговорота.

Наибольшие скопления рыб у дна отмечены на участках с соленостью 34.10-34.50 ‰.

Начало нагульного периода (съемка на БМРТ «Пионер Латвии» – 10.12.88-3.01. 89) (рис. 2). Во время проведения съемки практически весь шельф острова и мелководье у скал Шаг находились под влиянием АЦТ, и только на северо-востоке в открытой части заметно присутствие вод моря Уэдделла. Отмечено увеличение температуры и солености от берега к склону.

Придонная температура изменялась от 0.6°C у берега до 1.4°C на склоне акватории. Максимальная придонная температура у скал Шаг была 1.8°C. Отличительной особенностью года являлась более низкая температура (0.6-1°C) на западе шельфе острова по сравнению с востоком (1-1.4°C). Вертикальной структуре вод была характерна трехслойность с холодным промежуточным слоем на глубине 150-200 м. Необходимо отметить, что над мелководьем скал Шаг в декабре-январе 1989 г. была очень высокая для этого района температура воды (более 2°C).

Соленость на всех участках увеличивалась от поверхности ко дну и от берега к склону от 34.15 до 34.55‰.

На всем шельфе, кроме северо-западного участка уловы белокровки были невысокими.

На северо-западе от острова рыбы концентрировались на глубине 250-300 м при температуре 0.6-1°C и солености 34.25-34.35‰. На северо-востоке максимальное количество рыб было выловлено на глубине 100-150 м, на юго-западе – 200-250 м, а на юго-востоке – 300-350 м. Следовательно, белокровка в начале лета обитала в широком диапазоне глубин.

Концентрации белокровки на северо-западном участке были отмечены в водах АЦТ вблизи границы с прибрежными водами. У скал Шаг белокровка образовывала очень плотные скопления на мелководье с глубинами 100-150 м внутри квазистационарного круговорота. Здесь ее ловили при температуре 1.8°C и солености 34.15-34.35‰.

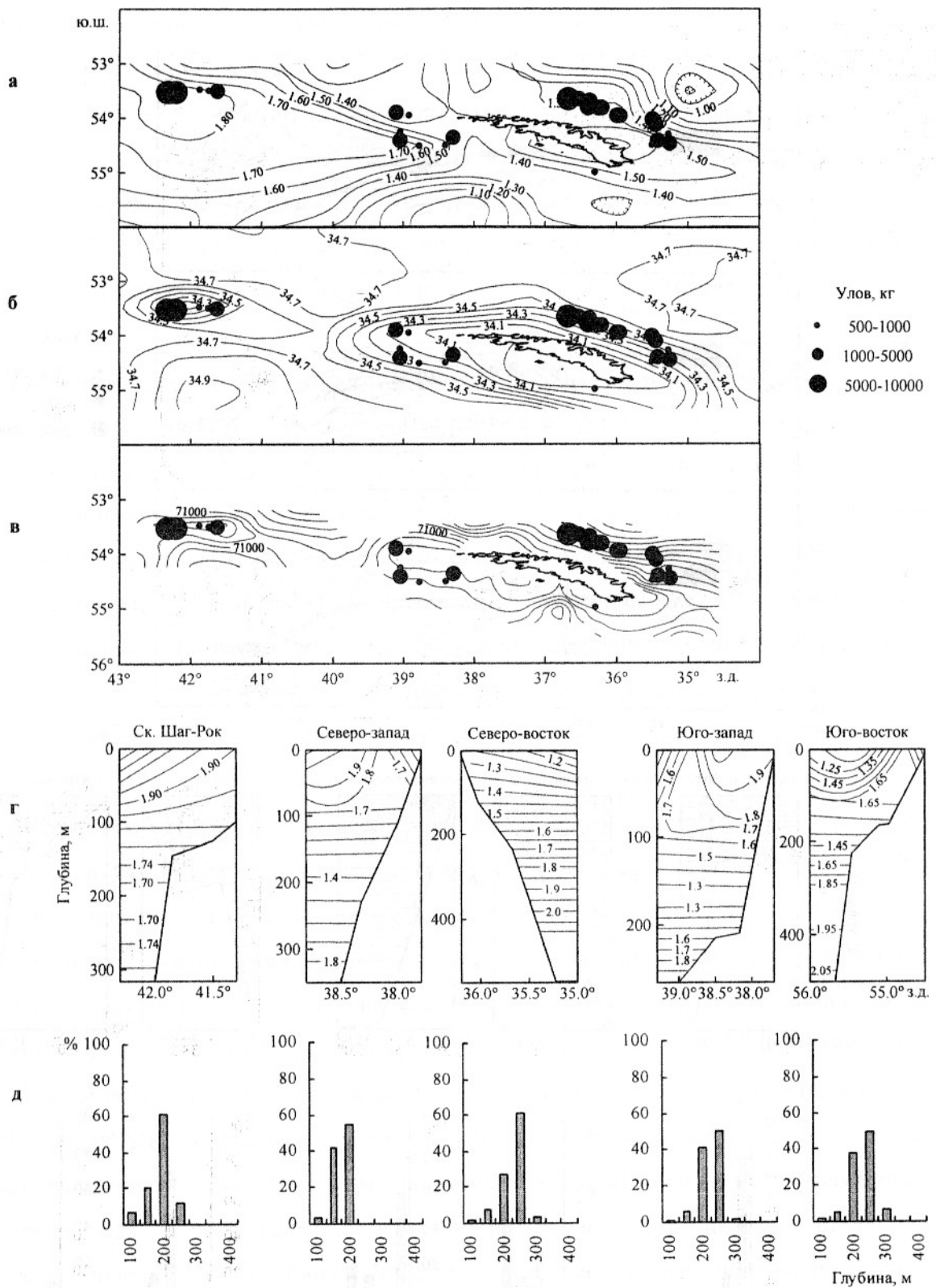


Рис. 1. – Распределение плотных скоплений *S. ginnagi* (улов >500 кг/30 мин.) в зависимости от температуры (а), солёности (б), динамики водных масс (в), вертикальное распределение температуры воды на разных участках (г) и распределение биомассы щуковидной белокровки по глубинам их обнаружения (д) на учетной траловой съёмке в рейсе БМРТ "Гижига" в 1986 г.

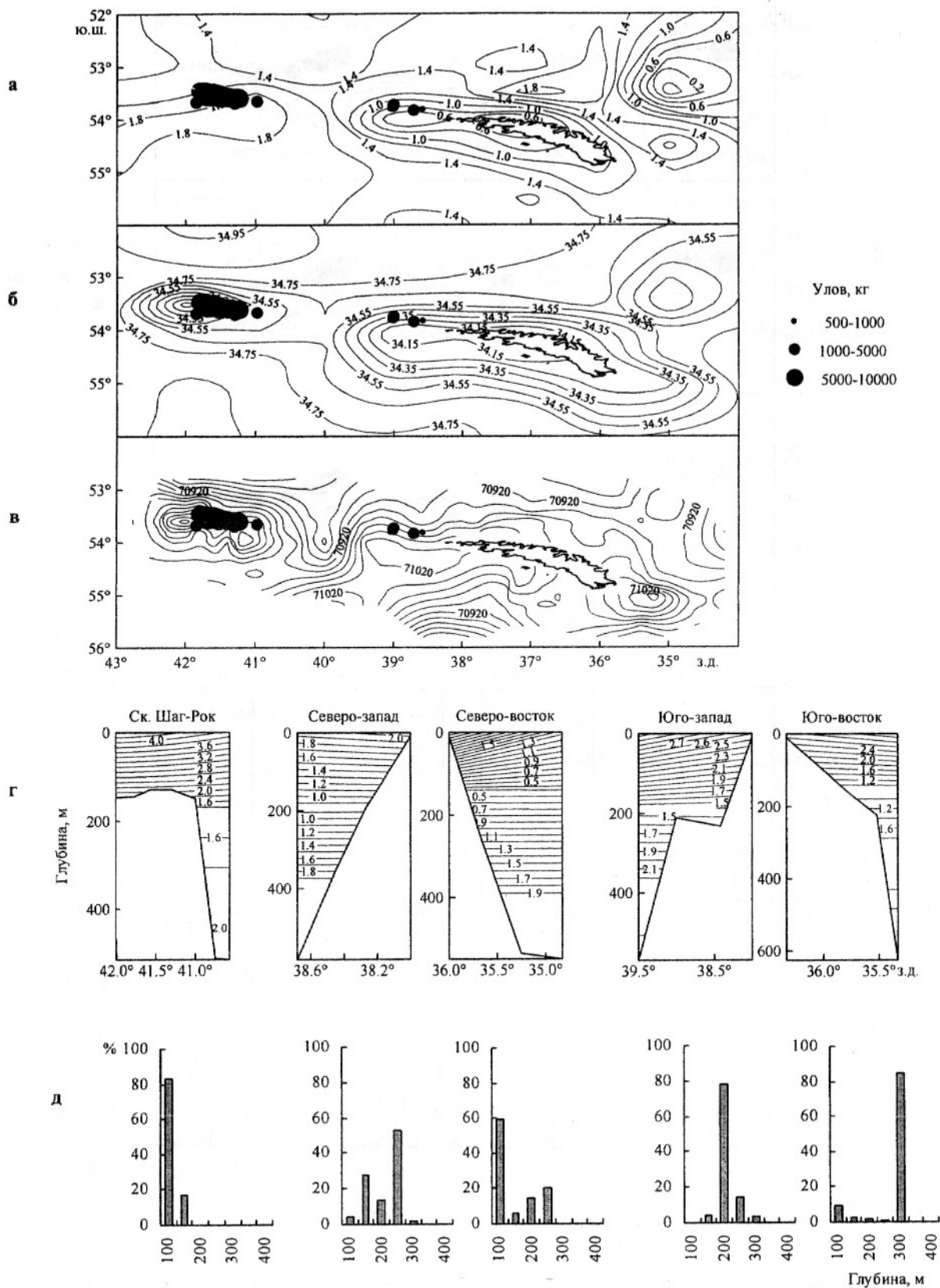


Рис. 2. Распределение плотных скоплений *S. gunnari* (улов >500 кг/30 мин.) в зависимости от температуры (а), солености (б), динамики водных масс (в), вертикальное распределение температуры воды на разных участках (г) и распределение биомассы щуковидной белокрылки по глубинам их обнаружения (д) на учетной траловой съемке в рейсе БМРТ "Пионер Латвии" в 1988-1989 гг.

Питалась *C. gunnari* активно, наполнение желудков на всех участках шельфа острова было близко к 2, накопление жира на внутренних органах больше 2 баллов. У скал Шаг белокровка питалась слабо (наполнение 0.84 балла), однако ожирение внутренних органов было высоким (2.85 балла). Образование плотных скоплений *C. gunnari* у дна на участке скал Шаг, вероятнее всего, связано с высокой для этого района температурой в толще воды (более 2°C) и незначительной кормовой активностью. В связи с такой высокой температурой кормовые организмы также распределялись в придонном слое.

Нагульный и нерестовый периоды (25 рейс БМРТ «Гижига» – 24.04-23.05.84 и 7 рейс ТСМ «Атлантида» – 1.04-27.05.91). В период съемки на БМРТ «Гижига» (рис. 3) наблюдали отсутствие вод моря Уэдделла, повсеместно преобладали воды АЦТ, поэтому придонная температура на всем шельфе острова и даже у скал Шаг была сходная. При подходе к острову поток АЦТ, огибая его с юго-запада через юго-восток, поворачивал на север, образуя наиболее мощные градиентные зоны на юго-востоке и северо-западе. На юго-востоке наблюдали более высокую придонную температуру воды, чем на всех остальных участках. Отмечено увеличение температуры и солености от берега к склону.

Придонная температура изменялась от 1.35°C у берега до 1.75°C на склоне острова и 2.0°C у скал Шаг. Вертикальной структуре вод была характерна трехслойность с холодным промежуточным слоем на глубине около 200 м, причем даже этот более холодный слой имел довольно высокую температуру – 1.4-1.7°C. Соленость на всех участках увеличивалась от поверхности ко дну и от берега к склону от 34.2 до 34.8‰.

Белокровка, распределявшаяся на шельфе, была, в основном, в нагульном состоянии, только на юго-западе наблюдали преднерестовых особей (Фролкина, 2004). Скопления *C. gunnari* (уловы более 500 кг) отмечены на северо-востоке на глубине 100-150 м, а уловы более 1000 кг – на северо-западе на глубине 150-200 м при температуре 1.5-1.6°C в водах АЦТ на границе градиентной зоны и прибрежных вод. На северо-востоке рыбы встречались на глубине 100-150 м. На юго-западе, где преобладали преднерестовые особи, белокровка распределялась от глубин 100 до 250 м, а на юго-востоке, где преобладала молодь – на глубинах 200-250 м. Количество внутривисцерального жира колебалось от 0.9 балла на юго-западе и 1.09 на северо-западе до 1.63 на северо-востоке. Такое невысокое содержание жира на внутренних органах связано с поздним появлением на шельфе криля (в конце марта вместо ноября – декабря) и небольшой его плотностью.

Уровень наполнения желудков белокровки изменялся от 1 до 1.6 балла. Рыбы продолжали питаться в пелагиали, хотя и не очень интенсивно, поэтому плотность концентраций рыб у дна была очень низкой для этого периода.

Съемка на СТМ «Атлантида» – 1.04-27.05.91 (рис. 4). В период съемки наблюдалось отсутствие вод моря Уэдделла, весь шельф был заполнен прибрежными водами, а на склоне и мелководье у скал Шаг преобладали воды АЦТ. При подходе к острову поток АЦТ раздваивался и один огибал его с юга, а другой с севера, образуя градиентные зоны на юго-западе, юго-востоке и северо-западе. Отмечено увеличение температуры и солености от берега к склону. На юго-западе температура воды была несколько ниже, чем на других участках. Придонная температура изменялась от 1.20°C у берега до 1.80°C на склоне острова и у скал Шаг.

Вертикальной структуре вод была характерна трехслойность с холодным промежуточным слоем, находящимся на глубине около 200 м. На северо-востоке холодный слой имел довольно высокую температуру (1.7°C), а на юго-востоке – 1.4°C, слой гомотермии занимал здесь глубины 150-250 м. На северо-западе холодный слой имел температуру 1.1°C и имел небольшую протяженность, на юго-западе и у скал Шаг – 1.0°C. На этих участках слой гомотермии был небольшим. Соленость на всех участках увеличивалась от поверхности ко дну и от берега к склону от 34.1 до 34.6‰.

В апреле-мае 1991 г. на северо-востоке белокровки было мало, видимо большая ее часть ушла к берегу на нерест. Выловленная здесь *C. gunnari* была в нагульном состоянии (на III стадии зрелости), уровень наполнения ее желудков – 1.73, количество внутриполостного жира – 2.66 балла. Скопления образовывала при температуре 1.5-1.7°C на глубине 100-200 м.

На северо-западе рыбы также продолжали питаться, хотя и слабее, чем на северо-востоке. Уровень наполнения желудков здесь был 1.39, количество внутриполостного жира – 2.25 балла. Здесь рыбы концентрировались на глубине 100-200 м при температуре 1.4-1.6°C.

Наиболее высокие уловы (более 5000 кг) были получены на юго-западе на глубине 200-250 м при температуре 1.5°C, солености 34.50‰, где большинство рыб были в преднерестовом состоянии. Здесь белокровка не питалась – наполнение желудка 0.55, количество внутриполостного жира самое низкое – 1.96 балла. У скал Шаг в этот период были отмечены плотные нагульные скопления *C. gunnari* (1000-5000 кг) на глубине 100-200 м при температуре 1.8°C. и солености 34.30-34.50 ‰. Здесь было отмечено очень высокое для этого времени года наполнение желудка – 2.21 и количество жира на внутренних органах – 2.95 баллов. Следовательно, у скал Шаг рыбы не перешли в преднерестовое состояние и не были готовы нереститься в текущем году.

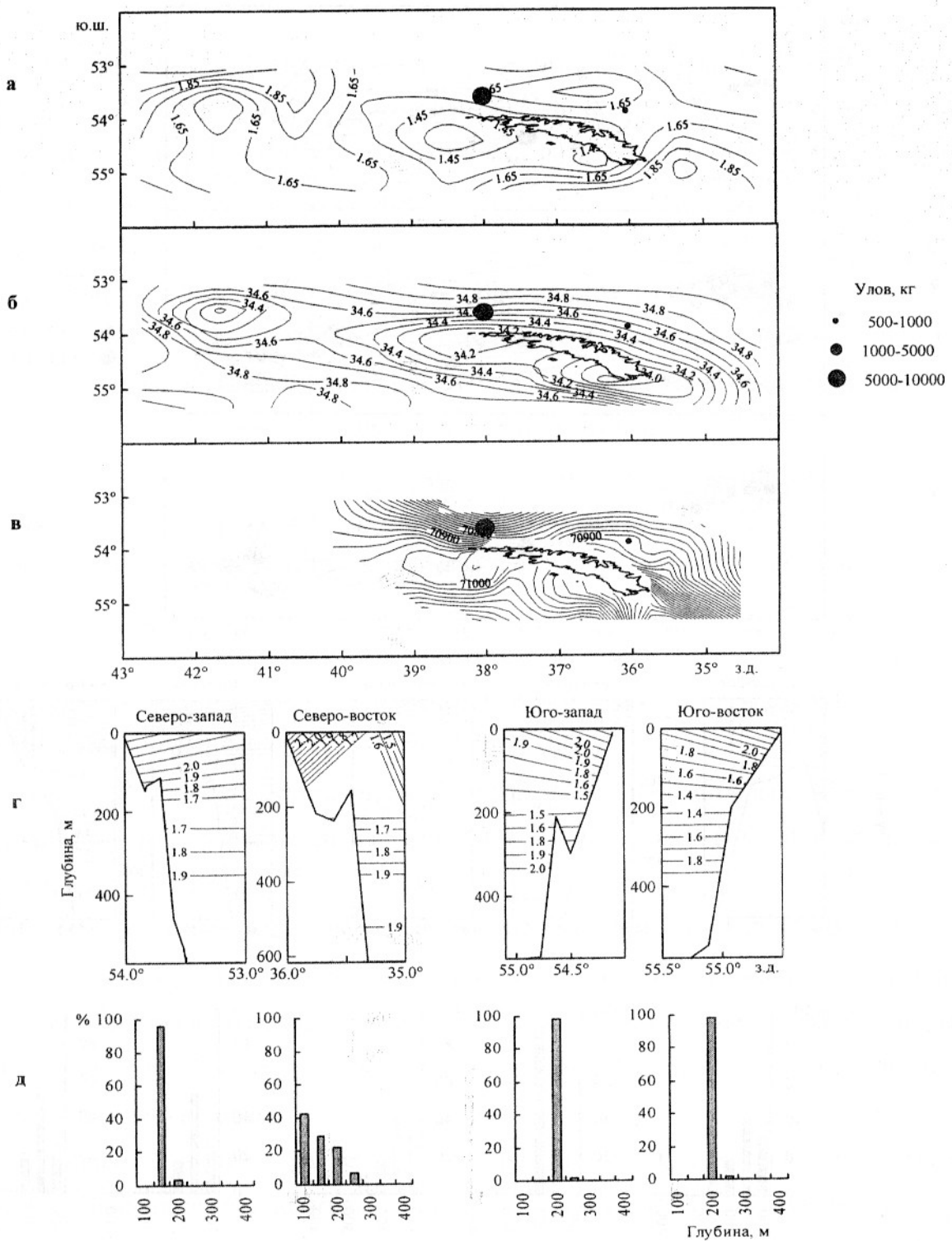


Рис. 3 – Распределение плотных скоплений *S. gunnari* (улов >500 кг/30 мин.) в зависимости от температуры (а), солёности (б), динамики водных масс (в), и вертикальное распределение температуры воды на разных участках (г) и распределение биомассы щуковидной белокровки по глубинам их обнаружения (д) на учетной траловой съемке в рейсе БМРТ "Гижига" в 1984 г.

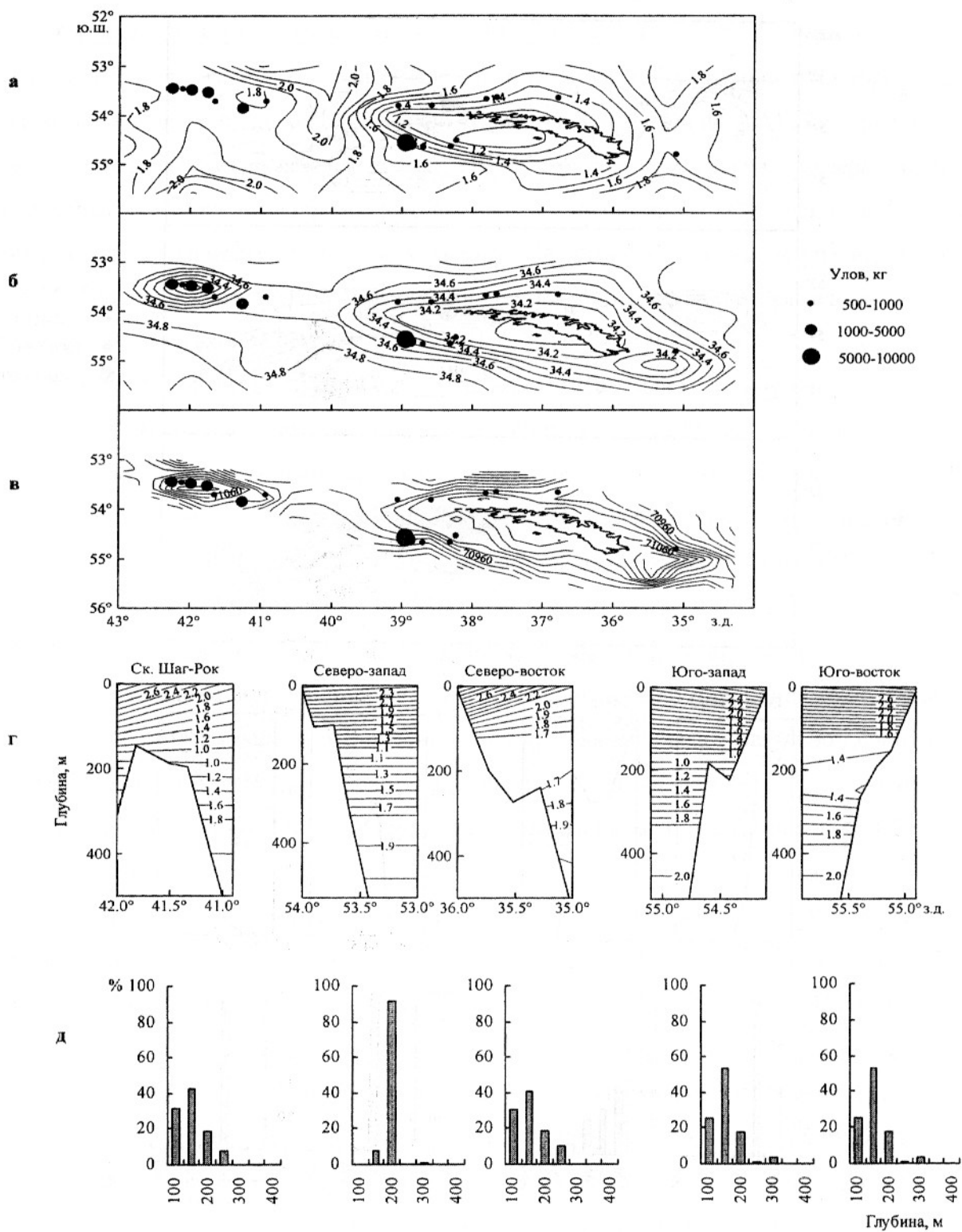


Рис. 4. – Распределение плотных скоплений *S. gunnari* (улов >500 кг/30 мин.) в зависимости от температуры (а), солености (б), динамики водных масс (в), и вертикальное распределение температуры воды на разных участках (г) и распределение биомассы шуковидной белокровки по глубинам их обнаружения (д) на учетной траловой съемке в рейсе СТМ "Атлантида" в 1991 г.

Зима (период зимовки). Съёмку в зимний период проводили в рейсе БМРТ «Гижига» (10-31.08.87) (рис. 5). В период съёмки шельф был заполнен прибрежными водами, а на склоне острова и на мелководье у скал Шаг преобладали воды АЦТ. При подходе к острову поток АЦТ раздваивался и один огибал его с юга, а другой с севера, образуя градиентные зоны на северо-западе и северо-востоке. На юге в зоне соприкосновения прибрежных и вод АЦТ образовывались ряд круговоротов различных знаков. В период съёмки наблюдали приток вод моря Уэдделла с юго-востока через северо-восток на север приблизительно до 36° з.д. Отмечено увеличение температуры и солёности от берега к склону. Придонная температура изменялась от 0.40°C у берега до 1.6°C на склоне острова и $1.0-1.6^{\circ}\text{C}$ у скал Шаг. Вертикальной структуре вод было характерно увеличение температуры от поверхности ко дну.

Солёность на всех участках увеличивалась от поверхности (33.7‰) ко дну (34.5‰) и от берега к склону от 34.1 до 34.6‰.

Высокие уловы белокровки были получены на северо-востоке (более 1000 кг) в водах АЦТ, находящимися между прибрежными и водами Моря Уэдделла на глубине 250-300 м при температуре $1.0-1.3^{\circ}\text{C}$.

На всех остальных участках уловы белокровки были незначительными. На северо-западе рыбы распределялись на глубине 250-300 м, на юго-западе – 200-250 и 300-350 м, а на юго-востоке – 300-350 м.

Белокровка практически не питалась (наполнение желудка 0.39-0.44 балла), несмотря на наличие криля – основного объекта питания. Количество жира на внутренних органах рыб было очень высоким – близко к 3 баллам. Солёность в местах скопления рыб была около 34.35-34.45‰. Практически все особи имели II, III или VI-III стадии зрелости.

Обобщение и выводы

Обитание *S. gunnagi* при температурах близких к 0°C ($0.0-2.0^{\circ}\text{C}$), расширение экологической ниши за счет пелагиали, белокровие и, как следствие, высокая потребность в кислороде обуславливают особенности в распределении ее в течение года. Каждый период годового цикла характеризуется своим уровнем метаболизма и тесно связан с физиологическим состоянием рыб. Проведенные нами исследования о влиянии океанологических факторов на распределение белокровки в разные сезоны года показали, что требования рыбы к условиям среды изменяются в зависимости от ее физиологического состояния, которое определяет доминанту ее поведения (Frolkina, 2005). Одним из основных результатов исследований явилось определение температурного диапазона обитания щуковидной белокровки. Он достаточно узок: в подрайоне Остров Южная Георгия от $0-2^{\circ}\text{C}$. Учитывая, что и в других районах эта рыба

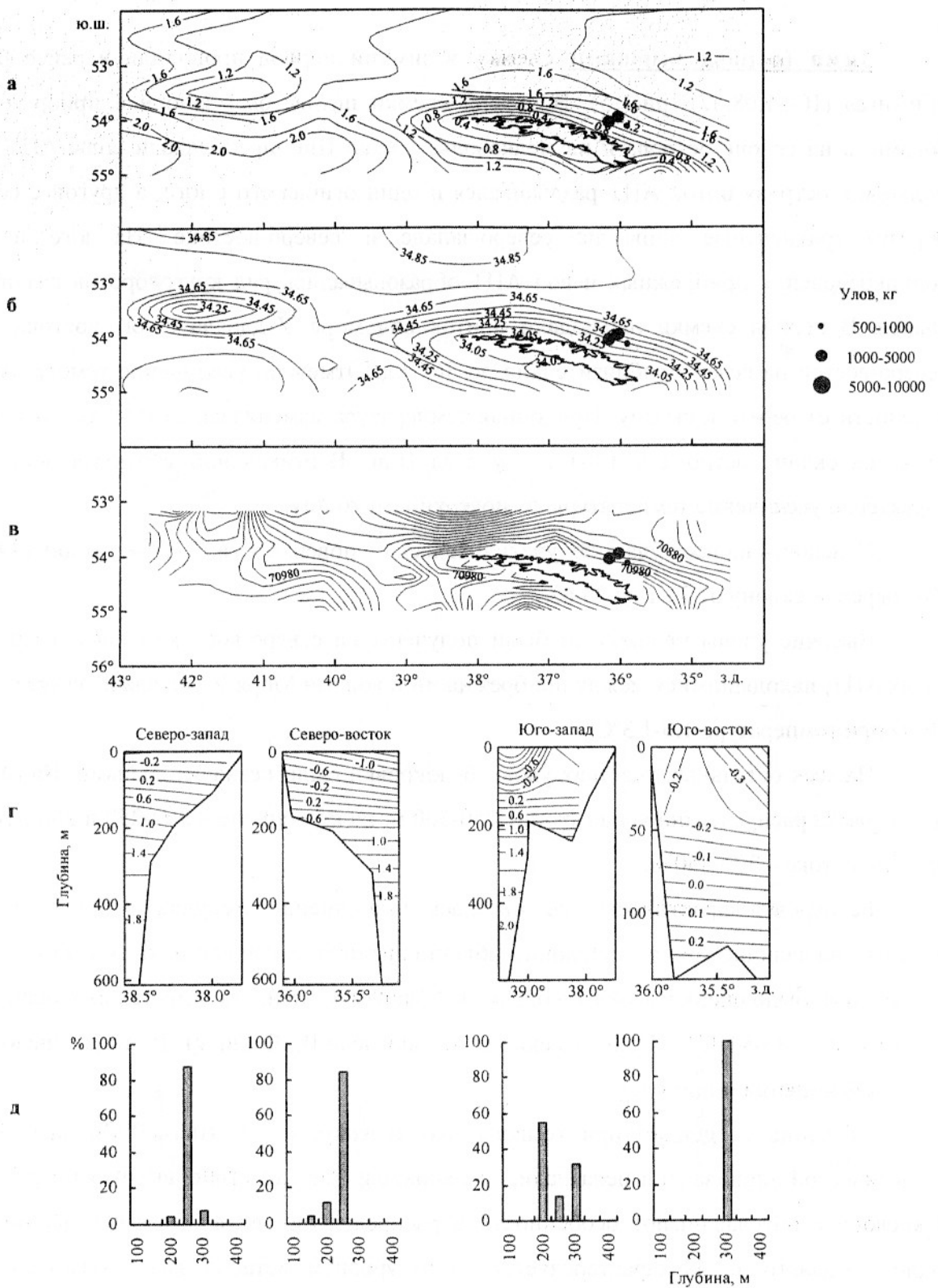


Рис. 5 – Распределение плотных скоплений *S. gunnari* (улов >500 кг/30 мин.) в зависимости от температуры (а), солёности (б), динамики водных масс (в), вертикальное распределение температуры воды на разных участках (г) и распределение биомассы шуковидной белокровки по глубинам их обнаружения (д) на учетной траловой съемке в рейсе БМРТ "Гижига" в 1987 г.

не встречается при температуре выше 2°C, следовательно, именно эта температура является верхней границей ее обитания. А это в свою очередь говорит о том, что повышение температуры в толще воды и у дна на несколько десятых градуса свыше 2°C может привести к исчезновению вида в районе.

Зимовка. Доминанта поведения белокровки в этот период направлена на выживание. Зимний период характеризуется повышением температуры от поверхности ко дну. Самая теплая вода с температурой более 1.6°C обычно бывает на глубинах более 250 м, а также в углублениях дна и каньонах, где и концентрируется рыба. В этот период она практически не совершает ни горизонтальных, ни вертикальных миграций и находится в состоянии близком к анабиозу. Поскольку в зимний период она не питается, а существует за счет запасных энергетических веществ (жира в мышцах и на внутренних органах), то основное требование к условиям внешней среды – температура, при которой расходуется наименьшее количество энергии. Такая температура для белокровки – более 1.6°C. В этот период никакие происходящие в окружающих водах динамические процессы не оказывают влияния на ее распределение.

Весенний период – окончание зимовки. Физиологическое состояние рыбы таково, что она исчерпала все энергетические ресурсы. Поэтому доминанта ее поведения направлена на их восстановление. На распределение рыб оказывают влияние, в первую очередь, внутрибиологические причины: резкое снижение уровня жира в мышцах (с 4.0 баллов осенью до 1.0 балла в конце зимы) и количества внутривисцерального жира (с 2.5-3.0 до 1.0-1.5 баллов). Необходимость пополнения уровня жира как основного энергетического вещества заставляет белокровку покидать места зимовки. Рыба смещается с глубоководных участков с теплой водой и начинает совершать горизонтальные миграции в придонном слое в поисках кормовых организмов. Распределяясь в придонном 5-10 м слое, белокровка постепенно сдвигается на меньшую глубину в направлении постоянных участков нагула.

Подниматься в пелагиаль она еще не может, поскольку при отсутствии плавательного пузыря ее плавучесть обеспечивается жиром, накапливаемым на внутренних органах и в мышцах тела, а его в этот период очень незначительное количество. Начало весенних миграций белокровки с участков зимовки к местам нагула не может определяться температурными условиями придонных слоев, поскольку в октябре температура воды у дна на этих участках близка к температуре в августе и сентябре (рис.6).

Концентрации белокровки весной приурочены к скоплениям кормовых организмов, которые в свою очередь распределены во фронтальной зоне между разнонаправленными потоками (прибрежным огибным течением и АЦТ), или образуются

внутри квазистационарных круговоротов. Наибольшие скопления она образует на севере и северо-востоке склона акватории острова на глубине 250-350 м, т.е. на участках с относительно теплыми водами (1.5-1.7°C).

Летний период – нагул. Исследования показали, что антарктическим рыбам свойственно повышение уровня обмена в нагульный и нерестовый периоды. Следовательно, доминанта поведения рыбы летом направлена на накопление жира как основного энергетического вещества, обеспечивающего созревание половых желез. Процесс созревания гонад протекает при положительном жировом и белковом балансе, т.е. энергия, получаемая с пищей, компенсирует затраты организма на созревание гонад. Белокровка, совершающая вертикальные миграции, характеризуется повышенным содержанием жира в полости тела по сравнению с донными видами. Высокое содержание жира в полости ее тела увеличивает плавучесть рыбы, что имеет большое значение при переходе в определенные периоды годового цикла к пелагическому образу жизни.

Образование плотных концентраций белокровки связано с появлением на этих участках скоплений мезозoopланктона, в основном эвфаузиевых рачков. В поисках пищи белокровка совершает нагульные миграции по всей акватории шельфа и склона в широком диапазоне глубин и температур. Наиболее плотные скопления отмечены на глубинах 150-250 м при температуре – 1.3-1.5°C. Поскольку кормовые объекты весной обитают в верхних слоях воды (Жигалова, Семенова 1991), белокровка в конце весны – начале лета начинает совершать вертикальные миграции в пелагиаль.

Во время трофических миграций рыбы находятся вблизи скоплений кормовых организмов (Frolkina, 2002). Отрицательным гидрологическим фактором для образования скоплений белокровки следует считать наличие холодного промежуточного слоя, который препятствует опусканию кормовых объектов на горизонты обитания белокровки, а рыбам – миграциям в верхний 100 метровый слой. Поэтому рыбы на таких участках скопления не образуют. Замечено также, что промысловые скопления криля приурочены не к зонам с повышенными градиентами термоклина, а к зонам, в которых отсутствует слой скачка и наблюдается достаточно мощный гомотермный слой. Кроме того, препятствием для совершения вертикальных миграций нагульными особями является очень высокая для этого района температура воды в местах скопления кормовых организмов (более 1.8-2.0°C), что связано с резким снижением потребления кислорода. На таких участках рыбы распределяются глубже этого температурного слоя, чаще всего у грунта.

Нагульный период для нерестящихся в текущем сезоне рыб заканчивается, как правило, в начале осени – в марте – апреле. К этому времени накоплено максимальное количество жира в мышцах и полости тела.

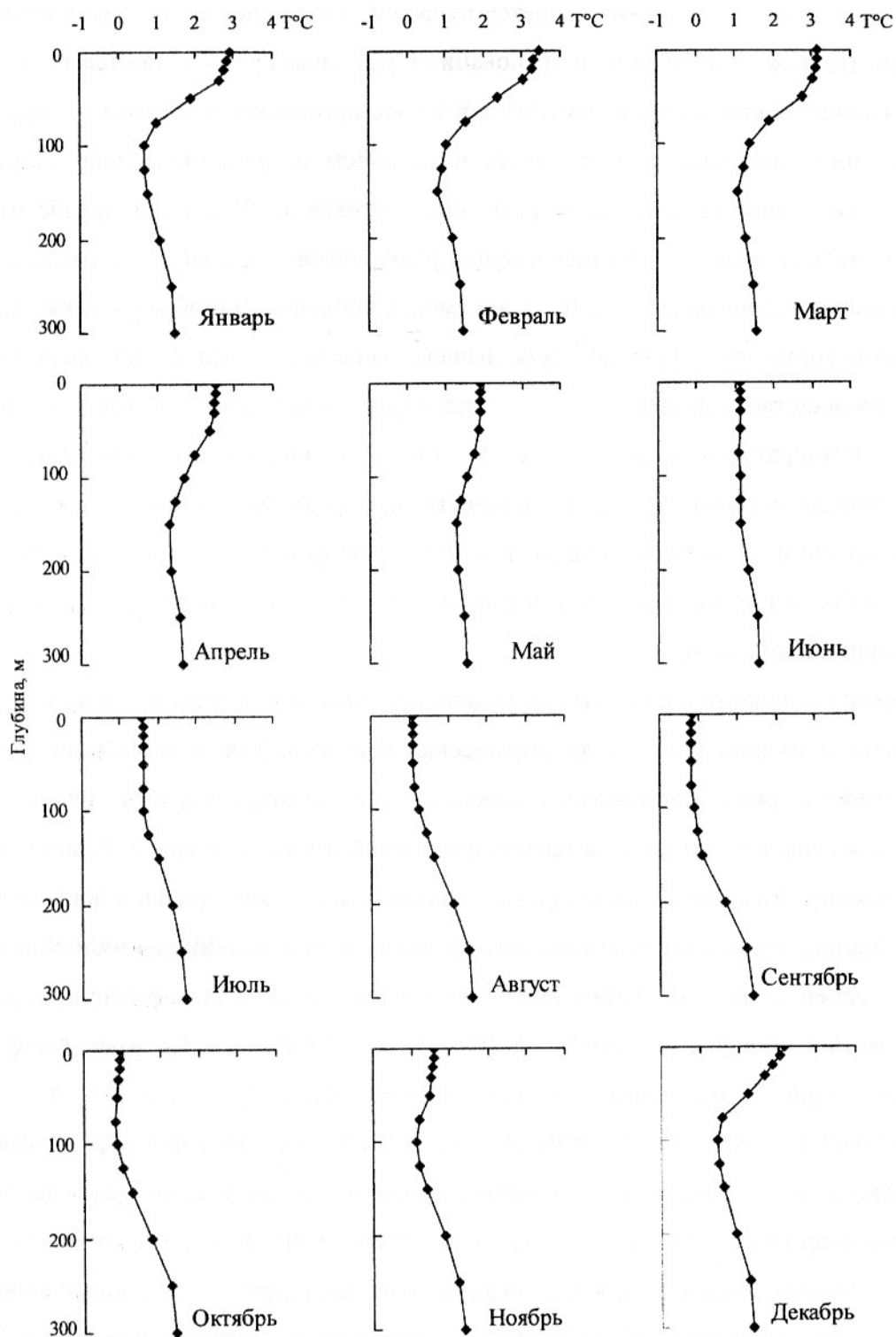


Рис. 6. Среднеголетние значения температуры воды по горизонтам в стандартной точке 54° ю.ш. и 36° з.д. по месяцам

Осенний период – нагул и нерест. Основная доминанта поведения у не нерестящихся в текущем году рыб остается прежней, т.е. продолжение накопления жира для зимовки. Поэтому и поведение и требования к условиям среды остаются теми же, что и летом. Различие заключается в том, что кормовые организмы начинают опускаться на большую глубину, поэтому рыба питается в основном в придонном слое. Доминанта поведения у готовящихся к нересту рыб (находящихся в IV стадии зрелости) - это движение к местам нереста. Преднерестовые рыбы питаются слабо, их распределение меньше связано с наличием кормовых организмов. Скопления они образуют, как правило, в придонном горизонте. Толчком для начала нерестовых миграций является, по-видимому, количество накопленного жира на внутренних органах более 2.0 баллов и повышение температуры воды у дна до 1.6°C. Температурные аномалии сезона предшествующего нерестовому могут привести к смещению сроков начала на более ранний или поздний. В аномально холодном 1987 г. нерест отмечался позже, чем обычно (в июле), и в более короткие сроки, а в теплом 2002 г. начался гораздо раньше – уже в марте (Фролкина и др., 2004).

Переход популяции в целом из нагульного состояния в нерестовое определяется не только количеством накопленных энергетических ресурсов. Так, в аномально холодном 1987 г. плотность криля – основного объекта питания белокрылки, была очень высока, достаточно высоким было и количество внутривисцерального жира (более 2 баллов). Однако рыбы продолжали питаться до июня, когда температура придонного слоя достигла 1.6°C. С другой стороны, количество накопленного жира оказывает влияние на индивидуальную готовность особей к нересту. Обнаружено, что не все половозрелые особи нерестятся ежегодно, часть гонад рыб остаются на III и VI-III стадиях зрелости до следующего нерестового сезона. В основном в преднерестовое состояние переходят те самки, у которых количество жира на внутренних органах к этому времени равно или превышает 2 балла. Только в годы с низкой плотностью криля в районе у самок при переходе в преднерестовое состояние количество жира на внутренних органах бывает ниже 2 баллов.

Таким образом, результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

Температурный диапазон обитания шуковидной белокрылки в подрайоне Остров Южная Георгия – от 0°C до 2°C. Поэтому повышение температуры у дна на несколько десятых градуса выше 2°C может привести к исчезновению вида в районе.

Доминанта поведения белокрылки в зимний период направлена на выживание. В зимний период она не питается, а существует за счет запасных энергетических веществ (жира в мышцах и на внутренних органах), поэтому основное требование к условиям внешней среды – температура, при которой расходуется наименьшее количество энергии. Такая температура для белокрылки – более 1.6°C, но не выше 2°C. В этот период никакие

динамические процессы, происходящие в окружающих водах, не оказывают влияния на ее распределение.

Доминанта поведения рыбы весной (начало нагульного периода) направлена на восстановление энергетических ресурсов. Рыба совершает горизонтальные миграции в придонном слое в поисках кормовых организмов. Доминанта поведения рыбы летом направлена на накопление жира как основного энергетического вещества, обеспечивающего созревание половых желез. В нагульный период абиотические условия оказывают в основном опосредованное влияние на образование скоплений белокровки через объекты питания, распределение которых зависит от гидродинамических, температурных условий, освещения, волнения, наличия концентраций фитопланктона и т.д.

Доминанта поведения у рыб, готовящихся к нересту, это движение к местам нереста. Толчком для начала нерестовых миграций является количество накопленного жира на внутренних органах более 2.0 баллов и повышение температуры воды до 1.6°C. В преднерестовый и нерестовый периоды распределение и сроки начала нереста белокровки непосредственно связаны с абиотическими условиями, в первую очередь с температурой.

Следовательно, в нагульный период абиотические условия оказывают в основном опосредованное влияние на образование скоплений белокровки через объекты питания, распределение которых зависит от гидродинамических, температурных условий, освещения, волнения, наличия концентраций фитопланктона и т.д. В преднерестовый и нерестовый периоды распределение рыб и сроки начала нереста непосредственно связаны с абиотическими условиями, в первую очередь с температурой. То же можно сказать и о периоде зимовки.

Литература

- Андрияшев А.П. Обзор фауны рыб Антарктики // Исследование фауны морей. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1964. Т. II (X). Вып. 2. С. 335-386.
- Андрияшев А.П. Обзор фауны донных рыб Антарктики // Морфология и распространение рыб Южного океана. Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1986. Вып. 3. С. 9-45.
- Жигалова Н.Н., Семенова С.Н. Планктон // Промысловое описание подрайона остров Южная Георгия (Атлантический сектор Антарктики). М.: Изд-во Глав. упр. навигации и океанографии Минобороны. 1991. С. 24-26.
- Козлов А.Н. Закономерности трофической взаимосвязи между антарктическими рыбами и планктонными ракообразными. М.: ВНИРО, 1985. 26 с.
- Любимова Т.Г. Основные закономерности пространственного и количественного распределения биоресурсов Антарктики // Биологические ресурсы Арктики и Антарктики. М.: Наука. 1987. С. 239-257.
- Любимова Т.Г., Шуст К.В. Итоги изучения рыбных ресурсов Южного океана // Комплексные рыбохозяйственные исследования ВНИРО в мировом океане.- М.: ВНИРО. 1987. с. 19-43.

- Масленников В.В. Климатические колебания и морская экосистема Антарктики // М.: ВНИРО. 2003. 295 с.
- Методические указания по сбору и первичной обработке ихтиологических материалов в водах Антарктики. М.: ВНИРО – АтлантНИРО, 1983. 53 с.
- Трунов И.А., Фролкина Ж.А., Константинова М.П. К вопросу о вертикальном распределении шуковидной белокровки *Champsoccephalus gunnari* и нототениопса Ларсена *Nototheniops larseni* на шельфе острова Южная Георгия (Антарктика) // Вопр. ихтиологии. 2000. Т. 40. №2. С.187-192
- Фролкина Ж.А. Пространственное распределение шуковидной белокровки *Champsoccephalus gunnari* (Channichthyidae) в районе острова Южная Георгия на разных этапах жизненного цикла // Вопр. ихтиологии. 2003. Т. 43. № 1. С. 96-105.
- Фролкина Ж.А. Особенности распределения и биологии шуковидной белокровки *Champsoccephalus gunnari* (Channichthyidae) в районе острова Южная Георгия в разные сезоны года // Вопр. ихтиологии. 2004. Т.44. № 5. С. 645-655.
- Фролкина Ж.А., Касаткина С.М., Жигалова Н.Н. Особенности распределения шуковидной белокровки *Champsoccephalus gunnari* (Channichthyidae) в районе острова Южная Георгия в летний период 2000 и 2002 гг.// Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2002-2003 годах. Тр. Атлантического НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Калининград. С. 96-109.
- Шуст К.В. Рыбы и рыбные ресурсы Антарктики // М.: Изд-во ВНИРО, 1998. 161 с.
- Boronin V.A., Zakharov, G.P., Shopov, V.P. Distribution and relative abundance of juvenile icefish (*Champsoccephalus gunnari*) from a trawl survey of the South Georgia shelf in June-July 1985 // SC-CAMLR Select. Sci. Pap.1986. 1987. P. 55 – 63.
- Frolkina, Zh.A. Distribution and some biological features of mackerel icefish (*Champsoccephalus gunnari*) at different life cycle stages in the South Georgia subarea // SC-CAMLR Sci. Abstracts. 1999. P. 36-37.
- Frolkina, Zh.A. Distribution and some biological features of icefish (*Champsoccephalus gunnari*) at different life cycle stages in the South Georgia subarea // CCAMLR Sci. 2002. V. 8. P. 49-70.
- Frolkina, Zh.A. Oceanological factors affecting formation of mackerel icefish aggregations in the south georgia area during different seasons of the year // Document WG-FSA 05/76. 2005. Hobart, Australia. 25 p.
- Frolkina Zh.A., Shlibanov V.I. Vertical migrations of mackerel icefish (*Champsoccephalus gunnari*) on the Georgia Shelf // SC-CAMLR. Select. Sci. Pap. 1991. P. 3-14.
- Hemmingsen E.A., Donglas E.L., Grigg Y.C. Oxygen consumption in an Antarctic hemoglobin – free fish *Pagetopsis macropterus* and three species of *Notothenia* // Compar. Biochem. Physiol. 1969. V. 29. № 1. P. 467-470.
- Holeton G.F. Oxygen uptake and circulation by a hemoglobinless antarctic fish (*Chaenocephalus aceratus*, Lönnberg) compared with three red – blooded antarctic fishes // Compar. Biochem. Physiol. 1970. V. 34. № 2. P. 457-471.
- Slosarczik W. Preliminary estimation of abundance of juvenile *Nototheniidae* and *Chaennichthyidae* within krill swarms east of South Georgia. *Asta Ichthyologica et piscatoria*. 1983. Vol.33. f.1. P. 3-9.
- Shnar V.N. and Shlibanov V.I. Hydrological conditions and characteristics of icefish (*Channichthyidae*) distribution on the South Georgia shelf in 1986/87 // SC-CAMLR. Select. Sci. Pap. 1990. P.3-14.
- Wohlshlag D.E. Metabolic requirement for the swimming activity of three antarctic fishes // Science. 1962. V. 137. № 3535. P. 1050-1051.