

Научная статья

УДК [551.465:597.556.31](265.54)

DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-650-667

EDN: ZQDJJQ



**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ВОД В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО
(ЯПОНСКОЕ МОРЕ) НА СЕЗОННЫЕ МИГРАЦИИ ЯПОНСКОГО
ВОЛОСОЗУБА *ARCTOSCOPIUS JAPONICUS***

Ю.И. Зуенко¹, В.В. Панченко^{2*}

¹ Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4;

² Национальный научный центр морской биологии
им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17

Аннотация. По данным донных траловых съемок в зал. Петра Великого в осенне-осенний период определены особенности распределения японского волосозуба, связанные со структурой вод. По окончании личиночной фазы развития сеголетки с июля появляются в уловах. Глубины их поймок донным тралом в июле-августе составляют 23–60 м при температуре от 8 до 16 °С. Судя по локализации поймок в зоне верхнего бентического фронта, в летние месяцы они ведут пелагический образ жизни, концентрируясь над сезонным термо-пикноклином и попадая в придонные ловы в местах его контакта с грунтом. К осени сеголетки переходят к донному образу жизни и концентрируются на глубинах ниже верхнего бентического фронта, постепенно смещаясь на внешний шельф вместе с ним. Старшие особи постоянно обитают в придонном слое подповерхностных вод. В мае-июне они нагуливаются вблизи берега, но мористее верхнего бентического фронта, избегая еще сохраняющихся у дна холодных донных шельфовых вод, а в июле-сентябре, по мере увеличения толщины прогретого поверхностного слоя, постепенно отходят глубже, распространяясь на большей части акватории, занятой у дна подповерхностной шельфовой водной массой. В октябре у кромки шельфа и в верхней части материкового склона формируются преднерестовые скопления, а пропускающие нерест особи вместе с сеголетками остаются на шельфе. В ноябре производители мигрируют в прибрежье для нереста на водную растительность. Наиболее благоприятна для размножения незамерзающая южная часть акватории, где летом обычно и отмечаются наибольшие уловы сеголеток. Для зимовки волосозуб может покидать пределы зал. Петра Великого, смещаясь в более южные районы.

Ключевые слова: японский волосозуб *Arctoscopus japonicus*, сеголетки, сезонная миграция, структура вод, бентический фронт, залив Петра Великого, Японское море

Для цитирования: Зуенко Ю.И., Панченко В.В. Влияние структуры вод в заливе Петра Великого (Японское море) на сезонные миграции японского волосозуба *Arctoscopus*

* Зуенко Юрий Иванович, доктор географических наук, заведующий лабораторией, zuenko_yu@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1312-542X; Панченко Владимир Владиславович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, vlad-panch@yandex.ru, ORCID 0000-0002-4066-7737.

Original article

Impact of the water structure in Peter the Great Bay (Japan Sea) on seasonal migrations of sandfish *Arctoscopus japonicus*

Yury I. Zuenko*, Vladimir V. Panchenko**

* Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

** Institute of Marine Biology, National Scientific Centre of Marine Biology. Far Eastern Branch.
Russian Academy of Sciences, 17, Palchevsky Str., Vladivostok, 690041, Russia

* D.Geogr., head of laboratory, zuenko_yury@hotmail.com, ORCID 0000-0003-1312-542X

** Ph.D., senior researcher, vlad-panch@yandex.ru, ORCID 0000-0002-4066-7737

Abstract. On the background of water structure, general patterns of the sandfish *Arctoscopus japonicus* distribution in Peter the Great Bay are determined on the data of bottom trawl surveys in spring, summer and fall seasons. When the larval stage is finished, the underyearlings of sandfish appear in the trawl catches since July. Depth of their catches by bottom trawl in July–August is 23–60 m, under the temperature of 8–16 °C. Localization of the catches at the upper benthic front corresponds to their pelagic spreading with concentration on the seasonal thermo-pycnocline, so the belts of high catches by bottom trawl are located along the line of the thermocline contact with the bottom. They convert to bottom dwelling in fall season, being concentrated below the benthic front and shifting deeper gradually with the front. The adults dwell at the bottom, permanently in the subsurface waters. Their feeding starts near the coast in May–June when they aggregate below the upper benthic front, avoiding the remnants of the cold Bottom Shelf water mass. Under thickening of the warm surface layer in July–September, they retreat deeper and spread widely at the shelf bottom within the area occupied by the Sub-surface Shelf water. Pre-spawning aggregations of adult sandfish are formed at the shelf edge and upper continental slope in October, whereas the non-spawning fish stay in this month on the shelf together with the underyearlings. The adults migrate to the coastal zone in November for spawning on seaweeds. The southern part of the bay is presumably more favorable for the spawning of sandfish, as the underyearlings are absent in its northern part in summer. The sandfish adults wintering is available outside the bay, so the southward migration is supposed in late autumn and the backward migration in spring.

Keywords: sandfish, *Arctoscopus japonicus*, underyearling, seasonal migration, water structure, benthic front, Peter the Great Bay, Japan Sea

For citation: Zuenko Yu.I., Panchenko V.V. Impact of the water structure in Peter the Great Bay (Japan Sea) on seasonal migrations of sandfish *Arctoscopus japonicus*, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 3, pp. 650–667. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-650-667. EDN: ZQDJJQ.

Введение

Японский волосозуб *Arctoscopus japonicus* (Steindachner, 1881) (Trichodontidae) распространен у побережья Тихого океана от Японии и п-ова Корея до юго-востока Аляски. В водах Японии и п-ова Корея этот элиторальный широкобореальный вид довольно многочислен и является объектом промысла, поэтому аспекты его биологии освещены в основном для этих регионов [Okiyama, 1970, 1990; Myoung et al., 1989; Sakuramoto et al., 1997; Watanabe et al., 2004, 2005; Lee H.W. et al., 2006; Lee S.-I. et al., 2009, 2012; Yang et al., 2008, 2009, 2013; An et al., 2011; Komoto et al., 2011]. Сведения о распределении и биологии *A. japonicus* в российских водах фрагментарны [Минева, 1955; Колпаков, 1999, 2004; Черешнев, Назаркин, 2002; Черешнев и др., 2003; Фадеев, 2005]. В районе зал. Петра Великого, а именно в бухте Сивучьей близ корейской границы, исследован ранний онтогенез японского волосозуба [Соколовская, Епур, 2001]. Установлено, что нерест волосозуба в этом районе проходит в предзимовальный период, а выклев личинок — в апреле-мае. В целом для вод зал. Петра Великого рассмотрено батиметрическое распределение сеголеток с июля, когда они начинают встречаться

в уловах донных тралов, а также рыб последующих годов жизни в весенне-осенний период [Панченко, Антоненко, 2021]. Распространение японского волосозуба на различных участках зал. Петра Великого не анализировалось.

Цель настоящей работы — выявить особенности распределения японского волосозуба в зал. Петра Великого и пространственных перемещений скоплений рыб этого вида на разных этапах развития в связи с сезонной перестройкой структуры вод залива.

Материалы и методы

В основу работы положены данные проведенных на судах ТИНРО в апреле-октябре 2004–2016 гг. донных траловых съемок и контрольных тралений в зал. Петра Великого, как правило, сопровождавшихся океанологическими наблюдениями. Район исследований ограничен устьем р. Туманной (42°17' с.ш. 130°41' в.д.) на западе и мысом Поворотным (42°40' с.ш. 133°02' в.д.) на востоке. По данным более ранних съемок, начиная с 1980-х гг., японский волосозуб в заливе также встречался, но редко и штучно, поэтому эти сведения к анализу не привлекались. Работы вели в диапазоне глубин 2–735 м на мягких грунтах в светлое время суток. Тралами ДТ/ТВ с длиной верхней подборы 23,2 м (горизонтальное раскрытие 13 м) и 27,1 м (горизонтальное раскрытие 16 м), которые начиная с 2009 г. в обязательном порядке были оснащены селективной вставкой в кутце с ячейей 10 × 10 мм, исследованы глубины 5–735 м. В прибрежной зоне на глубинах 2–5 м, иногда до 20 м, траления выполнены донным тралом с длиной верхней подборы 14,6 м (горизонтальное раскрытие 6 м) либо модифицированным в ТИНРО бим-тралом, в обоих случаях с использованием мелкоячейной дели 10 × 10 мм. Поскольку в 2004–2008 гг. часть тралений выполнялась без использования мелкоячейной вставки, что, вероятно, сказалось на результатах учета японского волосозуба, прежде всего его мелкоразмерных особей, данные за эти годы в дальнейшем количественном анализе не учитывались. Были исключены из количественного анализа и материалы за 2015 и 2016 гг., поскольку в эти годы встречаемость японского волосозуба в уловах была невысокой. Таким образом, количественный анализ с целью выявления закономерностей распределения волосозуба по акватории залива проведен по данным съемок с 2009 по 2014 г., а сведения за 2004–2008 и 2015–2016 гг. привлекались лишь в качестве дополнительного материала. Итого проанализированы данные 2049 донных ловов, выполненных тралами с мелкоячейной делью с полной разборкой улова за период 2004–2016 гг.

Из этого числа 861 траление сопровождалось измерениями профилей температуры воды и солёности от поверхности до дна моря (обычно с помощью океанологического зонда-профилометра Sea-Bird SBE-19plus производства США). Кроме этих океанологических данных, были привлечены сведения о температуре и солёности на стандартном разрезе, пересекающем шельф зал. Петра Великого по 132° в.д. от 43°00' до 42°25' с.ш., полученные другими судами ТИНРО в сроки выполнения траловых съемок (в частности, 23 августа и 10 октября 2010 г. и 3 мая 2013 г.) и хранящиеся в Региональном центре данных ТИНРО. Данные измерений температуры и солёности были использованы для идентификации водных масс, в которых обитали сеголетки и взрослые особи волосозуба, и разделяющих их у дна бентических фронтов по ранее предложенной классификации [Зуенко, 2008].

Для получения сравнимых результатов при использовании тралов с разным раскрытием уловы *A. japonicus* пересчитаны на плотность по формуле $P = B/S$, где P — плотность, экз./км²; B — улов, экз.; S — площадь траления, км². Коэффициенты уловистости при пересчете на плотность не вводили.

При массовых промерах длину рыб (FL) измеряли с точностью до 1 см; при промере молоди минимальную и максимальную длину измеряли с точностью до 1 мм. Промерено 4446 экз. *A. japonicus*. Для биологического анализа использовали 50 экз. рыб, пойманных в середине октября 2010 г. на глубинах свыше 200 м, измерения

проводили с точностью до 1 мм. Стадии зрелости гонад определяли по руководству О.Ф. Сакун, Н.А. Буцкой [1963].

Японский волосозуб в нагульный период распределяется разреженно, но в то же время не повсеместно, поэтому для анализа особенностей его распределения и сезонных перемещений использовано понятие «скопление», под которым условно понимали пространственно связную область с плотностью распределения свыше 100 экз./км², при условии, что максимальная плотность в этой области превышала 400 экз./км². Единичные поимки волосозуба (плотность ≤ 100 экз./км²) считали случайными и в количественном анализе не учитывали.

Траловые съемки в зал. Петра Великого выполнялись в основном в период с мая по октябрь, лишь в некоторые годы частично в апреле и начале ноября. Это предопределило временные рамки исследования сезонных изменений — с мая по октябрь, при этом немногочисленные ноябрьские данные были объединены с октябрьскими, а апрельские данные (72 траления) к анализу распределения по акватории не привлекались, так как в апреле волосозуб в траловых уловах за период с 2004 по 2016 г. отмечен лишь 9 раз, как правило, единично. Поскольку одной из задач работы было определение сезонных перемещений волосозуба, вначале все данные тралений за 2009–2014 гг. были сгруппированы помесечно. Однако помесечный анализ не дает целостной пространственной картины распределения вида; продолжительность траловых съемок всей акватории зал. Петра Великого, как правило, превышала месяц. Поэтому рассматривали сезонные изменения с меньшей дискретностью — как изменения расположения скоплений волосозуба между периодами в 2–3 мес., прежде всего между периодами с мая по июнь и с сентября по октябрь. Данных за июль-август значительно меньше: лишь в июле-августе 2013 и 2014 гг. были выполнены траловые съемки всего залива.

При анализе были выделены две размерные группы волосозуба с явно различающимися особенностями распределения. Одну из них составляли сеголетки, а другую — все остальные рыбы. Особи второго года жизни были представлены как неполовозрелыми, так и впервые созревающими рыбами, но распределение и тех, и других мало отличалось от распределения более старших рыб. Поэтому сезонные миграции прослежены раздельно для сеголеток и остальных рыб, условно называемых «взрослыми рыбами».

Результаты и их обсуждение

В уловах донных тралов в зал. Петра Великого встречены особи *A. japonicus FL* от 3,5 до 24,0 см. Наиболее мелкоразмерные рыбы отмечались в первой декаде июля. Как было показано ранее [Панченко, Антоненко, 2021], это сеголетки, т.е. особи первого года жизни. В июле их длина варьирует от 3,5 до 6,2 см, тогда как минимальный размер рыб старших возрастов составляет не менее 9,0 см. Размеры сеголеток не перекрываются с остальными вплоть до апреля следующего года. В июле сеголетки встречались в уловах донных тралов в основном в небольшом количестве на глубине от 26 до 60 м, в августе — на 23–50 м. Области относительно высоких уловов сеголеток в этот начальный период имели характерную форму полос, параллельных изобатам (рис. 1). В поле придонной температуры воды такие уловы располагались в пределах прогретого верхнего слоя моря (при 8–16 °С), но в самой нижней его части, вблизи верхнего бентического фронта. Сеголетки встречались в зал. Посьета и в восточной части зал. Петра Великого, иногда (в 2014 г.) в прибрежье островной области залива, со стороны Уссурийского залива, но никогда не отмечались во внутренних частях Амурского и Уссурийского заливов, несмотря на то что структура вод в этих вторичных заливах не отличается принципиально от структуры вод в соседних районах.

В сентябре сеголетки облавливались глубже, проникая за 80-метровую изобату и находясь уже не со стороны берега, а с мористой стороны от верхнего бентического фронта (при 1–3 °С). В подповерхностной водной массе они распространяются у дна

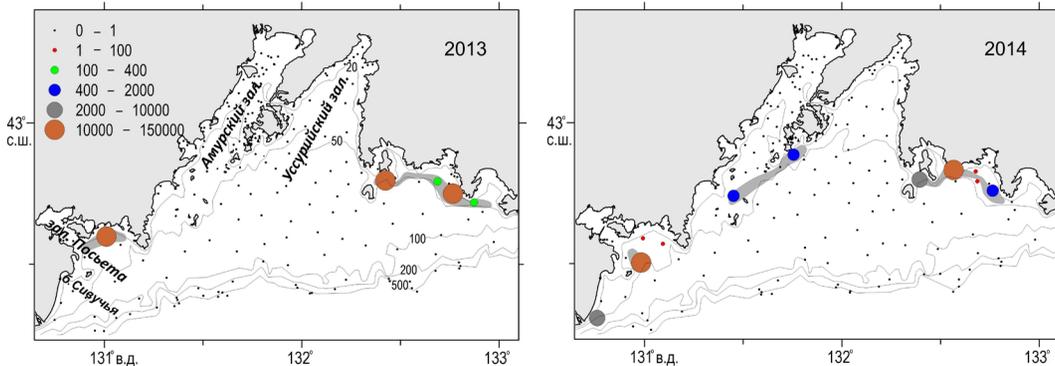


Рис. 1. Распределение сеголеток японского волосозуба в зал. Петра Великого в июле-августе 2013 г. и июле 2014 г., экз./км². *Заштрихованы* области скоплений сеголеток

Fig. 1. Distribution of japanese sandfish underyearlings in Peter the Great Bay (ind./km²) in July-August 2013 and July 2014. The areas of underyearlings aggregations are shaded

более широко, поэтому области с большими уловами уже не лентовидные и могут пересекать изобаты (рис. 2). При этом пространственное расположение скоплений сеголеток изменилось несильно: они формировались примерно в тех же районах, где сеголетки отмечались в начале процесса их оседания, т.е. в зал. Посыета, в восточной части зал. Петра Великого и в прибрежье его островной части. В октябре батиметрическое распределение сеголеток еще более расширяется, причем в обе стороны — от 11 до 106 м, но скопления смещаются однозначно на большие глубины, что, по-видимому, отражает начало миграции сеголеток к местам зимовки (рис. 3).

Распределение взрослых особей японского волосозуба принципиально отличается от распределения сеголеток, хотя общее направление перемещений скоплений в течение лета-осени у них то же — с малых глубин на большие. В мае-июне они нагуливаются на малых глубинах в прибрежной зоне, но, в отличие от сеголеток, в пределах подпо-

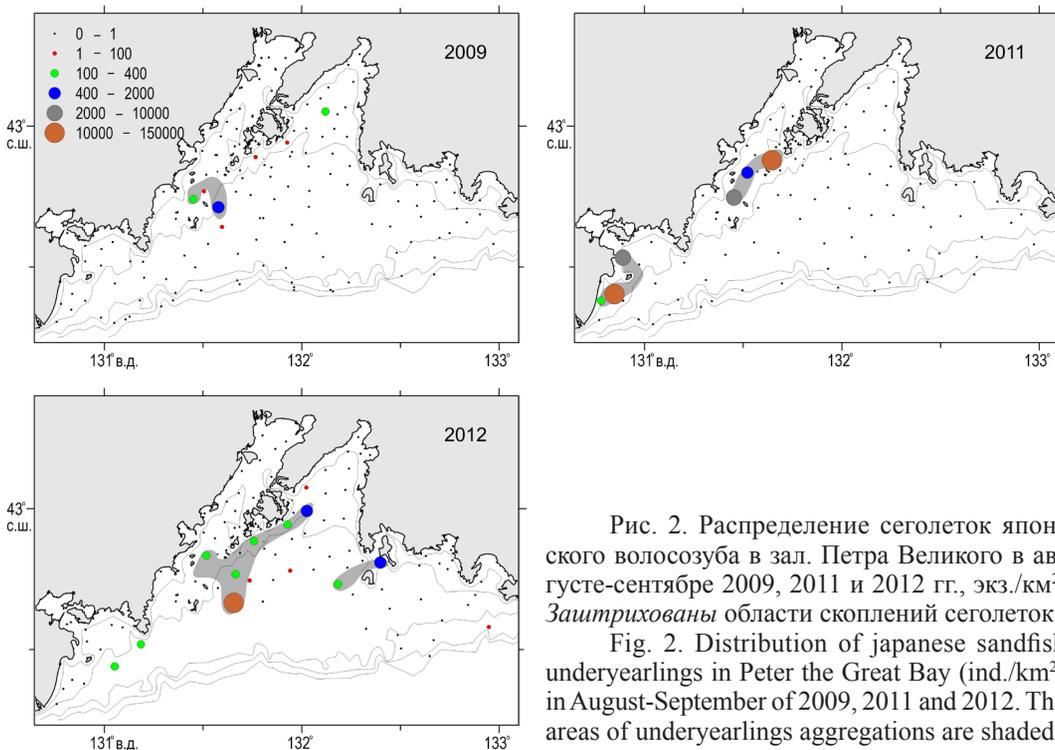


Рис. 2. Распределение сеголеток японского волосозуба в зал. Петра Великого в августе-сентябре 2009, 2011 и 2012 гг., экз./км². *Заштрихованы* области скоплений сеголеток

Fig. 2. Distribution of japanese sandfish underyearlings in Peter the Great Bay (ind./km²) in August-September of 2009, 2011 and 2012. The areas of underyearlings aggregations are shaded

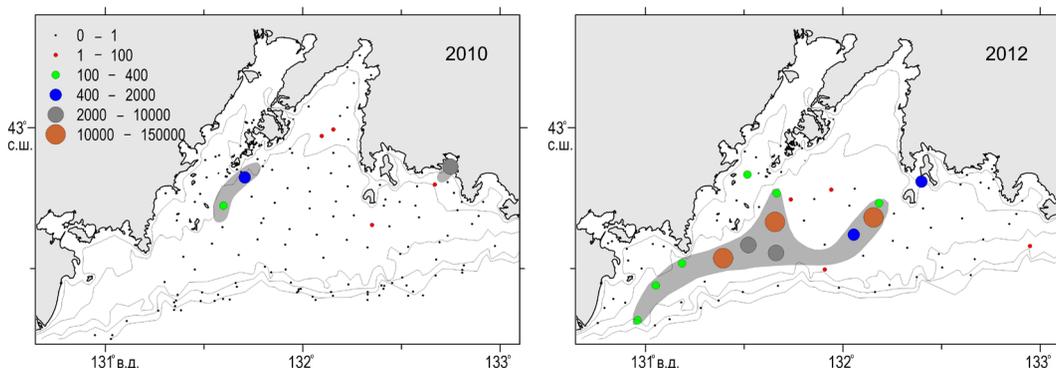


Рис. 3. Распределение сеголеток японского волосозуба в зал. Петра Великого в сентябре-октябре 2010 и 2012 гг., экз./км². *Заштрихованы* области скопления сеголеток

Fig. 3. Distribution of japanese sandfish underyearlings in Peter the Great Bay (ind./km²) in September-October of 2010 and 2012. The areas of underyearlings aggregations are shaded

верхностного слоя (при 1–5 °С). Наиболее часто взрослые особи в большом количестве встречаются во внутренней части Уссурийского залива, реже в Амурском заливе и зал. Посыета, и лишь в мае и июне 2009 г. они массово облавливались в южной части Уссурийского залива (рис. 4).

В период наибольшего прогресса (июль-сентябрь) взрослый японский волосозуб широко распространен на шельфе зал. Петра Великого, встречаясь на большей части акватории, занятой у дна подповерхностной шельфовой водной массой, в диапазоне температур 1–16 °С. Районы скопления в основном сопряжены с местами его весеннего распределения, охватывают внешние части заливов Уссурийского, Амурского и Посыета и прилегающие участки центральной части зал. Петра Великого, но волосозуб распространяется и в восточной части залива, где в мае-июне он не отмечался (рис. 5, 6).

Осенью наблюдается разделение скопления особей волосозуба, входящих в группу взрослых рыб. Часть их остается примерно в тех же районах, где нагуливалась летом,

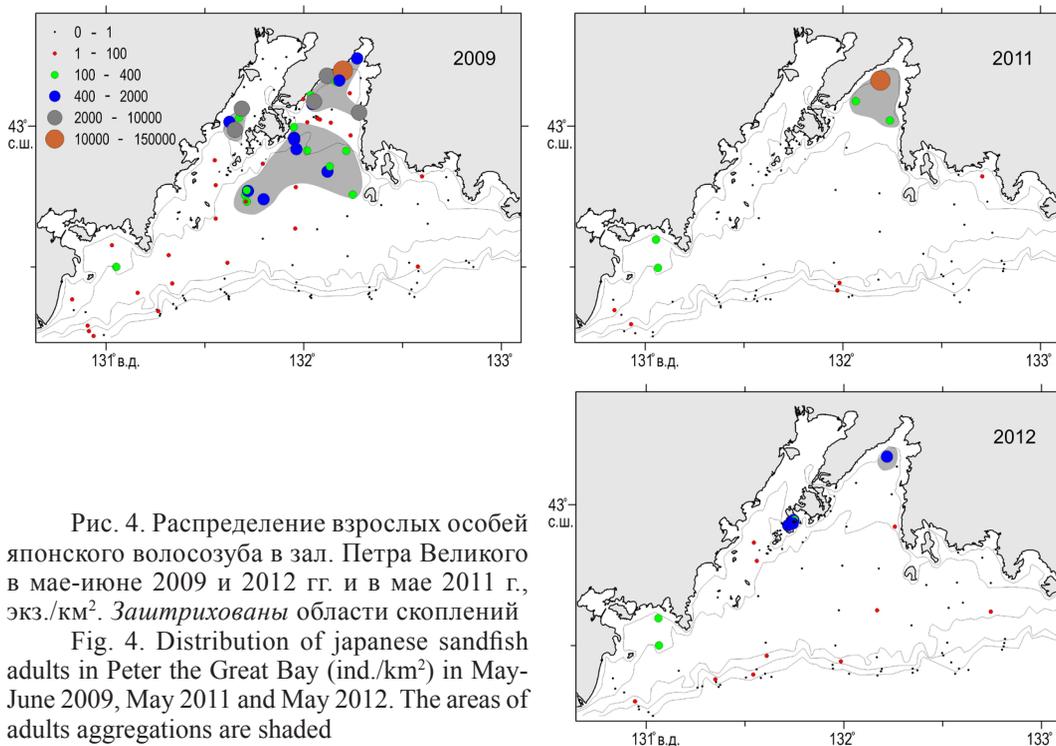


Рис. 4. Распределение взрослых особей японского волосозуба в зал. Петра Великого в мае-июне 2009 и 2012 гг. и в мае 2011 г., экз./км². *Заштрихованы* области скопления

Fig. 4. Distribution of japanese sandfish adults in Peter the Great Bay (ind./km²) in May-June 2009, May 2011 and May 2012. The areas of adults aggregations are shaded

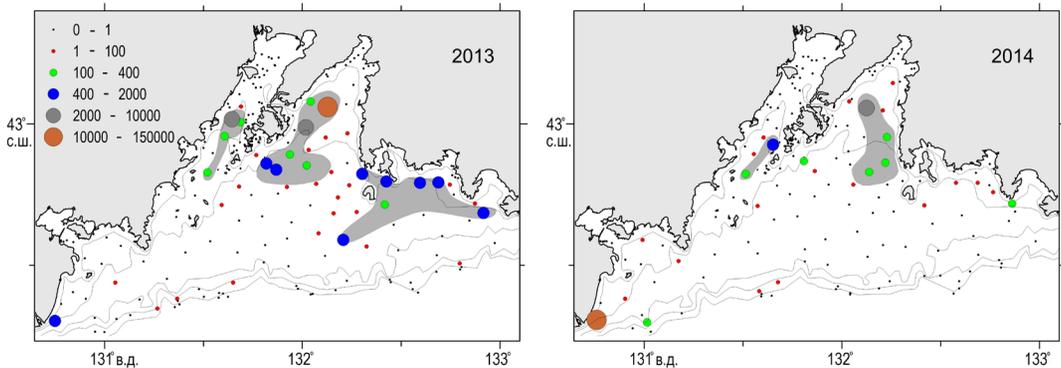


Рис. 5. Распределение взрослых особей японского волосозуба в зал. Петра Великого в июле-августе 2013 г. и в июле 2014 г., экз./км². *Заштрихованы области скоплений*
 Fig. 5. Distribution of japanese sandfish adults in Peter the Great Bay (ind./km²) in July-August 2013 and July 2014. The areas of adults aggregations are shaded

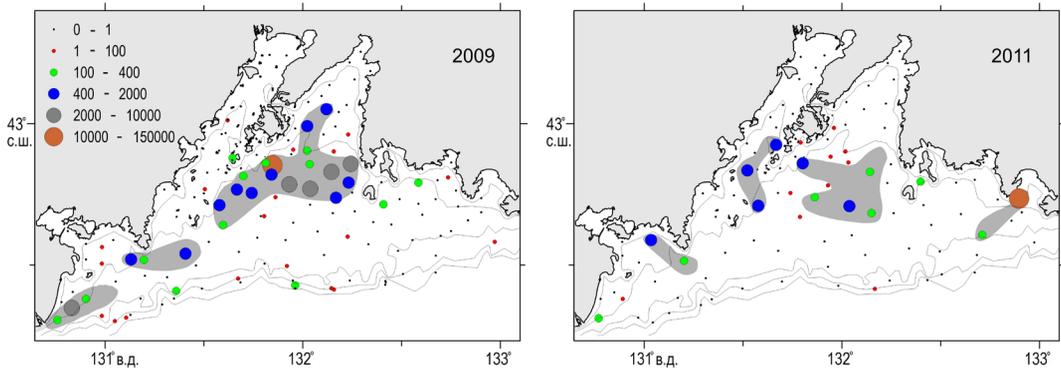


Рис. 6. Распределение взрослых особей японского волосозуба в зал. Петра Великого в августе-сентябре 2009 и 2011 гг., экз./км². *Заштрихованы области скоплений*
 Fig. 6. Distribution of japanese sandfish adults in Peter the Great Bay (ind./km²) in August-September of 2009 and 2011. The areas of adults aggregations are shaded

лишь незначительно заглубляясь, и образует смешанные с сеголетками скопления. Другие покидают подповерхностную шельфовую водную массу и мигрируют в более холодные воды на кромку шельфа и глубже, где при температуре около +1 °С и ниже образуют скопления умеренной плотности практически на всем протяжении кромки (рис. 7). Анализ размерного состава волосозуба в этих скоплениях показал, что в октябре в средней части шельфа, на глубинах до 106 м, вместе с сеголетками (*FL* 5,6–8,5 см) остаются в основном относительно мелкие двухлетние особи, а крупные рыбы встречаются в небольшом количестве. Глубже представители вида наблюдаются от 149 м. В нижней части шельфа и на склоне основная масса представлена более крупными рыбами, хотя также отмечаются и двухлетки (рис. 8). Биологический анализ рыб в глубоководных скоплениях (на глубинах 200–550 м в середине октября) показал, что среди особей волосозуба размером от 13,8 до 23,7 см соотношение полов близко 1 : 1, а степень зрелости гонад большинства самцов и самок приближается к IV стадии. Для самцов IV стадия зрелости гонад характеризуется окончанием сперматогенеза, для самок — наличием ооцитов, закончивших трофоплазматический рост и готовых к вымету в предстоящем нересте. У остальных рыб гонады находятся на переходной стадии от IV к V (нерестовой). Таким образом, состояние половых продуктов японского волосозуба в октябре в глубоководной зоне характеризует эти скопления как преднерестовые.

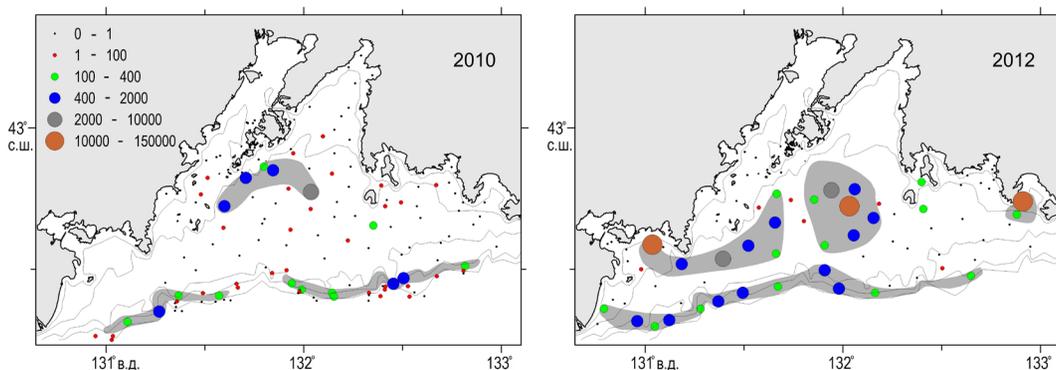


Рис. 7. Распределение взрослых особей японского волосозуба в зал. Петра Великого в сентябре-октябре 2010 и 2012 гг., экз./км². *Заштрихованы* области скопления

Fig. 7. Distribution of Japanese sandfish adults in Peter the Great Bay (ind./km²) in September-October of 2010 and 2012. The areas of adults aggregations are shaded

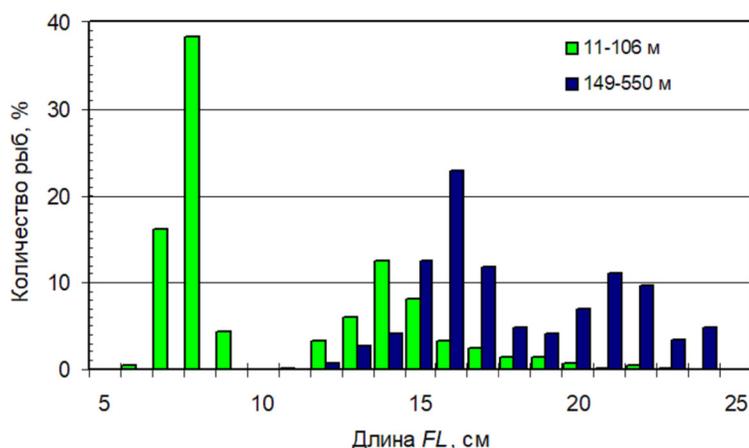


Рис. 8. Размерный состав японского волосозуба в октябре в скоплениях на глубинах 11–106 м (промерено 415 экз.) и 149–550 м (промерено 144 экз.) в зал. Петра Великого

Fig. 8. Length composition of Japanese sandfish in October in the aggregations at depths of 11–106 m (415 measured individuals) and 149–550 m (144 measured individuals) in Peter the Great Bay

На протяжении исследованного периода (май-октябрь), занимающего половину годового миграционного цикла японского волосозуба и отличающегося резкими изменениями внешних условий, связанными прежде всего с прогревом и охлаждением вод, вид демонстрирует большую толерантность к условиям среды, встречаясь на самых разных глубинах, в разных водных массах с разными параметрами, в частности в диапазоне температуры от $-0,2$ до $+16,5$ °C. Тем не менее отмечены некоторые особенности распределения сеголеток и взрослых особей, обусловленные характером летней структуры вод зал. Петра Великого.

Основными элементами летней структуры вод этого района, типичными для субарктических морей, являются прогретый и распресненный поверхностный слой (с температурой в разные годы в середине лета от 16 до 22 °C) и более холодный и соленый подповерхностный слой (на шельфе $3-6$ °C), разделенные сезонным пикноклином, в котором происходит скачок вертикальных профилей всех параметров морской воды, прежде всего температуры (рис. 9). В месте пересечения сезонного термо-пикноклина с дном моря формируется верхний бентический фронт (ВБФ) с повышенными горизонтальными градиентами придонных океанологических характеристик, который в течение лета постепенно заглубляется с $10-30$ до $40-50$ м [Зуенко, 2008]. Внешнюю часть шельфа и континентальный склон занимает почти неизменная в течение всего

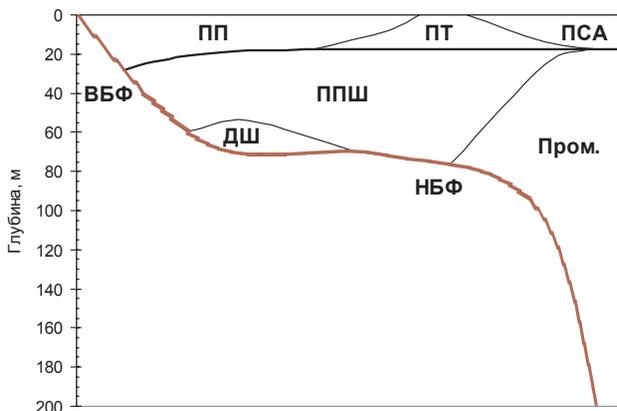


Рис. 9. Схема вертикальной структуры вод в начале лета на условном разрезе поперек шельфа зал. Петра Великого. Водные массы: ПП — поверхностная прибрежная, ПТ — Приморское течение, ПСА — поверхностная субарктическая, ППШ — подповерхностная шельфовая, ДШ — донная шельфовая, Пром. — промежуточная; бентические фронты: ВБФ — верхний бентический фронт, НБФ — нижний бентический фронт. Жирной линией обозначено дно моря

Fig. 9. Scheme of vertical water structure in early summer at a transect across the shelf of Peter the Great Bay. Water masses: ПП — Surface Coastal water, ПТ — Primorye Current water, ПСА — Surface Subarctic water, ППШ — Subsurface Shelf water, ДШ — Bottom Shelf water, Пром. — Intermediate water (upper layer); benthic fronts: ВБФ — Upper Benthic Front, НБФ — Lower Benthic Front. The sea bottom is shown by bold line

года промежуточная водная масса Японского моря с температурой < 2 °С, у дна отделенная от более теплой подповерхностной шельфовой водной массы нижним бентическим фронтом, проходящим вдоль изобат 70–100 м. Весной и в начале лета структура вод залива усложнена наличием остатков зимней донной шельфовой водной массы с очень низкой (отрицательной) температурой и относительно высокой соленостью, формирующейся при льдообразовании. В этих океанологических координатах разворачиваются сезонные миграции волосозуба, существенно различные для сеголеток и взрослых особей в связи с особенностями их биологии.

Взрослые особи волосозуба в течение всей исследованной половины года обитают в подповерхностном слое, по-видимому, не придавая значения небольшим различиям между двумя основными его водными массами (подповерхностной шельфовой и промежуточной), однако явно избегая холодного пятна вод зимнего охлаждения. Во всяком случае, они почти не попадали в уловы донного трала в области холодного пятна, что означает, что они либо ушли из этого района, либо поднялись в более теплый вышележащий слой и были недоступны для донного трала (рис. 10, 11). В мае-июне взрослый волосозуб распределялся преимущественно вблизи берега на изобатах, где подповерхностная вода уже немного прогрелась, прежде всего во вторичных Уссурийском и Амурском заливах, хотя отдельные особи встречались и мористее холодного пятна донных шельфовых вод (см. рис. 4). Затем, после разрушения холодного пятна и по мере роста толщины верхнего слоя моря, волосозуб перемещался в среднюю часть шельфа (см. рис. 5, 6). Осенью происходило отмеченное выше разделение скоплений взрослых рыб на шельфовые и глубоководные преднерестовые скопления (см. рис. 7). Образование глубоководных преднерестовых скоплений японского волосозуба у кромки шельфа зал. Петра Великого ранее отмечали Т.Г. Соколовская и И.В. Епур [2001], которые цитируют неопубликованные данные сотрудника ТИНРО Н.П. Новикова. В сентябре 1998 г. в юго-западной части залива в уловах трала с глубины 105–120 м он наблюдал *A. japonicus* (в основном самцов) длиной 12–14 см, приближающихся к нерестовому состоянию (стадия IV), а в октябре 1959 г. в уловах с глубины 250–280 м — готовящихся к нересту рыб длиной 16–28 см (пол не указан) с гонадами

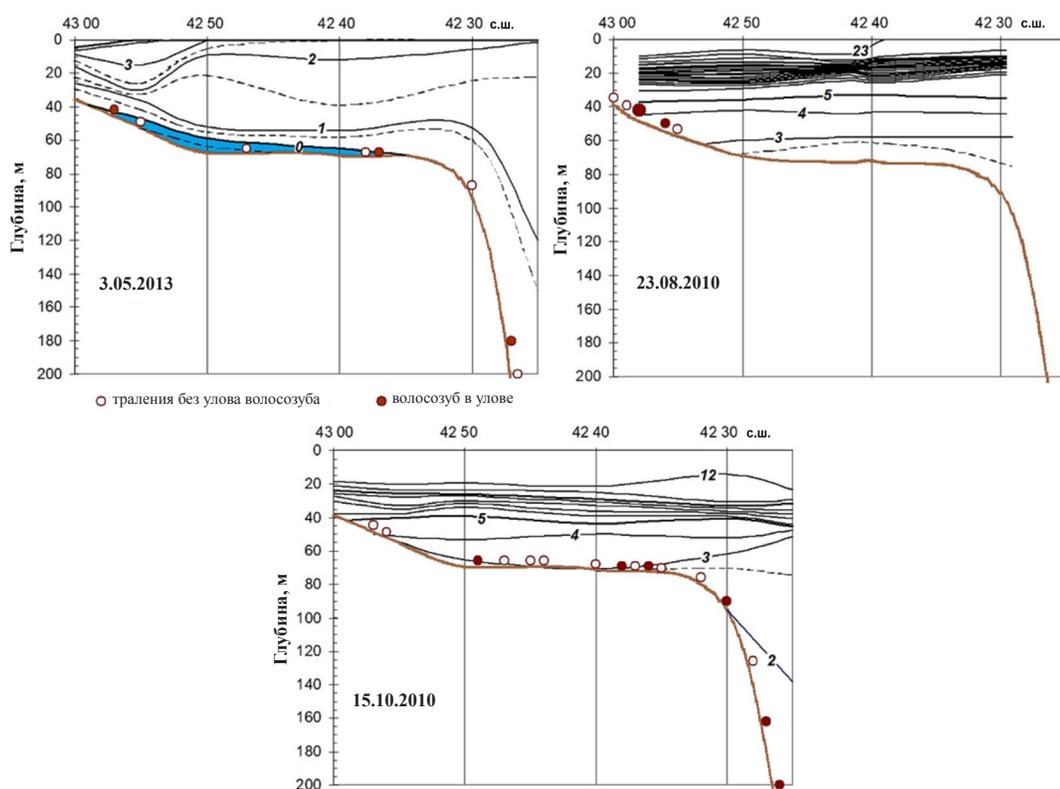


Рис. 10. Примеры распределения температуры ($^{\circ}\text{C}$) на стандартном меридиональном разрезе через шельф зал. Петра Великого по 132° в.д., выполненном во время траловых съемок в мае 2013 г. и августе и октябре 2010 г. *Жирной линией* обозначено дно моря. *Заштрихована* придонная линза вод зимнего охлаждения с температурой $< 0^{\circ}\text{C}$. *Кружками* показаны места донных тралений в полосе по 10 миль в обе стороны от разреза в сроки, примерно совпадающие со сроками его выполнения, *крупным темным кружком* обозначен улов волосозуба в августе, соответствующий плотности распределения > 100 экз./ км^2

Fig. 10. Examples of temperature ($^{\circ}\text{C}$) distribution on the standard longitudinal transect across the shelf of Peter the Great Bay along 132° E conducted synchronously with the trawl surveys in May 2013, August 2010, and October 2010. The sea bottom is shown by *bold line*. The benthic lens of water due to winter cooling with the temperature $< 0^{\circ}\text{C}$ is shaded. *Circles* — the sites of bottom trawls in the 10-mile band on both sides of the transect approximately in the time when the transect was done; *dark circles* — the trawls with sandfish in the catch; *large dark circle* denotes the sandfish catch in August, corresponding to the distribution density > 100 ind./ km^2

на IV–V стадии зрелости. По результатам наших измерений в октябре (см. рис. 8) в шельфовых осенних скоплениях взрослого волосозуба преобладали относительно мелкие особи, видимо, не созревшие на втором году жизни и потому пропускающие нерест, а встреченные здесь более крупные особи либо еще не завершили преднерестовую миграцию на глубину, либо же, напротив, уже начали нерестовую миграцию из глубоководной зоны на мелководье.

Нерестовая миграция японского волосозуба проходит за пределами исследованного периода, о ней можно судить только по косвенным признакам и литературным свидетельствам. Состояние половых продуктов производителей волосозуба в зал. Петра Великого в октябре указывает на приближение нереста, из чего можно заключить, что нерест здесь начинается в ноябре. Это подтверждается авторскими наблюдениями штормовых выбросов в заливе: только начиная с ноября в выбросах водной растительности отмечались кладки волосозуба. Т.Г. Соколовская и И.В. Епур [2001] также пришли к выводу, что нерест *A. japonicus* в зал. Петра Великого происходит в ноябре и

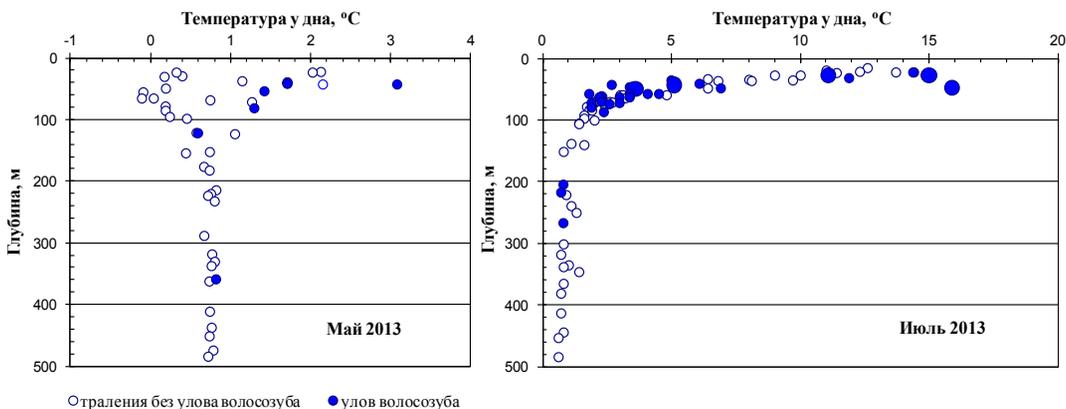


Рис. 11. Примеры батиметрического распределения температуры воды у дна, измеренной при донных тралениях в мае и июле 2013 г. Темными кружками отмечены траления с уловами волосозуба, в том числе крупными символами — уловы, соответствующие плотности распределения > 100 экз./км²

Fig. 11. Examples of bathymetric distribution of water temperature at the bottom measured during the trawl surveys in May 2013 and July 2013. The trawling operations with sandfish catches are marked by dark circles; the catches corresponding to the distribution density >100 ind./km² are denoted by large symbols

декабре. На различных участках ареала волосозуба сроки нереста различаются, но при этом повсеместно нерест приурочен к началу холодного периода года. В водах Японии нерестовый период приходится в основном на конец ноября и декабрь [Okiyama, 1990; Watanabe et al., 2004]. У побережья Южной Кореи нерест сдвинут на более поздние сроки — декабрь-январь [Myoung et al., 1989; Lee et al., 2006; Yang et al., 2008, 2009; An et al., 2011]. В водах Приморья к северу от зал. Петра Великого вид нерестится в конце сентября — октябре [Колпаков, 1999]. О нересте волосозуба в сентябре сообщается также для охотоморских вод о. Сахалин [Ширманкина, 1996] и для еще более северного района — Тауйской губы [Черешнев и др., 2003]. Определяющим фактором начала икротетания, вероятно, является резкое понижение температуры воды, при этом в южных водах нерест начинается при температуре ниже 10 °C [Yang et al., 2009], а в северном Приморье нерест протекает при температуре 4–8 °C [Колпаков, 1999]. В зал. Петра Великого нерест *A. japonicus* проходит позже, чем в более суровых температурных условиях северного Приморья, но несколько раньше, чем в более прогретых водах Японии и Южной Кореи.

Выклев личинок волосозуба происходит в апреле-мае в зоне растительного пояса прибрежных районов, где в холодный период года развивалась икра [Соколовская, Епур, 2001]. Здесь же, среди водной растительности, происходит развитие личинок волосозуба. Примерно в середине июня формируются мальки. В июле молодь начинает встречаться в уловах донного трала. Показательно, что в этом месяце до 26-метровой изобаты за весь период наблюдений сеголеток в уловах не наблюдалось, из чего можно заключить, что отход мальков от берега проходит в толще воды. Уловы сеголеток получены внутри зоны верхнего бентического фронта с высокими градиентами придонной температуры или вблизи нее со стороны берега. Пример их такого распределения приведен на рис. 12. В пределах поверхностной водной массы при температуре воды свыше 11 °C улова сеголеток отмечено не было (траление выполнено на глубине 23 м). Но чуть глубже, на 28 м, где в это время начиналась зона резкого понижения придонной температуры — ВБФ, отмечена их высокая концентрация. Следующее траление на глубине 36 м было выполнено уже в подповерхностном слое, ниже ВБФ, при температуре 6,8 °C. Здесь, а также с дальнейшим увеличением глубины и, соответственно, понижением температуры сеголеток в уловах также не наблюдалось. Можно предположить, что

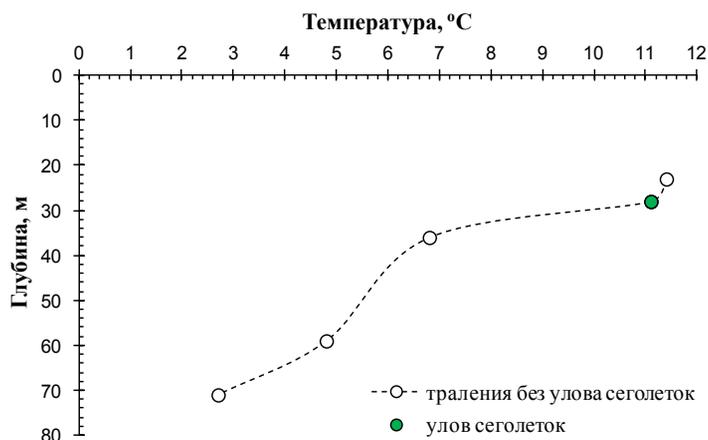


Рис. 12. Батиметрическое распределение придонной температуры на разрезе в зал. Посыета, выполненном 10 июля 2013 г. Верхний бентический фронт представлен высокоградиентным участком профиля температуры между изобатами 28–36 м. Обозначен улов сеголеток японского волосозуба, соответствующий плотности 17,8 тыс. экз./км²

Fig. 12. Bathymetric distribution of temperature at the bottom on the section in the Posyet Bay carried out on July 10, 2013. The upper benthic front with high gradient of water temperature is located between 28–36 m isobaths. The catch of Japanese sandfish underyearlings corresponding to distribution density of 17.8 ind./km² is indicated

основная масса сеголеток в июле все еще находилась в пределах поверхностного слоя моря, они по сути еще не перешли к придонному обитанию и концентрировались над сезонным термо-пикноклином, в так называемом звукорассеивающем слое. Планктон и мелкий нектон скапливаются в этом слое, используя пикноклин как «жидкий грунт» [Левасту, Хела, 1974]. Обитатели этого слоя могут попасть в донный трал только в узкой зоне, где этот слой контактирует с дном, чем и обусловлены лентовидные очертания областей высоких уловов сеголеток волосозуба. На присутствие в поверхностном слое моря ювенильных особей японского волосозуба указывает и Н.В. Колпаков [1999], который при подсветке сайровой лампой отмечал их в массе над глубинами 20–40 м на расстоянии одной мили от берега.

По расположению областей уловов сеголеток можно предположить, что районы воспроизводства волосозуба находятся в юго-западной и восточной частях зал. Петра Великого. В вершинах крупных вторичных заливов, Амурского и Уссурийского, поимок сеголеток не было. Эти акватории отличаются наиболее суровыми зимними условиями: они полностью покрываются льдом, в том числе припайным, температура воды подо льдом в течение всей зимы близка к точке замерзания, особенностью заливов является также осушка прибрежных мелководий зимой из-за сезонного понижения уровня моря. Учитывая эти обстоятельства, Амурский и Уссурийский заливы представляются малопригодными для зимней инкубации икры в мелководной прибрежной зоне, и, возможно, из-за суровых зимних условий воспроизводство японского волосозуба на этих участках зал. Петра Великого обычно не происходит. Более благоприятны для нереста японского волосозуба незамерзающие воды юго-западной части зал. Петра Великого. В июле, августе и сентябре их наиболее плотные уловы (свыше 50 тыс. экз./км²) наблюдались в заливе Посыета. Подобный улов лишь единожды был зафиксирован в центральной, островной, части зал. Петра Великого. Следует заметить, что ранний онтогенез волосозуба описан на материалах работ в бухте Сивучьей (у границы с КНДР) в 1997–1998 гг. [Соколовская, Епур, 2001]. Между тем в 1980–1990-е гг. этот вид встречался в водах залива редко, даже не в каждой траловой съемке [Измятинский, 2001; Вдовин и др., 2004], а сеголетки вообще практически не наблюдались [Панченко, Антоненко, 2021]. Возможно, в периоды низкой численности японский волосозуб

использует для нереста только наиболее южные акватории, такие как бухта Сивучья, а нагуливается в основном за пределами залива. Во время подъема численности волосозуб осваивает и другие участки зал. Петра Великого, в том числе неблагоприятные для нереста. Так, в ноябре 2021 г. нами наблюдались кладки икры волосозуба даже в центральной части Амурского залива.

В августе-сентябре сеголетки волосозуба переходят в подповерхностную шельфовую водную массу и, так же как и взрослые особи, постепенно мигрируют у дна на все большие глубины по мере сезонного увеличения толщины поверхностного слоя моря, а в октябре концентрируются в средней части шельфа (см. рис. 2, 3).

Результаты исследования позволяют на основе наблюдений в разные месяцы ряда лет восстановить картину сезонных миграций японского волосозуба в весенне-летне-осенний период и высказать предположения о его миграциях в остальную часть года. Как оказалось, сезонные миграции вида не обусловлены сезонными изменениями условий среды, а в основном определяются его репродуктивным циклом, но некоторые особенности структуры вод существенно влияют на распределение волосозуба в зал. Петра Великого.

Годовой миграционный цикл особей первого года жизни относительно прост. После выклева в поясе водной растительности личинки волосозуба остаются в прибрежной зоне до перехода на мальковую стадию развития, которая отмечена в зал. Петра Великого в июне. Развитие мальков происходит в пелагиали: они отходят от берега и концентрируются, вероятно, в слое сезонного термо-пикноклина и непосредственно над ним, что можно видеть по их встречаемости в уловах донного трала в июле вблизи верхнего бентического фронта (основная масса сеголеток в это время недоступна для облова донным тралом). Постепенно сеголетки переходят к придонному образу жизни и широко распределяются у дна в пределах подповерхностной шельфовой водной массы. Осенью они мигрируют на глубины свыше 100 м, направляясь к местам зимовки, которая, скорее всего, проходит в нижней части шельфа. Поскольку весной особи прошлого года рождения наблюдаются в прибрежной зоне залива, можно предположить, что с началом прогрева вод они покидают места зимовки и мигрируют на нагул к берегу, где вода прогревается быстрее. Правда, не вполне понятно, как они преодолевают холодное пятно донных шельфовых вод в центральной части залива, по-видимому, для этого им приходится приподняться на несколько метров над дном. Уже с мая, т.е. с начала второго года жизни, особи японского волосозуба, хотя они еще не достигли половой зрелости, начинают встречаться совместно с более старшими, взрослыми рыбами.

Более сложен миграционный цикл взрослых рыб. В мае-июне они нагуливаются у дна на относительно небольших глубинах с мористой стороны от верхнего бентического фронта в пределах подповерхностных шельфовых вод. В течение лета, по мере увеличения толщины поверхностного слоя, взрослые особи постепенно уходят в среднюю часть шельфа. В это время они распространены наиболее широко на большей части акватории, занятой у дна относительно теплой подповерхностной шельфовой водной массой. В октябре происходит разделение скоплений этой группы рыб: те младшевозрастные особи, которые не успели созреть на втором году жизни и пропускают предстоящий в ноябре нерест, остаются в средней части шельфа, в то время как созревшие двухлетки совместно со старшими особями образуют глубоководные преднерестовые скопления.

Формирование преднерестовых скоплений волосозуба на кромке шельфа выглядит довольно парадоксально, так как нерестится этот вид не там, а в прибрежье, практически у уреза воды. Условия среды в октябре также не могут быть фактором, вынуждающим рыб мигрировать на глубину, так как зимние процессы в это время еще не начинаются. Однако этот факт подтверждается не только нашими данными биологических анализов рыб в глубоководных осенних скоплениях, но и приведенными выше литературными данными [Соколовская, Епур, 2001]. Полагаем, что пребывание

в преднерестовом состоянии в течение примерно месяца в условиях очень низкой температуры (порядка +1 °С) имеет для волосозуба какой-то физиологический смысл. Уже в ноябре эти рыбы должны мигрировать через весь шельф и подойти в прибрежную зону, где проходит нерест.

В скоплениях, образующихся в октябре в средней части шельфа, наблюдаются и сеголетки, и некрупные особи, входящие в группу взрослых рыб (та часть особей второго года жизни, которая пропускает предстоящий нерест и будет созревать на третьем году), и некоторое количество крупных взрослых особей волосозуба. Можно предположить, что последние еще не завершили миграцию на кромку шельфа, где в октябре фиксируются преднерестовые концентрации. Что же касается тех рыб в осенних скоплениях средней части шельфа, которые не будут участвовать в нересте, то они, очевидно, готовятся к зимовке, которая, скорее всего, будет проходить примерно в этих же районах, но чуть глубже, в нижней части шельфа, чтобы избежать наиболее холодных донных шельфовых вод, формирующихся в зал. Петра Великого зимой в процессе льдообразования.

Зимние миграции взрослых особей японского волосозуба представляют собой наибольшую загадку. Мы не располагаем данными, позволяющими судить о встречаемости волосозуба в зал. Петра Великого зимой, поэтому о судьбе взрослых рыб после нереста, проходящего в прибрежной зоне с пиком в ноябре, можно только строить предположения. Для более южных районов Японского моря указывается, что зимовка *A. japonicus* проходит в нижней части шельфа и верхнем отделе материкового склона [Fishes of Japan..., 2002; Watanabe et al., 2004, 2005; Lee et al., 2012], однако японские и корейские авторы не сообщают о размерном или возрастном составе зимующих особей. Поскольку поимки японского волосозуба зимой в прибрежных водах зал. Петра Великого не известны, вероятно, и здесь он на зимовку смещается на большие глубины. Однако в апреле, наиболее близком к зимовальному периоду месяце, по которому мы располагаем данными, взрослые особи волосозуба в зал. Петра Великого практически отсутствуют (в 72 ловах на глубинах от 22 до 716 м отмечено лишь четыре их единичных поимки в диапазоне 148–481 м). Исходя из этого можно предположить, что после нереста зимовка волосозуба проходит вне залива, в корейских водах, где японский волосозуб является многочисленным видом. Для этого рыбы, отнерестовавшие в прибрежной зоне, например в Уссурийском заливе, в ноябре-декабре должны проделать длительную зимовальную миграцию через весь залив и дальше на юг, а затем в марте-апреле снова преодолеть это расстояние в обратном направлении, чтобы в мае оказаться в вершине Уссурийского залива. И все это в суровых зимних условиях.

Выводы

Мальки японского волосозуба в летние месяцы ведут пелагический образ жизни, концентрируясь над сезонным термо-пикноклином, и облавливаются донным тралом лишь на участках подхода пикноклина ко дну на глубинах 23–60 м. Такой вывод можно сделать на основании особенностей распределения уловов сеголеток в придонном слое моря летом: они облавливаются исключительно в узкой зоне верхнего бентического фронта. Основные уловы сеголеток в это время отмечаются на юго-западе залива, где, вероятно, происходит выклев основной массы личинок, в меньшей степени — в его восточной части. К осени сеголетки переходят к донному образу жизни и концентрируются в средней части шельфа, постепенно смещаясь глубже. Их зимовка предположительно протекает в нижней части шельфа.

Более старшие особи японского волосозуба избегают как холодной донной шельфовой водной массы (сохраняющейся в средней части шельфа до начала лета), так и прогретых поверхностных вод, постоянно обитая в подповерхностных водах. В мае-июне они нагуливаются вблизи берега у дна с мористой стороны от верхнего бентического фронта, а в июле-сентябре смещаются глубже и распространяются на большей части

акватории, занятой у дна подповерхностной шельфовой водной массой. В октябре у края шельфа и в верхнем отделе материкового склона формируются преднерестовые скопления волосозуба. В ноябре производители мигрируют в прибрежную зону для нереста на заросли водной растительности. По-видимому, основные нерестилища расположены в наиболее благоприятной для развития икры незамерзающей южной части зал. Петра Великого, где в летний период обычно отмечаются наибольшие уловы сеголеток волосозуба. При повышении численности происходит освоение нерестилищ и на северных участках залива.

Посленерестовые зимовальные миграции японского волосозуба пока остаются неизученными. Для зимовки волосозуб может покидать пределы зал. Петра Великого, смещаясь к кромке шельфа более южных районов.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают признательность сотрудникам ТИНРО Д.В. Антоненко, М.И. Бойко, А.Н. Вдовину, Д.В. Измятинскому, П.В. Калчугину, С.Ф. Соломатову за помощь в сборе данных при траловых работах.

The authors are thankful to the researchers of TINRO: D.V. Antonenko, M.I. Boyko, A.N. Vdovin, D.V. Izmiatinsky, P.V. Kalchugin, and S.F. Solomatov for their assistance in samples collecting in the trawls surveys.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study was not sponsored.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional guidelines for care and use of animals were implemented. No potential conflict of interest was declared by the authors.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Сбор и обработка материалов по распределению японского волосозуба выполнены В.В. Панченко; сбор и обработка океанографических данных — Ю.И. Зуенко; анализ данных, обсуждение результатов, формулировка выводов, подготовка текста статьи и иллюстраций выполнены авторами совместно.

The materials on Japanese sandfish distribution were collected and processed by Vladimir V. Panchenko; the oceanographic data were collected and processed by Yury I. Zuenko; all data were comparatively analyzed, the results were discussed, conclusions were made, and the article was written and illustrated by both authors jointly.

Список литературы

Вдовин А.Н., Измятинский Д.В., Соломатов С.Ф. Основные результаты исследований рыб морского прибрежного комплекса Приморья // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 138. — С. 168–190.

Зуенко Ю.И. Промысловая океанология Японского моря : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. — 227 с.

Измятинский Д.В. Характеристика ихтиофауны верхней сублиторали залива Петра Великого (Японское море) // Вопр. ихтиол. — 2001. — Т. 41, № 6. — С. 761–765.

Колпаков Н.В. Некоторые черты биологии японского волосозуба *Arctoscopus japonicus* из вод северного Приморья // Изв. ТИНРО. — 1999. — Т. 126. — С. 318–326.

Колпаков Н.В. Рост и продукционные характеристики японского волосозуба *Arctoscopus japonicus* (Trichodontidae) из вод северного Приморья // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 138. — С. 273–281.

Левасту Т., Хела И. Промысловая океанография : моногр. — Л. : Гидрометеозидат, 1974. — 295 с.

Минева Т.А. Некоторые данные по биологии волосозуба обыкновенного // Изв. ТИНРО. — 1955. — Т. 43. — С. 195–198.

Панченко В.В., Антоненко Д.В. Батиметрическое распределение японского волосозуба *Arctoscopus japonicus* (Steindachner, 1881) (Trichodontidae) в заливе Петра Великого (Японское море) и замечания по его биологии // Биол. моря. — 2021. — Т. 47, № 6. — С. 400–410. DOI: 10.31857/S0134347521060103.

Сакун О.Ф., Буцкая Н.А. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. — М. : Главрыбвод, 1963. — 36 с.

Соколовская Т.Г., Епур И.В. Особенности раннего онтогенеза японского волосозуба *Arctoscopus japonicus* (Trichodontidae) в северо-западной части Японского моря // Изв. ТИНРО. — 2001. — Т. 128. — С. 761–767.

Фадеев Н.С. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2005. — 366 с.

Черешнев И.А., Назаркин М.В. О находке японского волосозуба *Arctoscopus japonicus* (Perciformes, Trichodontidae) в районе Тауйской губы Охотского моря // Вопр. ихтиол. — 2002. — Т. 42, № 5. — С. 710–717.

Черешнев И.А., Шестаков А.В., Назаркин М.В. Новые данные по биологии японского волосозуба *Arctoscopus japonicus* (Trichodontidae) из Тауйской губы Охотского моря // Вопр. ихтиол. — 2003. — Т. 43, № 5. — С. 718–720.

Ширманкина Л.С. Результаты первого этапа исследований по волосозубу японскому в Сахалино-Курильском рыбопромысловом районе // Рыбохозяйственные исследования океана : мат-лы юбил. науч. конф. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 1996. — Ч. 2. — С. 199–200.

An H.-C., Lee K.-H., Lee S.-I. et al. Behaviour habitats of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus* approaching toward the eastern coastal waters of Korea in the spawning season // J. Fish. Mar. Sci. Edu. — 2011. — Vol. 23, № 1. — P. 35–42 (in Korean).

Fishes of Japan with pictorial keys to the species. English edition / ed. T. Nakabo. — Tokyo : Tokai Univ. Press, 2002. — 1749 p.

Komoto R., Kudou H., Takatsu T. Vertical distribution and feeding habits of japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) larvae and juveniles off Akita Prefecture in the Sea of Japan // Aquacult. Sci. — 2011. — Vol. 59, № 4. — P. 615–630 (in Japanese).

Lee H.W., Kim J.H., Kang Y.J. Sexual Maturation and Spawning in the Sandfish *Arctoscopus japonicus* in the East Sea of Korea // J. Kor. Fish. Soc. — 2006. — Vol. 39, № 4. — P. 349–356 (in Korean). DOI: 10.5657/kfas.2006.39.4.349.

Lee S.-I., Yang J.-H., Park K.-Y. et al. Migration and distribution changes of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea // J. Kor. Soc. Fish. Tech. — 2012. — Vol. 48, № 4. — P. 401–414 (in Korean). DOI: 10.3796/KSFT.2011.48.4.401.

Lee S.-I., Yang J.-H., Yoon S.-C. et al. Biomass estimation of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus*, in Korean waters // Kor. J. Fish. Aquat. Sci. — 2009. — Vol. 42, № 5. — P. 487–493 (in Korean). DOI: 10.5657/kfas.2009.42.5.487.

Myoung J.G., Kim J.M., Kim Y.U. Egg development and morphology of sandfish, *Arctoscopus japonicus* larvae and juveniles reared in the laboratory // J. Kor. Fish. Soc. — 1989. — Vol. 22, № 3. — P. 129–137 (in Korean).

Okiyama M. Contrast in Reproductive Style Between Two Species of Sandfishes (Family Trichodontidae) // Fish. Bull. — 1990. — Vol. 88, № 3. — P. 543–549.

Okiyama M. Studies on the population biology of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* (Steindachner). II. Population analysis (preliminary report) // Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. — 1970. — № 22. — P. 59–69 (in Japanese).

Sakuramoto K., Kitahara T., Sugiyama H. Relationship between temperature and fluctuations in sandfish catch (*Arctoscopus japonicus*) in the coastal waters off Akita Prefecture // ICES J. Mar. Sci. — 1997. — Vol. 54, Iss. 1. — P. 1–12. DOI: 10.1006/jmsc.1996.0164.

Watanabe K., Sugiyama H., Sugishita S. et al. Estimating and monitoring the stock size of sandfish *Arctoscopus japonicus* in the northern Sea of Japan // Fish. Sci. — 2005. — № 71. — P. 776–783.

Watanabe K., Sugiyama H., Sugishita S. et al. Estimation of Distribution Boundary between Two Sandfish *Arctoscopus japonicus* Stocks in the Sea of Japan off Honshu, Japan Using Density Indices // Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr. — 2004. — Vol. 68, № 1. — P. 27–35.

Yang J.-H., Lee S.-I., Bae B.-S. et al. Development of artificial spawning seaweeds of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* // J. Kor. Soc. Fish. Tech. — 2009. — Vol. 45, № 4. — P. 234–242 (in Korean). DOI: 10.3796/KSFT.2009.45.4.234.

Yang J.-H., Lee S.-I., Cha H.-K. et al. Age and growth of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea of Korea // J. Kor. Soc. Fish. Tech. — 2008. — Vol. 44, № 4. — P. 312–322 (in Korean). DOI: 10.3796/KSFT.2008.44.4.312.

Yang J.H., Yoon S.C., Park J.-H. et al. Distribution and Migration of Larval and Juvenile Sandfish *Arctoscopus japonicus* in the Coastal Waters off Gangwondo, Korea // Kor. J. Fish. Aquat. Sci. — 2013. — Vol. 46, № 5. — P. 649–652 (in Korean). DOI: 10.5657/KFAS.2013.0649.

References

Vdovin, A.N., Izmyatinsky, D.V., and Solomatov, S.F., The main results of research of marine coastal complex of ichthyofauna in Primorye, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 138, pp. 168–190.

Zuenko, Yu.I., *Promyslovaya okeanologiya Yaponskogo morya* (Fisheries Oceanography of the Japan Sea), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2008.

Izmyatinsky, D.V., Characteristics of the fish fauna of the upper sublittoral of the Peter the Great Gulf (Sea of Japan), *Vopr. Ikhtiol.*, 2001, vol. 41, no. 6, pp. 761–765.

Kolpakov, N.V., Some features of sailfin sandfish Japanese hairtooth *Arctoscopus japonicus* biology from waters of northern Primorye, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1999, vol. 126, pp. 318–326.

Kolpakov, N.V., Growth and productive parameters of Japanese sandfish *Arctoscopus japonicus* (Trichodontidae) from the coastal waters of northern Primorye, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 138, pp. 273–281.

Levastu, T. and Khela, I., *Promyslovaya okeanografiya* (Commercial oceanography), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974.

Mineva, T.A., Some data on the biology of the common hairtooth, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1955, vol. 43, pp. 195–198.

Panchenko, V.V. and Antonenko, D.V., The Japanese Sandfish *Arctoscopus japonicus* (Steindachner 1881) (Trichodontidae) in Peter the Great Bay (Sea of Japan): Bathymetric Distribution and Some Comments on the Biology, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2021, vol. 47, no. 6, pp. 459–469. doi 10.1134/S1063074021060109

Sakun, O.F. and Butskaya, N.A., *Opredeleniye stadiy zrelosti i izucheniye polovykh tsiklov ryb* (Determination of stages of maturity and study of sexual cycles of fish), Moscow: Glavrybvod, 1963.

Sokolovskaya, T.G. and Epur, I.V., Peculiarities of the Japanese hairtooth *Arctoscopus japonicus* (Trichodontidae) from the north-western part of the Japan Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2001, vol. 128, pp. 761–767.

Fadeev, N.S., *Spravochnik po biologii i promyslu ryb severnoi chasti Tikhogo okeana* (A Reference Book on Biology and Harvesting of Fishes in the Northern Pacific Ocean), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2005.

Chereshnev, I.A. and Nazarkin, M.V., On the capture of Japanese sandfish *Arctoscopus japonicus* (Perciformes, Trichodontidae) in the region of the Tauyskaya Bay of the Okhotsk Sea, *Vopr. Ikhtiol.*, 2002, vol. 42, no. 5, pp. 710–717.

Chereshnev, I.A., Shestakov, A.V., and Nazarkin, M.V., New data on the biology of Japanese sandfish *Arctoscopus japonicus* (Trichodontidae) from the Tuiskaya Guba Gulf, the Sea of Okhotsk, *Vopr. Ikhtiol.*, 2003, vol. 43, no. 5, pp. 718–720.

Shirmankina, L.S., Results of the first stage of research on the Japanese hair-tooth in the Sakhalin-Kuril fishing area, in *Mater. yubileynoy nauch. konf. "Rybokhozyaystvennyye issledovaniya okeana"* (Proc. anniversary Sci. Conf. "Fishery research of the ocean"), Vladivostok: Dal'rybvuz, 1996, part 2, pp. 199–200.

An, H.-C., Lee, K.-H., Lee, S.-I., Park, H.-H., Bae, B.-S., Yang, J.-H., and Kim, J.-B., Behaviour habitats of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus* approaching toward the eastern coastal waters of Korea in the spawning season, *J. Fish. Mar. Sci. Edu.*, 2011, vol. 23, no. 1, pp. 35–42 (in Korean).

Fishes of Japan with pictorial keys to the species. English edition, Nakabo, T., ed., Tokyo: Tokai Univ. Press, 2002.

Komoto, R., Kudou, H., and Takatsu, T., Vertical distribution and feeding habits of Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) larvae and juveniles off Akita Prefecture in the Sea of Japan, *Aquacult. Sci.*, 2011, vol. 59, no. 4, pp. 615–630 (in Japanese).

Lee, H.W., Kim, J.H., and Kang, Y.J., Sexual Maturation and Spawning in the Sandfish *Arctoscopus japonicus* in the East Sea of Korea, *J. Kor. Fish. Soc.*, 2006, vol. 39, no. 4, pp. 349–356 (in Korean). doi 10.5657/kfas.2006.39.4.349

Lee, S.-I., Yang, J.-H., Park, K.-Y., Yoon, S.-H., Kim, J.-B., Chun, Y.-Y., Kim, S.-W., and Lee, J.B., Migration and distribution changes of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea, *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 2012, vol. 48, no. 4, pp. 401–414 (in Korean). doi 10.3796/KSFT.2011.48.4.401

Lee, S.-I., Yang, J.-H., Yoon, S.-C., Chun, Y.-Y., Kim, J.-B., Cha, H.-K., and Choi, Y.-M., Biomass estimation of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus*, in Korean waters, *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 2009, vol. 42, no. 5, pp. 487–493 (in Korean). doi 10.5657/kfas.2009.42.5.487

Myoung, J.G., Kim, J.M., and Kim, Y.U., Egg development and morphology of sandfish, *Arctoscopus japonicus* larvae and juveniles reared in the laboratory, *J. Kor. Fish. Soc.*, 1989, vol. 22, no. 3, pp. 129–137 (in Korean).

Okiyama, M., Contrast in Reproductive Style Between Two Species of Sandfishes (Family Trichodontidae), *Fish. Bull.*, 1990, vol. 88, no. 3, pp. 543–549.

Okiyama, M., Studies on the population biology of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* (Steindachner). II. Population analysis (preliminary report), *Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, 1970, no. 22, pp. 59–69 (in Japanese).

Sakuramoto, K., Kitahara, T., and Sugiyama, H., Relationship between temperature and fluctuations in sandfish catch (*Arctoscopus japonicus*) in the coastal waters off Akita Prefecture, *ICES J. Mar. Sci.*, 1997, vol. 54, no. 1, pp. 1–12. doi 10.1006/jmsc.1996.0164

Watanabe, K., Sugiyama, H., Sugishita, S., Suzuki, N., and Sakuramoto, K., Estimating and monitoring the stock size of sandfish *Arctoscopus japonicus* in the northern Sea of Japan, *Fish. Sci.*, 2005, no. 71, pp. 776–783.

Watanabe, K., Sugiyama, H., Sugishita, S., Suzuki, N., and Sakuramoto, K., Estimation of Distribution Boundary between Two Sandfish *Arctoscopus japonicus* Stocks in the Sea of Japan off Honshu, Japan Using Density Indices, *Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr.*, 2004, vol. 68, no. 1, pp. 27–35.

Yang, J.-H., Lee, S.-I., Bae, B.-S., Cha, H.-K., Yoon, S.-C., Chun, Y.-Y., Kim, J.-B., and Chang, D.-S., Development of artificial spawning seaweeds of the sandfish, *Arctoscopus japonicus*, *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 2009, vol. 45, no. 4, pp. 234–242 (in Korean). doi 10.3796/KSFT.2009.45.4.234

Yang, J.-H., Lee, S.-I., Cha, H.-K., Yoon, S.-C., Chang, D.-S., and Chun, Y.-Y., Age and growth of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea of Korea, *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 2008, vol. 44, no. 4, pp. 312–322 (in Korean). doi 10.3796/KSFT.2008.44.4.312

Yang, J.H., Yoon, S.C., Park, J.-H., Choi, Y.M., Lee, J.B., and Yoon, B.S., Distribution and Migration of Larval and Juvenile Sandfish *Arctoscopus japonicus* in the Coastal Waters off Gangwondo, Korea, *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 2013, vol. 46, no 5, pp. 649–652 (in Korean). doi 10.5657/KFAS.2013.0649

Поступила в редакцию 28.02.2023 г.

После доработки 10.07.2023 г.

Принята к публикации 4.09.2023 г.

*The article was submitted 28.02.2023; approved after reviewing 10.07.2023;
accepted for publication 4.09.2023*