

Среда обитания
водных биологических ресурсов

Диагноз и прогноз условий среды обитания гидробионтов

УДК 551.46.07.:629.783 (265.54)

Результаты мониторинга океанологических условий
в северо-западной части Японского моря в 2015–2017 гг.

Б.С. Дьяков, В.И. Матвеев

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ФГБНУ «ТИНРО-Центр»), г. Владивосток
E-mail: Djakov@tinro.ru

В настоящей работе на основе данных о температуре поверхности моря, глубоководных океанографических наблюдений в водах Южного Приморья и Татарском проливе, на стандартных разрезах в северо-западной части Японского моря проведено исследование термохалинных и динамических условий среды обитания водных биологических ресурсов в 2015–2017 гг. Выявлены особенности океанологической структуры в эти годы, их различия, сделаны оценки состояния и режима вод. Определено, что среднезимняя ледовитость Татарского пролива в исследуемые годы имела линейный положительный тренд. Показано, что в вертикальной структуре вод Южного Приморья в апреле существовали холодный подповерхностный и тёплый промежуточный слои. В мае эти слои разрушались или наблюдались их остаточные признаки. Т,S-анализ водных масс на станциях в районе Южного Приморья и на стандартных разрезах в северо-западной части Японского моря выявил северную японскую и глубинную водные массы в системе Приморского и Южно-Приморского течений. На основе критерия состояния термического режима вод северо-западной части Японского моря — средней температуры подповерхностного слоя 50–200 м — установлено, что термический режим в исследуемые годы можно отнести к тёплому типу.

Ключевые слова: Японское море, ледовитость, течения, структура, фронт, разрез, температура, солёность, слой, режим вод, аномалия.

ВВЕДЕНИЕ

Японское море есть **внутреннее море** Тихого океана с характерными для таких морей океанографическими и биологическими процессами и своеобразными условиями образования глубинных вод и их физических свойств [Леонов, 1960].

Ихтиофауна северо-западной части Японского моря представлена высокоценными видами рыб. В водах Южного Приморья и Татарского пролива промысловое значение имеют минтай, сельдь, горбуша, кета, корюшки, камбалы, терпуг, треска, навага. Промысловыми видами

являются также креветки и крабы. В Японском море объектами промысла могут быть тихоокеанский кальмар, дальневосточная сардина, сайра и скумбрия.

Промысловые скопления рыб приурочены к определённым океанологическим структурам, их параметрам и свойствам. Исследование многомерной картины водной среды обитания промысловых биоресурсов всегда является актуальной задачей промысловой океанологии.

Цель настоящей работы — определение отличительных признаков режима и состояния

вод северо-западной части Японского моря в гидрологические сезоны 2015–2017 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В статье использовались океанографические материалы научно-исследовательских рейсов судов ФБГНУ «ТИНРО-Центр» в 2015–2017 гг. в северо-западной части Японского моря (рис. 1):

съёмки в водах российского Южного Приморья (зал. Петра Великого—мыс Поворотный—мыс Золотой) в апреле-мае 2015–2016 гг. и в западной части Татарского пролива в сентябре–октябре 2016 г. Зондирование велось до дна по свалу глубин до изобаты 700 м;

глубоководные измерения температуры и солёности на стандартных океанографических разрезах «Сангарский» и «132° в.д.» в 2015–2017 гг. при глубине зондирования 500 м;

данные по поверхностной температуре Японского моря и ледовитости Татарского пролива из архива интернет-ресурсов.

При интерпретации водных масс Японского моря допускается, что северная япономорская водная масса представляет собой систему холодных вод Приморского и Южно-Приморс-

кого течений. Тихоокеанская водная масса отличается максимумом солёности в поверхностном слое зимой и в подповерхностном — летом. Признаком глубинной водной массы Японского моря может быть температура воды, которая всегда ниже 1 °С, а солёность изменяется в пределах 34,06–34,09 ‰ [Леонов, 1960; Радзиховская, 1961; Лучин, Манько, 2003]. Солёность Приморского течения всегда ниже 34 ‰. За критерий изменчивости тепло содержания вод в северо-западной части Японского моря принята средняя (средне-взвешенная) температура подповерхностного слоя 50–200 м на стандартном разрезе «Сангарский», которая вычислена по методу Зубова Н.Н. (1926). Расчёт геострофических течений, скоростей и расходов на разрезах осуществлялся по программе «Обозреватель», которая разработана лабораторией промысловой океанографии АтлантНИРО (по: Берижинский О.А., Зимин А.В., Шнар В.Н.).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ледовые условия в Татарском проливе в 2015–2017 гг. Ледовитость является важной режимной характеристикой ледяного по-

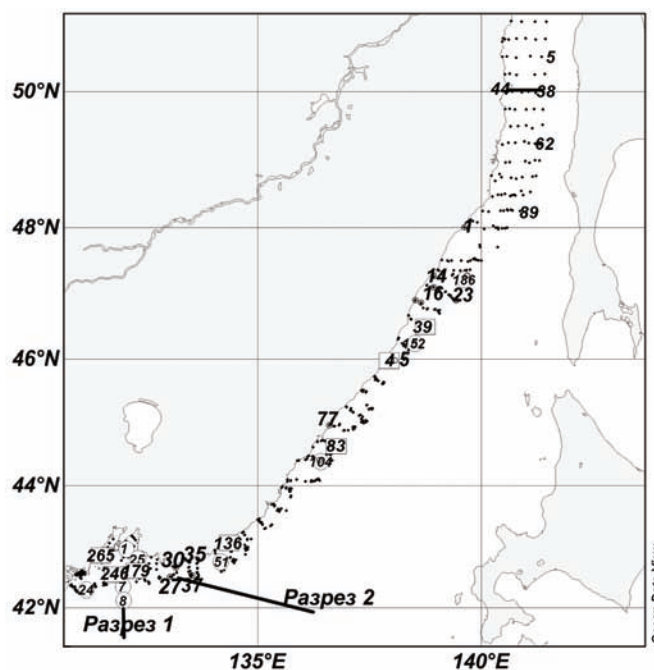


Рис. 1. Схема океанографических станций НИС «Бухоро» в северо-западной части Японского моря в 2015–2017 гг. Разрезы: 1 — «по 132° в.д.», 2 — «Сангарский»; в квадрате цифрами представлены станции осреднения вертикальных профилей 2016 г.; в центре круга — осреднение 2015 г.; числа на рисунке — станции для построения T,S-кривых

крова моря [Крындин, 1964]. Она определяется, как отношение площади покрытия моря льдами независимо от вида, формы и других характеристик самого льда к площади бассейна в процентах.

Расчёт площади ледяного покрова в Татарском проливе в предзимье (декабрь) 2014–2016 гг. и зимой (январь–март) 2015–2017 гг. показал, что среднезимняя ледовитость пролива в 2015 г. соизмерима с климатической нормой, а в остальные годы (2016–2017 гг.) превышала её. Среди рассматриваемых лет самое суровое предзимье в Татарском проливе отмечалось в декабре 2016 г. Доминирующее влияние на площадь ледяного покрова в проливе оказывали положение в пространстве и интенсивность крупномасштабного центра действия атмосферы — Сибирского антициклона. В итоге в зимы 2015–2017 гг. существовали однонаправленные положительные линейные тренды среднезимней ледовитости Татарского пролива и интенсивности Сибирского антициклона. Ранее получена статистическая связь (99,9%) между дислокацией этого центра действия атмосферы, температурой поверхностного слоя 0–50 м в северо-западной части Японского моря и ледовыми условиями Татарского пролива [Дьяков, 2008].

Аномалии температуры и термическое состояние поверхностных вод Японского моря в январе 2015 — марте 2017 гг. В январе–декабре 2015 г. и в январе–июле 2016 г. в водах Японского моря, примыкающих к заливам Петра Великого и Корейскому, отмечались отрицательные аномалии температуры (рис. 2). В зимний сезон они наблюдались не только на поверхности, но и на нижележащих горизонтах. Так, в январе 2016 г. в указанном районе аномалии температуры изменялись от $-0,5$ до $-1,0$ °C и прослеживались, по крайней мере, до глубины 100 м. Возможной причиной температурных аномалий стало поступление с азиатского материка холодных воздушных масс Сибирского антициклона, а затем генерация процессов зимней глубокой конвекции в юго-западной части Японского моря. На акватории северо-восточной части Японского моря наблюдались, в основном, положительные аномалии температуры воды ($+0,5$ — $+1,0$ °C).

В июле 2016 г. отрицательные аномалии температуры ($-0,5$ — $-1,5$ °C) занимали значительную часть акватории западной и северо-западной частей Японского моря (рис. 2). В конце июля произошла перестройка термобарического поля атмосферы. В августе 2016 г. над северо-западной частью Тихого океана господствовал высотный гребень Северотихоокеанского антициклона. Поэтому в поверхностных водах Японского моря произошла смена знака термического поля — в августе стали доминировать положительные аномалии температуры ($+1,5$ — $+2,0$ °C), в большей степени в восточной части моря — зоне Цусимского течения.

В сентябре–декабре 2016 г. и январе–мае 2017 г. в поверхностных водах северной части Японского моря (и исключительной экономической зоне РФ) доминировали нулевые и слабые отрицательные аномалии температуры воды (0 — $-0,5$ °C). В юго-восточной и юго-западной частях Японского моря в этот период доминировали аномалии температуры воды с положительным знаком ($+1,0$ — $+2,0$ °C).

Зимой и осенью 2015–2017 гг. большая роль в понижении температуры вод, примыкающих к зал. Петра Великого и Корейскому, принадлежала Сибирскому антициклону, а весной и летом — Дальневосточной депрессии. Анализ аномалий термического состояния вод Японского моря и спутниковых изображений морской поверхности показал в исследуемые годы повышенную интенсивность Цусимского и, соответственно, Приморского течений.

Основные черты океанологической структуры и стратификации вод Южного Приморья в апреле–мае 2015–2016 гг. В этот период стратификация и структура вод Южного Приморья представлена холодным подповерхностным и тёплым промежуточным слоями.

В апреле 2015 г. съёмка выполнялась вдоль Южного Приморья с юга на север. В районе юго-западной части Южного Приморья (зал. Петра Великого–мыс Егорова) стратификация вод слагалась из холодного подповерхностного и тёплого промежуточного слоёв. Об этом свидетельствовали профили температуры и солёности, а также T,S-кривые гидрологических станций (рис. 3). В мае 2015 г. в северо-вос-

точной части Южного Приморья (мыс Егорова—мыс Золотой) отмечались лишь остаточные признаки этих слоёв.

В апреле 2016 г. съёмка выполнялась вдоль Южного Приморья с севера на юг. В этот период в районе северо-восточной части Южного Приморья (мыс Золотой—мыс Егорова) наблюдались слабый холодный подповерхностный и мощный тёплый промежуточный слой. Такая стратификация вод видна на характерных профилях температуры и солёности, а также на T,S-кривых гидрологических станций (рис. 4).

В мае 2016 г. в юго-западной части вод Юж-

ного Приморья (мыс Егорова—мыс Поворотный—зал. Петра Великого) отмечались лишь остаточные признаки этих слоёв. Кроме того, эволюция стратификации вод по глубине в апреле—мае 2015–2016 гг. прослежена по декадам и показана на рис. 5, 6. Деление вод Южного Приморья на районы в географическом (океанографическом) аспекте носит несколько условный характер. Можно констатировать, что в весенние сезоны 2015–2016 гг. генерация холодного подповерхностного и тёплого промежуточного слоёв различной интенсивности осуществлялась в апреле, а их разрушение —

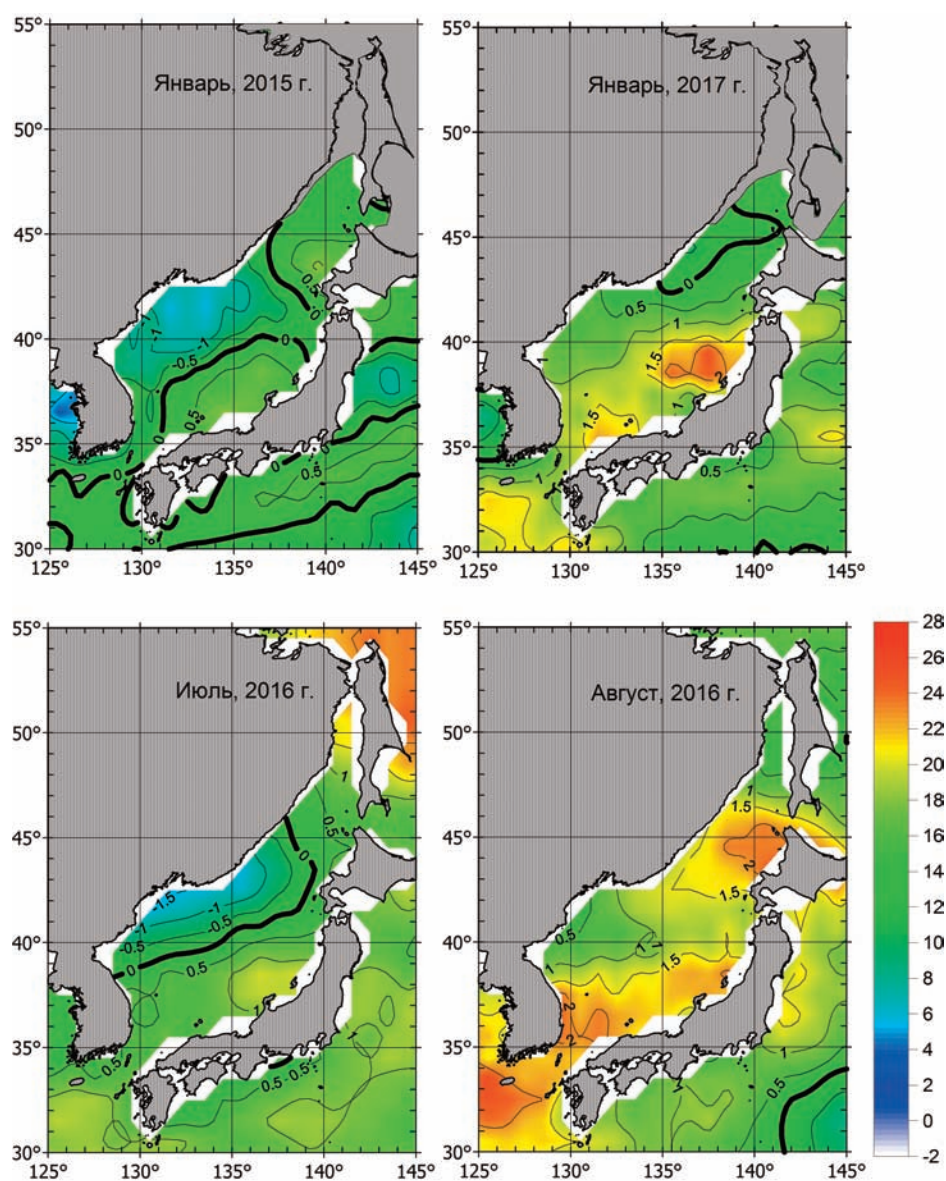


Рис. 2. Среднемесячные аномалии температуры воды на поверхности Японского моря зимой и летом 2015–2017 гг. Заштрихована область льда в Татарском проливе и западной части Охотского моря

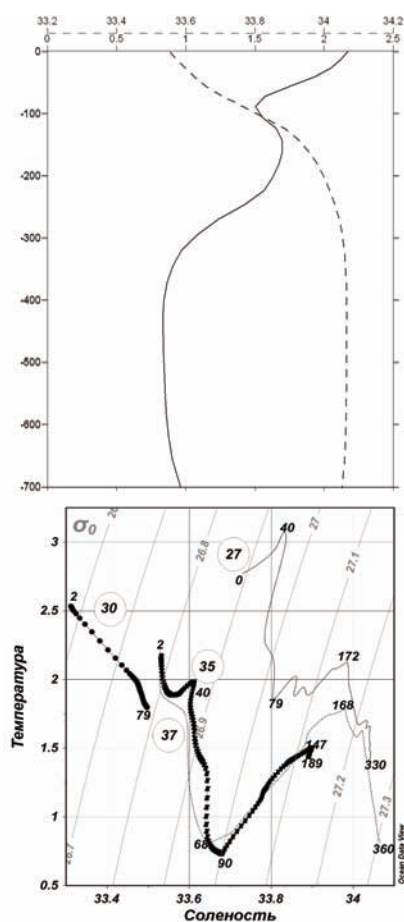


Рис. 3. Вверху — осреднённые профили температуры (сплошная линия) и солёности (пунктирная линия); внизу — Т,S-кривые станций №27, 30, 35, 37 (№ станции — в кружке) в Японском море в районе Южного Приморья (мыс Поворотный — мыс Егорова) 17–18 апреля 2015 г. Цифры показывают характерные точки на Т,S-кривых

в мае, когда в поверхностном слое моря появлялись новые структурные элементы — термоклин и галоклин.

Следует отметить, что в холодные типы лет (например, весной 2013 г.) холодный подповерхностный и тёплый промежуточный слои существовали и в мае, тогда как в тёплые типы лет — они отмечались в апреле. В районах моря, где глубина составляла 400–600 м, минимум температуры холодного подповерхностного слоя располагался на горизонтах 40–80 м, а при глубинах моря 800–1000 м и более — на 120–150 м. Максимум температуры тёплого промежуточного слоя отмечался, соответственно, на горизонтах 80–100 и 150–200 м, в зависимости от глубины моря. Холодный подповерхностный слой также наблюдался над под-

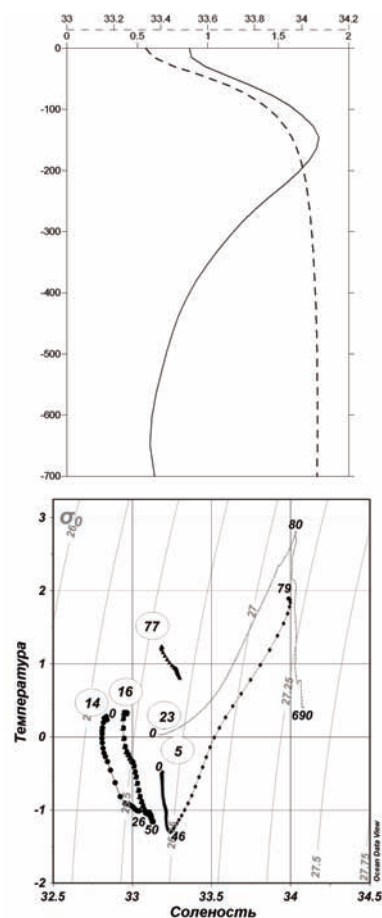


Рис. 4. Вверху — осреднённые профили температуры (сплошная линия) и солёности (пунктирная линия); внизу — Т,S-кривые станций №5, 14, 16, 23, 77 (№ станции — в кружке) в Японском море в районе Южного Приморья (мыс Егорова — мыс Золотой) 4–19 апреля 2016 г. Цифры показывают характерные точки на Т,S-кривых

водными поднятиями, где наибольшая глубина моря около 600 м [Дьяков, 2013].

В весенний период 2015–2016 гг. в структуре вод Южного Приморья отчетливо выделялись две водные массы: северная япономорская (или водная масса Приморского течения) и глубинная. Так, весной 2016 г. северная япономорская водная масса распространялась от поверхности до глубин 100–150 м, а глубинная — от 100–150 м и до дна (рис. 7). При этом глубинная водная масса характеризовалась практически одинаковыми термохалинными индексами от мыса Золотой до зал. Петра Великого. Северная япономорская водная масса состояла из двух слоёв — поверхностного и подповерхностного. Различия индексов поверхностного слоя этой водной массы обусловлены,

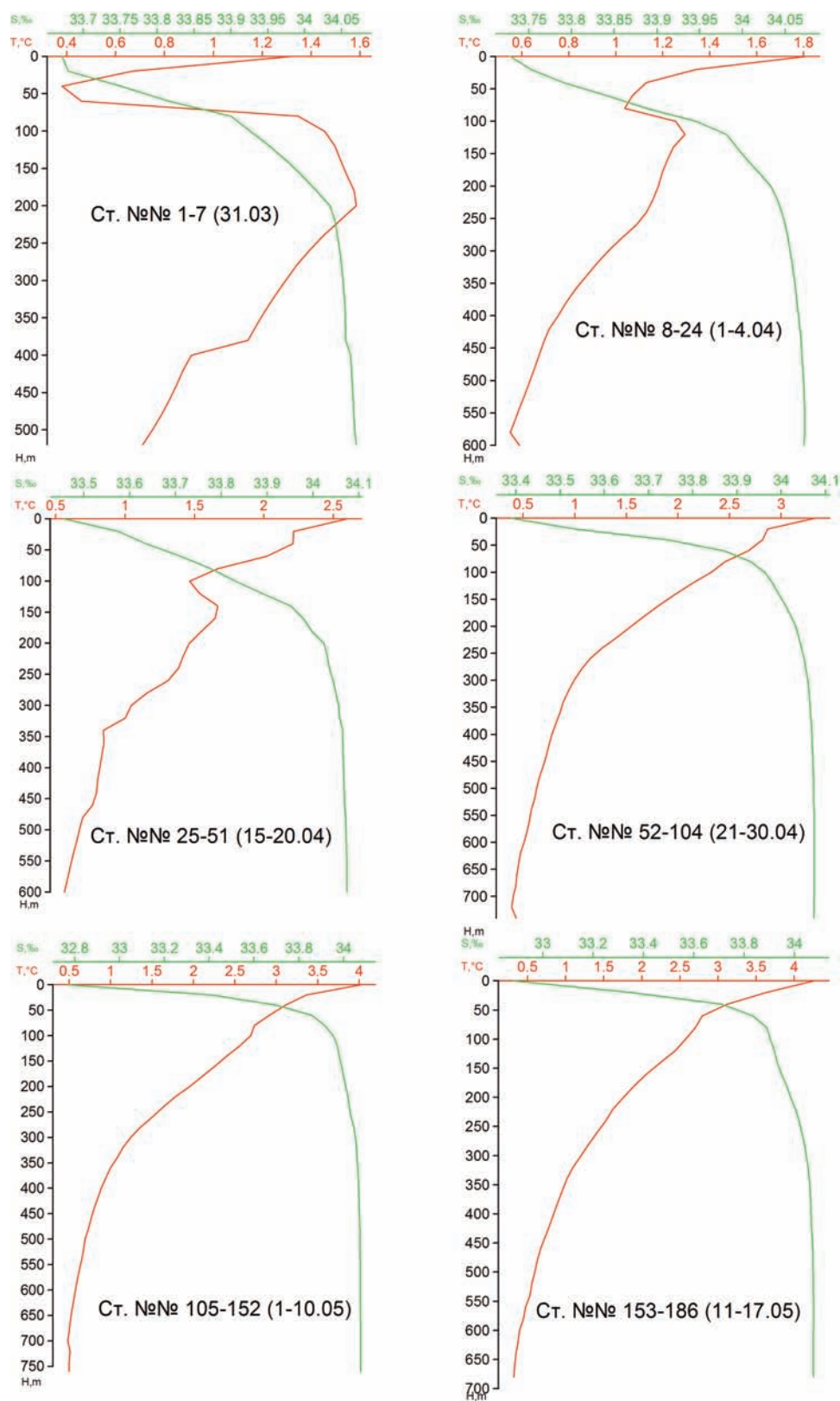


Рис. 5. Средние за декаду профили температуры (красная линия) и солёности (зелёная линия) станций № 1–186 в водах Южного Приморья (зал. Петра Великого—мыс Золотой) 31 марта – 17 мая 2015 г.

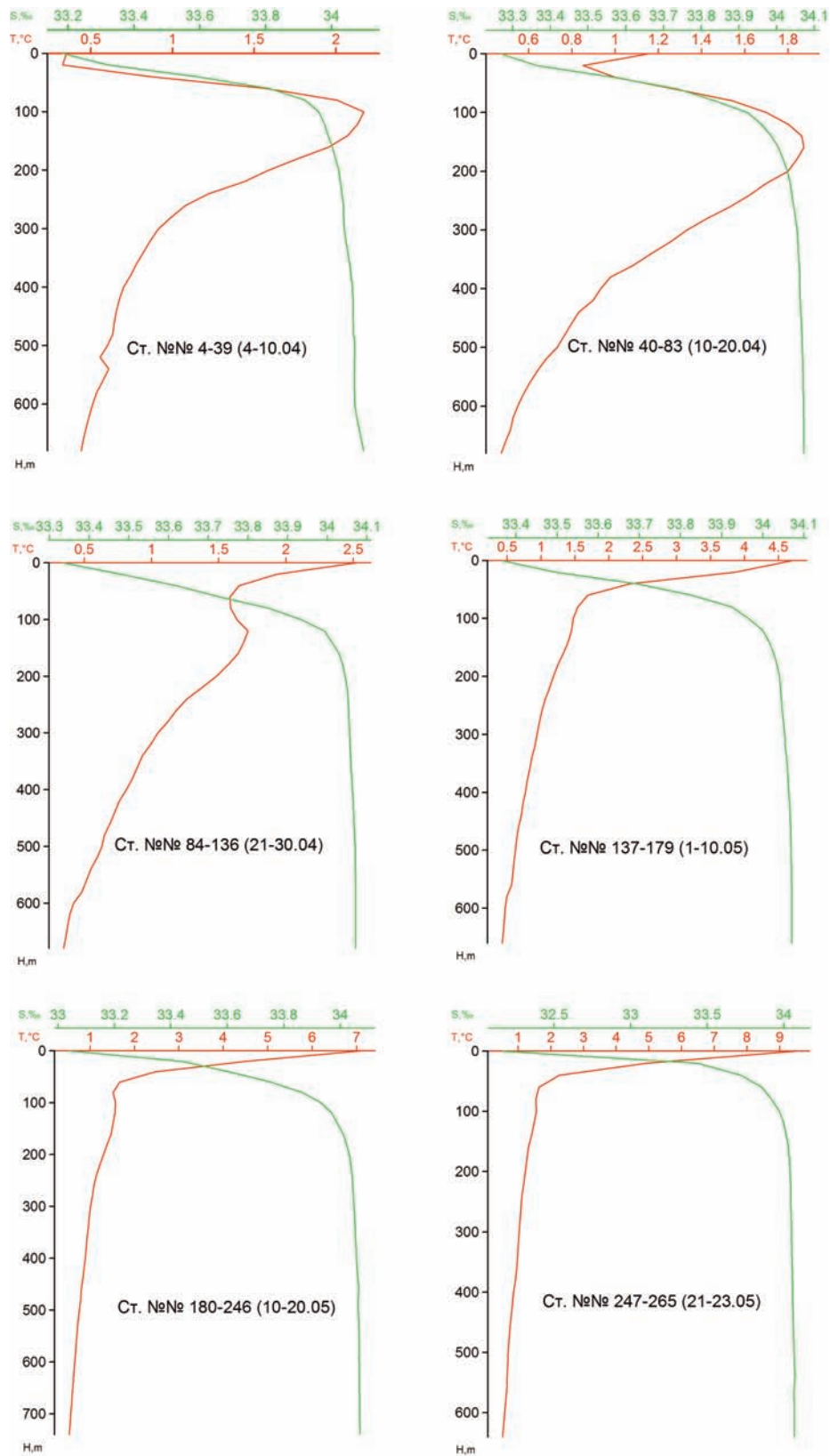


Рис. 6. Средние за декаду профили температуры (красная линия) и солёности (зелёная линия) станций № 1–265 в водах Южного Приморья (мыс Золотой—зал. Петра Великого) 2 апреля — 23 мая 2016 г.

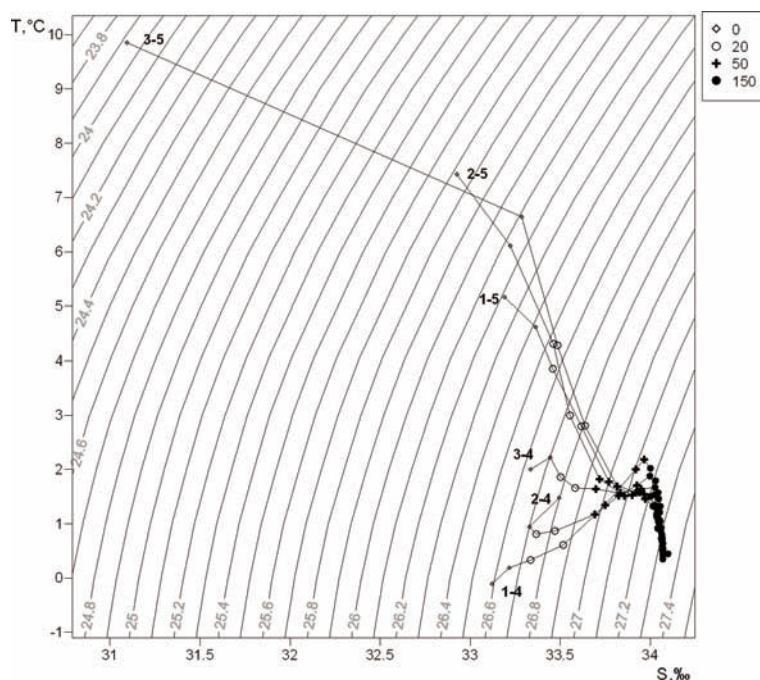


Рис. 7. T,S-кривые океанографических станций № 1–265 в водах Южного Приморья в период апрель–май 2016 г. (осреднение за декаду): 1–4 — первая декада апреля, 3–5 — третья декада мая

прежде всего, региональными особенностями и во многом зависят от наличия льдов в зимний период, близости рек, осадков и весеннего прогрева вод.

Термохалинное состояние вод Южного Приморья весной 2015–2016 гг. Съёмки вод Южного Приморья имели большую пространственную протяжённость и значительную продолжительность выполнения — апрель–май. В этот период осуществлялся усиленный радиационный прогрев поверхностных вод. Распределение средних (средневзвешенных) значений температуры и солёности в поверхностном (0–50 м) и подповерхностном (50–200 м) слоях следующее: в апреле–мае 2015 и 2016 гг. температура вод Южного Приморья в слое 0–50 м изменялась от 0 до 5 °C, а диапазон изменчивости солёности этого слоя от побережья Южного Приморья в открытое море составил 32,85–33,90 ‰. Температура слоя 0–50 м в апреле–мае 2015 и 2016 гг. равнялась. Соответственно, +2,9 и +2,4 °C (норма +2,7 °C), а подповерхностного слоя 50–200 м — +2,2 и +1,7 °C (норма +1,5 °C). Таким образом, температура подповерхностного слоя 50–200 м оказалась выше среднемноголетней. Наиболее консервативна температура (и солёность) у дна на свале глубин. Средняя температура у дна

на свале глубин Южного Приморья весной 2015 и 2016 гг. составила +1,4 и +1,5 °C, а солёность — 33,84 и 33,81 ‰.

Геострофические течения вдоль Южного Приморья весной 2015–2016 гг. Приморское течение — поток холодных распределённых вод вдоль побережья континента от северной части Татарского пролива до залива Петра Великого. Весной 2015–2016 гг. Приморское течение распространялось либо единым струйным потоком, либо системой разнонаправленных ветвей. В последнем случае струйный поток не прослеживался (рис. 8). В апреле 2015 г. оно было довольно слабо выражено на участке мыс Егорова–мыс Низменный, а в апреле 2016 г. — на участке мыс Золотой–мыс Егорова. В мае 2015 г. Приморское течение представляло собой хорошо выраженный струйный поток юго-западного направления на участке мыс Золотой–мыс Егорова, а в мае 2016 г. — южнее мыса Егорова со скоростями 13–16 см/с. Очевидно, что интенсификация Приморского течения происходила в мае обоих лет. Возможными причинами этого явления могут быть как региональные гидрометеорологические условия, так и его связь с динамикой вод Цусимского течения (через его северную ветвь).

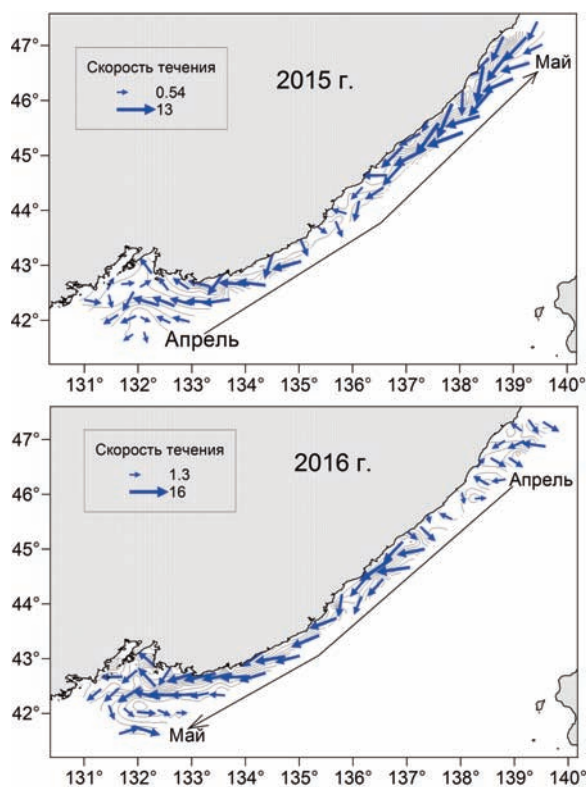


Рис. 8. Географические течения на поверхности 0 дбар относительно нулевой поверхности 500 дбар в водах Южного Приморья весной 2015–2016 гг.

Сезонные океанологические процессы на стандартных разрезах в северо-западной части Японского моря в 2015–2017 гг.

Март. В 2015 и 2017 гг. на разрезе «Сангарский» отражены океанологические процессы, которые знаменовали собой окончание зимнего сезона в Японском море (рис. 9). В марте 2015 г. отмечался фронт Приморского течения, главным образом, по сгущению изогалин. На динамическом разрезе видно, что нижняя граница этого течения достигала глубин 300–400 м. На разрезе наблюдался антициклонический вихрь диаметром около 50 км, заполненный трансформированными тихоокеанскими водами. По температуре вихрь прослеживался до глубин 400–450 м, а по солёности — до 250 м. Ядро вихря (2,5 °C и 34,1 ‰) располагалось в верхнем 50-метровом слое, что особенно хорошо видно на разрезе солёности. Температура подповерхностного слоя 50–200 м зимой 2015 г. оказалась выше среднемноголетней (1,7 против 1,2 °C), и мало отличалась от таковой в марте 2017 г. (1,6 против 1,2 °C). Т,S-кривые

для станций 1–8 показали наличие в марте 2015 г. двух водных масс на разрезе: северной япономорской и тихоокеанской. Северная япономорская водная масса состояла из двух типов, представленных на Т,S-кривых станций 1–3 (тип-1) и станций 4–6 (тип-2). Тихоокеанская водная масса представлена на Т,S-кривых станций 7–8 и определялась максимумом солёности в поверхностном слое. В марте 2017 г. заметна своеобразная форма Т,S-кривых станций 1–4 и 5–8 — два типа северной япономорской водной массы, причём второй тип в большей степени подвержен трансформации конвекционными процессами вблизи Полярного фронта (рис. 10).

Апрель. Начало весенних процессов в северо-западной части Японского моря в 2015 и 2016 гг. представлено структурой вод на разрезах «132° в.д.» и «Сангарский» (рис. 11–12). Весенние процессы имели как общие черты, так и некоторые различия. Океанологическая обстановка в водах зал. Петра Великого и мористее его отражена на разрезе «132° в.д.» (рис. 11). В подповерхностном слое 30–75 м сохранялась отрицательная температура (–0,5 — –1,0 °C). В мористой части (станции № 7–12) разреза температура воды в подповерхностном слое 50–200 м составляла 1,2 °C, что выше среднемноголетней нормы (0,8 °C). Т,S-кривые станций 1–4, 5–7 и 8–12 показали на разрезе «132° в.д.» три типа вод северной япономорской водной массы системы вод Приморского и Южно-Приморского течений на шельфе зал. Петра Великого и в открытом море. На гидрологических разрезах также отмечался фронт Приморского течения (рис. 11, 12).

Май. На разрезе «132° в.д.» представлена океанологическая структура в водах зал. Петра Великого и примыкающих участков открытого моря в начале мая 2016 г. (рис. 13А). Средняя температура подповерхностных вод слоя 50–200 м составила +1,3 °C, что выше среднемноголетней. На глубине 20–30 м заметно формирование сезонного пикноклина (термоклина и галоклина). Ядро холодных вод в зал. Петра Великого разрушено, но область малосолёных вод (менее 34 ‰) сохранилась. По Т,S-кривым выделены два типа северной япономорской водной массы. На «Сангарском»

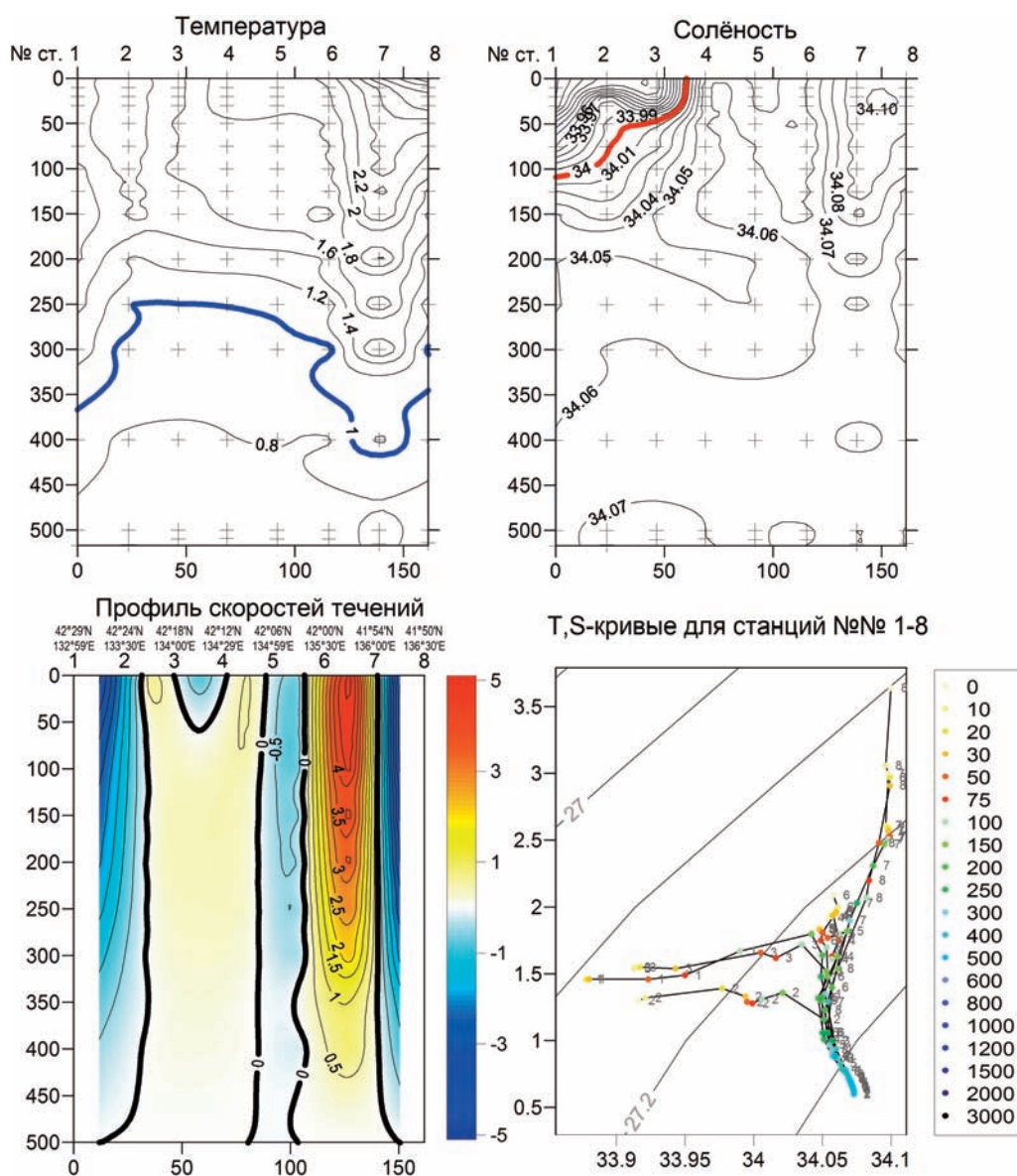


Рис. 9. Океанологическая структура вод на стандартном разрезе «Сангарский» в северо-западной части Японского моря 17–18 марта 2015 г. На динамическом разрезе синим цветом обозначены потоки юго-западного направления

разрезе характерные черты океанологической структуры в мае заключались в следующем.

Сезонный термоклин (галоклин) занимал слой 0–50 м. Однородного поверхностного слоя (температуры и солёности) не существовало вследствие слабого радиационного прогрева поверхности моря. На разрезе солёности в крайней западной и центральной его частях ниже сезонного галоклина наблюдались присклоновые антициклонические вихри малого масштаба, генерируемые Приморским течением. Эти вихри аккумулировали воду малой солёности и про-

сматривались до глубин 150–350 м. Вихри заметны также на разрезах температуры ниже сезонного термоклина. Средняя температура подповерхностного слоя 50–200 м в мае 2015–2017 гг. колебалась в узких пределах (1,7–1,9 °C) против среднемноголетней (1,3 °C). Т,S-кривые показали наличие одной северной японской водной массы. На рис. 13Б представлен разрез, который был выполнен в третьей декаде мая 2017 г. Своеобразная форма Т,S-кривых обусловлена термодинамическими процессами вблизи Полярного фронта.

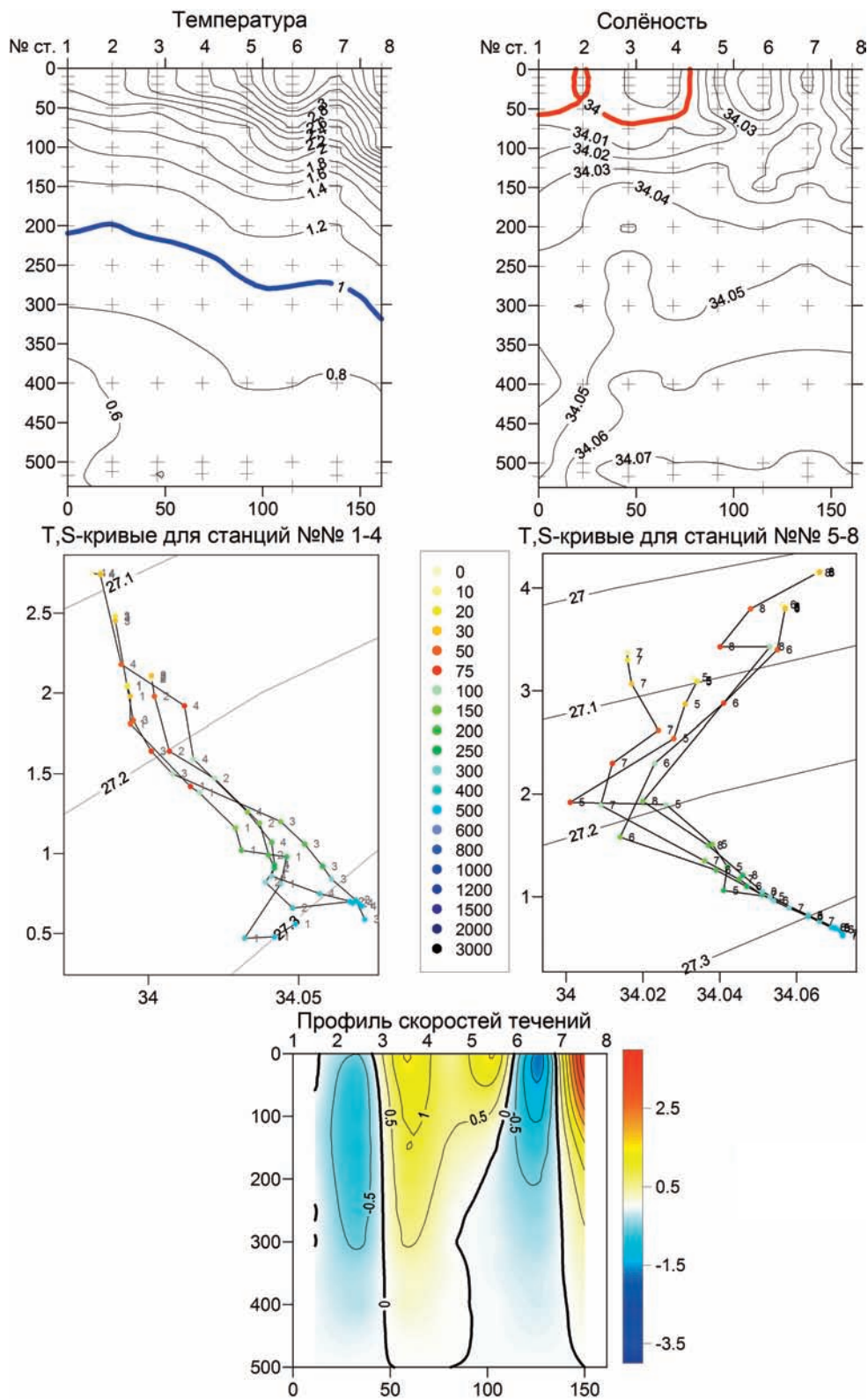


Рис. 10. Океанологическая структура вод на стандартном разрезе «Сангарский» в северо-западной части Японского моря 23–24 марта 2017 г.

На динамическом разрезе синим цветом обозначены потоки юго-западного направления

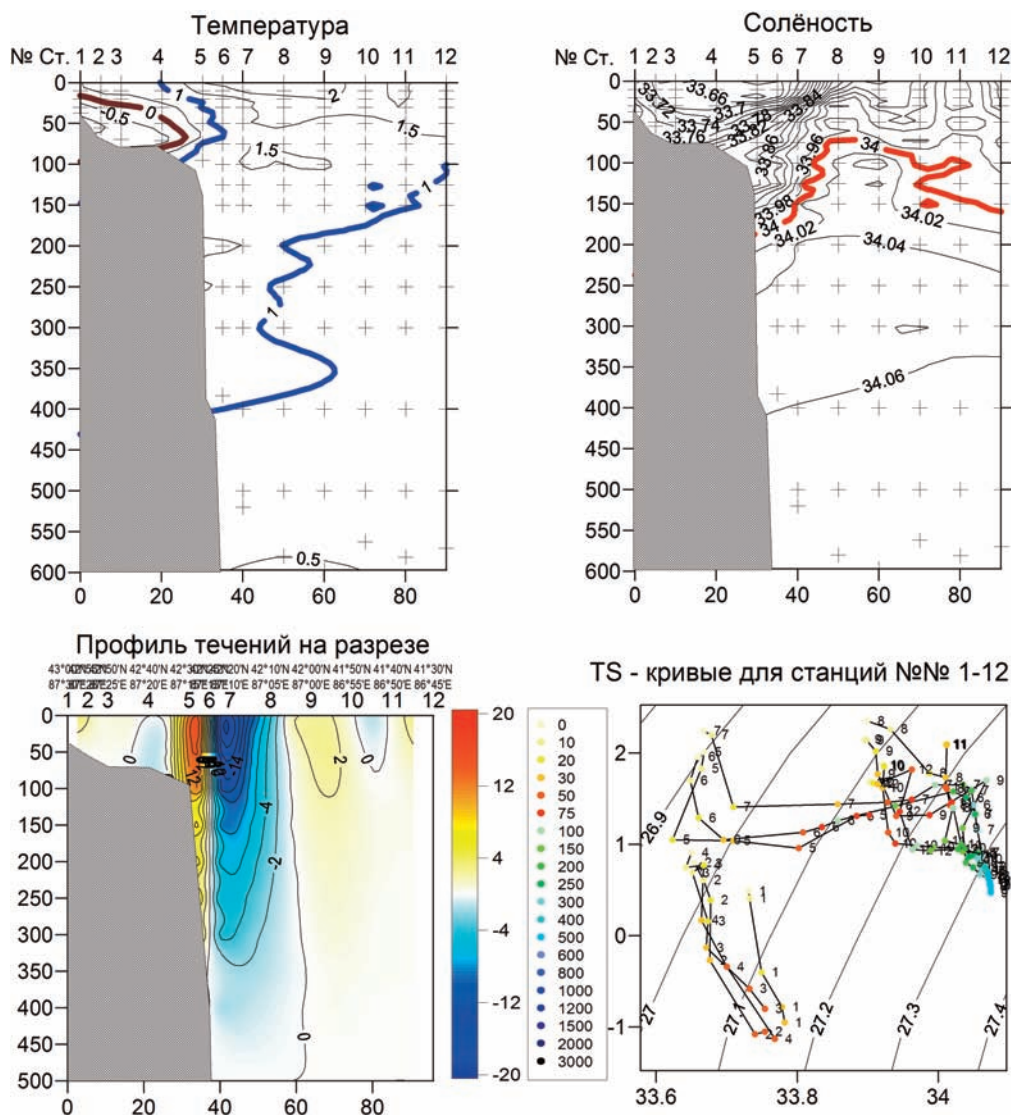


Рис. 11. Океанологическая структура вод на стандартном разрезе «132° в.д.» в северо-западной части Японского моря 31 марта — 1 апреля 2015 г. На динамическом разрезе синим цветом обозначены потоки западного направления

Июнь—июль. Термическое состояние вод в июне—июле 2015–2017 гг. показано на рис. 14. На разрезах видны сезонные термоклин и галоклин. На температурном разрезе почти сформировался однородный слой толщиной в 10–20 м. Сезонный термоклин располагался примерно на глубинах 20–50 м. Приморское течение прослеживалось только на разрезах солёности. Т,S-кривые станций показали два типа северной япономорской водной массы. Средняя температура подповерхностного слоя 50–200 м в 2015–2017 гг. находилась в пределах +1,7 — +1,9 °C, что выше среднегодовой для летнего периода (+1,5 °C).

Октябрь. Термическое состояние вод на «Сангарском» разрезе в октябре 2015–2016 гг. отличалось увеличением толщины поверхностного однородного слоя до 30 м, а также чётким обозначением термоклина, толщина которого составила 20–30 м (рис. 14). Фронт Приморского течения прослеживался в западной части разреза выходом термоклина на поверхность. Температура подповерхностного слоя 50–200 м колебалась в диапазоне +1,9 — +2,1 °C, что выше среднегодовой (+1,7 °C). Т,S-кривые станций разреза показали два типа северной япономорской водной массы.

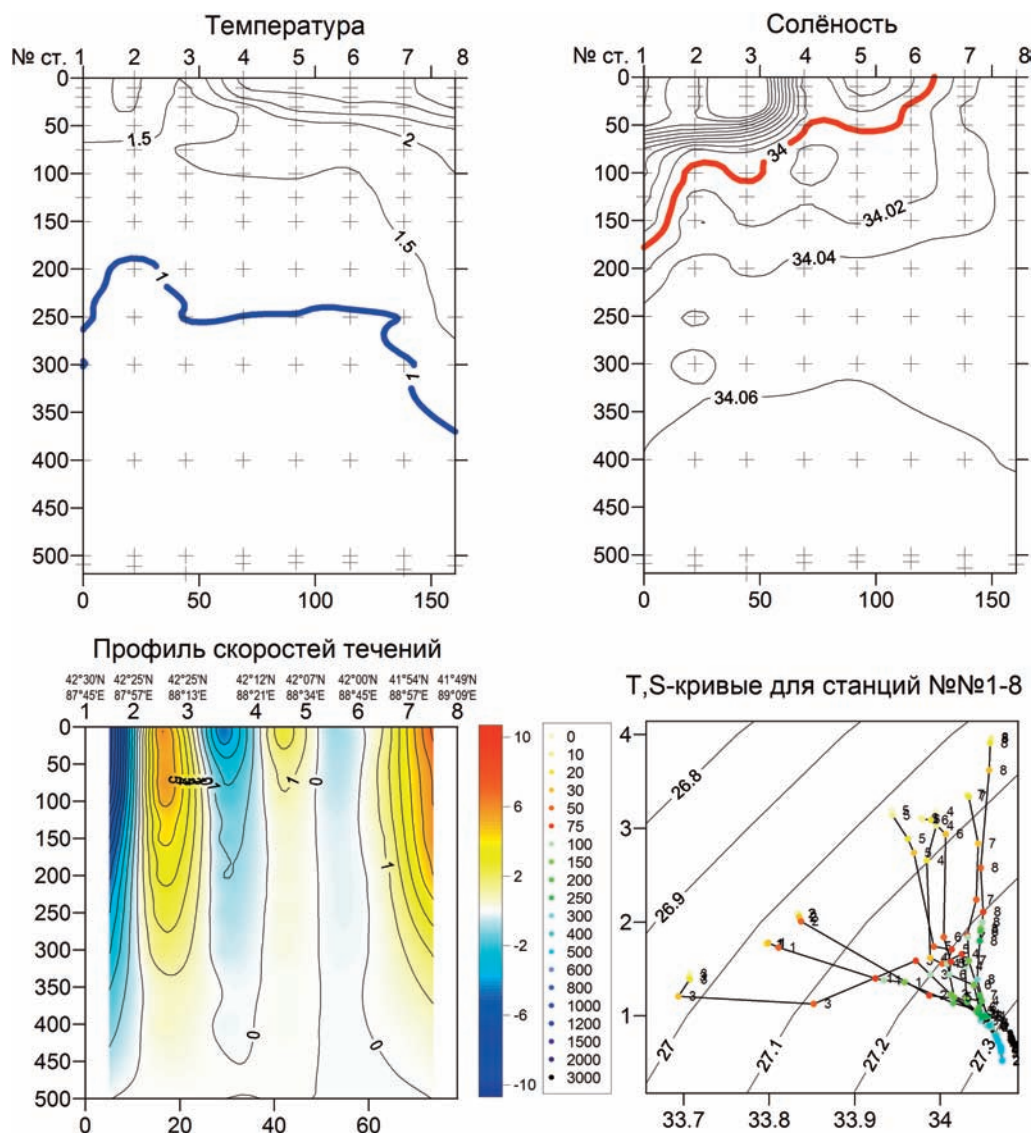


Рис. 12. Океанологическая структура вод на стандартном разрезе «Сангарский» в северо-западной части Японского моря 2—3 апреля 2016 г. На динамическом разрезе синим цветом обозначены потоки юго-западного направления

Океанологические условия в западной части Татарского пролива в сентябре—октябре 2016 г. Термическая структура вод осенью 2016 г. в Татарском проливе характеризовалась отсутствием холодного подповерхностного слоя. Средняя температура и солёность подповерхностных вод составили соответственно 1,5 °C и 33,9 ‰ (рис. 15). Термоклин и гало-клин хорошо выражены ниже глубины 10—20 м. В северной части района прослеживалось течение Шренка (51°30′—49°30′ с.ш.). В южной части циркуляция вод была представлена вихревыми образованиями противоположных

знаков (рис. 15). Наиболее крупные из них — антициклонический вихрь с центральными координатами 48°15′ с.ш., 141°00′ в.д., который наблюдался в поле температуры, и циклонический — на 49°30′ с.ш. В придонном слое (по свалу глубин) большие градиенты температуры (солёности) отмечались на глубинах 20—60 м. По среднемноголетним данным термохалинных характеристик Татарского пролива было установлено, что на поверхности пролива термический режим поверхностных вод в 2016 г. был близок к норме, а в подповерхностных водах — к тёплому типу.

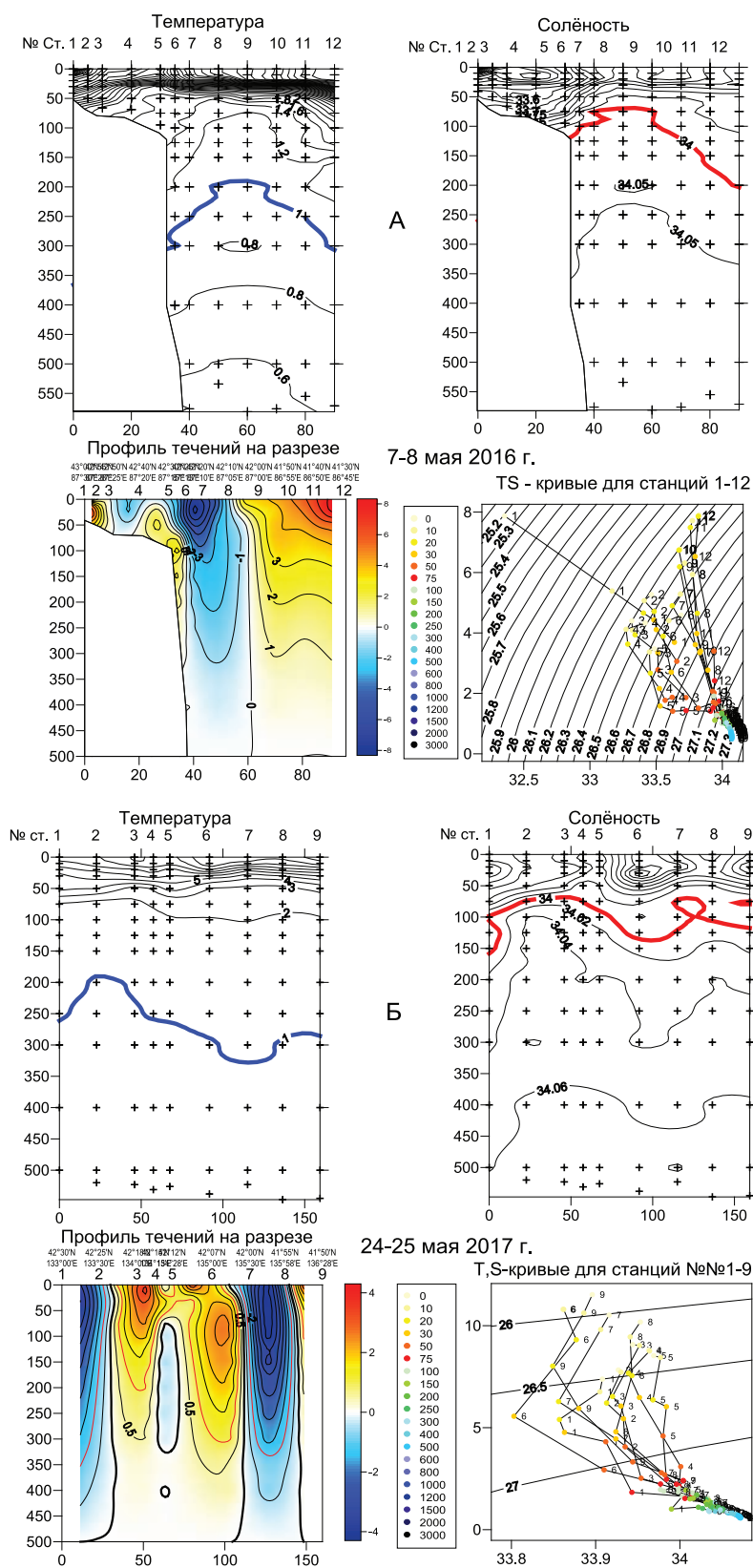


Рис. 13. Океанологическая структура вод на стандартных разрезах «132° в.д.» (А) и «Сангарский» (Б) в северо-западной части Японского моря в мае 2016–2017 гг. На динамическом разрезе синим цветом обозначены потоки юго-западного направления

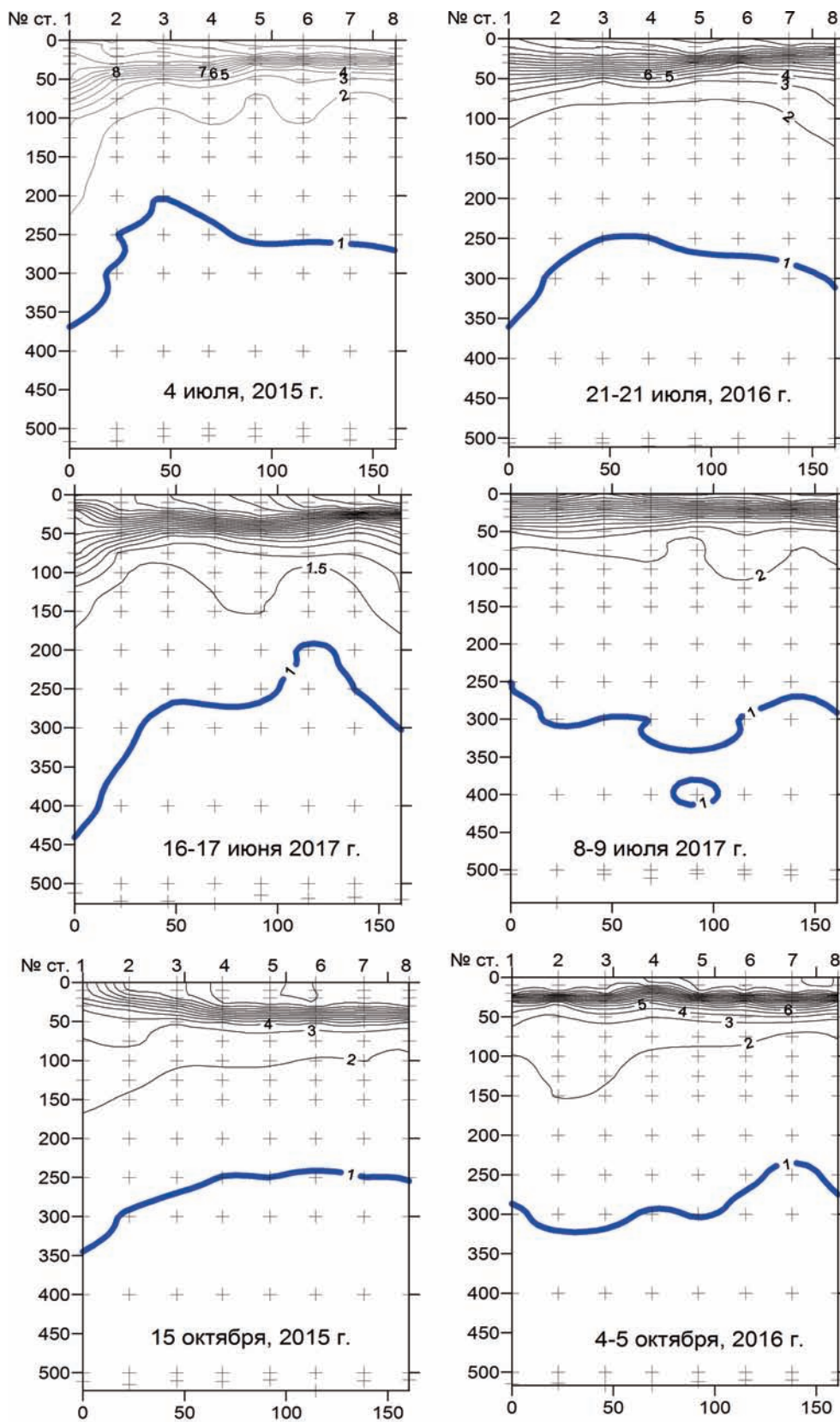


Рис. 14. Температура воды на стандартном разрезе «Сангарский» в северо-западной части Японского моря в июне—октябре 2015—2017 гг.

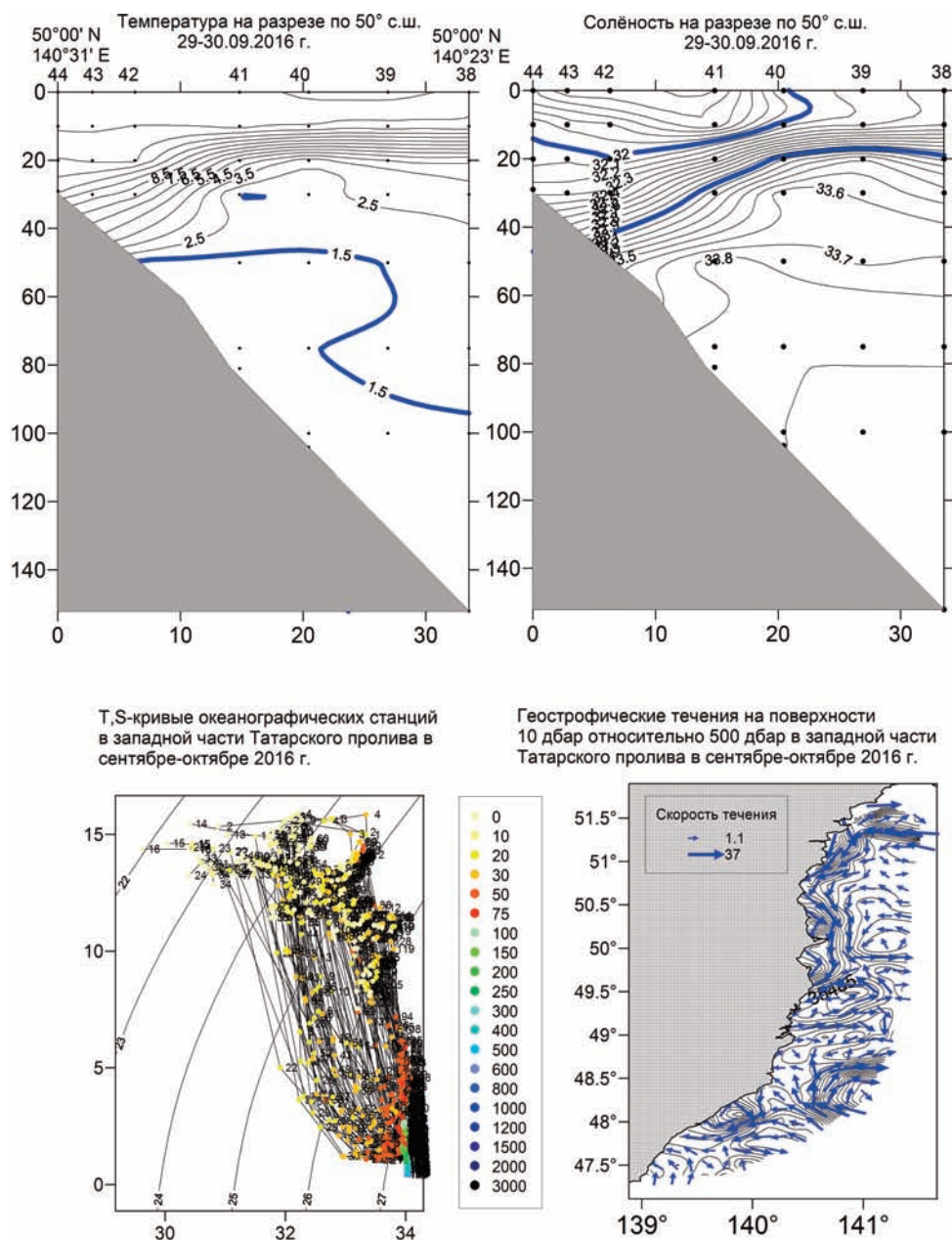


Рис. 15. Океанологические условия в западной части Татарского пролива 22 сентября–27 октября 2016 г.

Эволюция температуры воды и численность промысловых видов рыб. Температура подповерхностного слоя 50–200 м (индикатор термического режима вод северо-западной части Японского моря) в исследуемый период 2015–2017 гг. была выше среднемноголетней. В перспективе появление отрицательных аномалий температуры воды в этом слое может свидетельствовать о смене климато-океанологических условий среды обитания биологических объектов с возможными последствиями

для них. Так, понижение температуры воды на поверхности северо-западной части Тихого океана в 2009–2015 гг. вызвало временный рост численности дальневосточной сардины в 2010–2015 гг. [Булатов и др., 2016]. В то же время произошло синхронное снижение температуры подповерхностного слоя 50–200 м в Японском море в 2010–2015 гг. Такие промысловые объекты как дальневосточная сардина, минтай и скумбрия относятся к «холодолюбивым» видам рыб [Давыдова, 2004], а их высо-

кая численность может быть тождественна стабильным «холодным» климато-океанологическим условиям в дальневосточных морях и северо-западной части Тихого океана. В настоящее время в Японском море наблюдаются стабильные «тёплые» термические условия. Установлено, что тренд температуры воды на «Сангарском» океанографическом разрезе зимой и тренд изменения уловов дальневосточной сардины и минтая в Японском море носят разнонаправленный характер при коэффициенте корреляции, равном $-0,8$ [Дьяков, 2003].

Выводы

В результате мониторинга океанологических условий в северо-западной части Японского моря в 2015–2017 гг. можно сделать следующие выводы:

1. В зимы 2015–2017 гг. существовали однонаправленные положительные линейные тренды среднезимней ледовитости Татарского пролива и интенсивности Сибирского антициклона. Самое суровое предзимье (декабрь) наблюдалось в 2016 г.;

2. В январе 2015 — июле 2016 гг. в юго-западной и западной частях Японского моря существовали отрицательные аномалии поверхностной температуры воды, а на остальной части моря — положительные. В июле 2016 г. отрицательные аномалии температуры воды в Японском море получили наибольшее развитие и в северо-западной части моря. Отрицательные аномалии поверхностной температуры вод Южного Приморья весной и летом 2015–2016 гг. были обусловлены влиянием Дальневосточной депрессии и Охотского антициклона и соответствующим выносом на Приморье холодных воздушных масс;

3. В конце июля 2016 г. произошла перестройка термобарического поля атмосферы. В августе 2016 г. над северо-западной частью Тихого океана господствовал высотный гребень Северотихоокеанского антициклона. Поэтому в поверхностных водах Японского моря произошла смена знака термического поля — в августе стали доминировать положительные аномалии температуры воды. В январе–мае 2017 г. на поверхности южной части Японского моря отмечались высокие положительные аномалии температуры, а в северной части моря и в юж-

ной части Татарского пролива — слабые отрицательные;

4. Область отрицательных аномалий температуры воды зимой в юго-западной части Японского моря по модельным японским данным фиксировалась не только на поверхности, но и на глубинах, по крайней мере, до 100 м. Возможной причиной таких температурных аномалий стало поступление с азиатского материка холодных воздушных масс Сибирского антициклона, а затем генерация в юго-западной части Японского моря процессов зимней глубокой конвекции;

5. В вертикальной стратификации вод Южного Приморья в весенние сезоны 2015–2016 гг. формирование холодного подповерхностного и тёплого промежуточного слоёв различной интенсивности осуществлялось в апреле, а разрушение — в мае, когда в поверхностном слое появлялись новые структурные элементы — термоклин и галоклин;

6. В исследуемые годы температура подповерхностного слоя 50–200 м (как индикатора термического режима и состояния вод) была выше среднелетней в водах Южного Приморья, Татарском проливе и на стандартных разрезах северо-западной части Японского моря;

7. Приморское течение вдоль побережья Южного Приморья распространялось на определённых участках струйным потоком или системой разнонаправленных ветвей. В рассматриваемые годы наблюдалась интенсификация Цусимского и, соответственно, Приморского течений. Возможными причинами могли быть региональные гидрометеорологические условия, вызванные развитием Дальневосточной депрессии, или сопряжённость с термодинамикой вод Цусимского течения через его северную ветвь. Весной 2015–2017 гг. интенсивность Приморского течения была выше в мае по сравнению с апрелем;

8. В весенний период 2015–2017 гг. в структуре вод Южного Приморья отчетливо выделялись две водные массы: северная япономорская и глубинная;

9. В вертикальной термической структуре вод осенью 2016 г. в Татарском проливе отсутствовал холодный подповерхностный слой. В северной части исследуемого района про-

слеживалось течение Шренка ($51^{\circ}30' - 49^{\circ}30'$ с.ш.), а в южной — циркуляция вод была представлена вихревыми образованиями противоположных знаков. На основании среднемноголетних данных термохалинных характеристик Татарского пролива установлено, что термический режим поверхностных вод в 2016 г. можно отнести к норме, а режим подповерхностных вод как близкий к тёплому типу;

10. На стандартных разрезах в северо-западной части Японского моря была отмечена северная япономорская масса. Лишь в марте 2015 г. в крайней юго-восточной части разреза «Сангарский» присутствовали трансформированные тихоокеанские воды;

11. В 2015–2017 гг. температура подповерхностного слоя 50–200 м в северо-западной части Японского моря была выше среднемноголетней, а тип термического режима по объективной классификации можно отнести к тёплому. В этот период величины температуры поверхности моря и подповерхностного слоя 50–200 м изменялись в противофазе. Существующие в настоящее время «стабильные тёплые термические условия» неблагоприятны для воспроизводства минтая, дальневосточной сардины и скумбрии.

ЛИТЕРАТУРА

- Булатов О.А., Котенёв Б.Н., Кровнин А.С. О перспективах новой «сардинной эпохи» в северо-западной части Тихого океана // Вопросы рыболовства. 2016. Т. 17. № 4. С. 385–405.
- Давыдова С.В. Динамика численности основных массовых эпипелагических видов рыб в Японском море во второй половине XX века и факторы, её обуславливающие // Известия ТИНРО. 2004. Т. 137. С. 119–143.
- Дьяков Б.С. О возможной зависимости динамики уловов промысловых рыб и тихо-океанского кальмара в Японском море от атмосферных и гидрологических процессов // Известия ТИНРО. 2003. Т. 135. С. 224–245.
- Дьяков Б.С. Пространственно-временные изменения гидрологических условий в Японском море // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. Владивосток. 2008. 24 с.
- Дьяков Б.С. 2013. Стратификация и структура вод северо-западной части Японского моря весной 2013 г. // Вопросы промысловой океанологии. М.: Изд-во ВНИРО. Вып. 10. С. 224–239.
- Зубов Н.Н. Средние температуры гидрологической станции и гидрологического разреза // Записки по гидрографии. 1926. Т. 51. С. 169–174.
- Крындин А.Н. Сезонные и межгодовые изменения ледовитости и положения кромки льда на дальневосточных морях в связи с особенностями атмосферной циркуляции // Тр. ГОИН. 1964. Вып. 71. С. 5–82.
- Леонов А.К. Японское море // Региональная океанография. Ч. 1. М.: Гидрометеиздат. 1960. С. 291–463.
- Лучин В.А., Манько А.Н. Водные массы. В кн.: Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. VIII. Японское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеиздат. 2003. С. 243–256.
- Покудов В.В., Манько А.Н., Хлусов А.Н. Особенности гидрологического режима вод Японского моря в зимний период // Тр. ДВНИГМИ. 1976. Вып. 60. С. 74–115.
- Радзиховская М.А. Водный и тепловой баланс Японского моря. В кн.: Основные черты геологии и гидрологии Японского моря. М.: АН СССР. 1961. С. 132–145.

REFERENCES

- Bulatov O.A., Kotenyov B.N., Krovnin A.S. 2016. O perspektivah novoy «sardinnoy ehpoi» v severo-zapadnoy chasti Tihogo okeana // Voprosy rybolovstva. T.17. № 4. S. 385–405.
- Davydova S.V. 2004. Dinamika chislennosti osnovnyh massovyh ehpipelagicheskikh vidov ryb v Yaponskom more vo vtoroy polovine HKH veka i faktory, eyo obuslovliyayushchie // Izvestiya TINRO. T. 137. S. 119–143.
- D'yakov B.S. 2003. O vozmozhnoy zavisimosti dinamiki ulovov promyslovyh ryb i tihookeanskogo kal'mara v Yaponskom more ot atmosferyh i gidrologicheskikh processov // Izvestiya TINRO. T. 135. S. 224–245.
- D'yakov B.S. 2008. Prostranstvenno-vremennyye izmeneniya gidrologicheskikh usloviy v Yaponskom more // Avtoref.... dis. kand. geogr. nauk. Vladivostok. 24 s.
- D'yakov B.S. 2013. Stratifikatsiya i struktura vod severo-zapadnoy chasti Yaponskogo morya vesnoj 2013 g. // Voprosy promyslovoj okeanologii. M.: Izd-vo VNIRO. Vyp. 10. S. 224–239.
- Zubov N.N. 1926. Srednie temperatury gidrologicheskoy stancii i gidrologicheskogo razreza // Zapiski po gidrografii. T. 51. S. 169–174.
- Kryndin A.N. 1964. Sezonnye i mezhgodovye izmeneniya ledovitosti i polozheniya kromki l'da na dal'nevostochnykh moryah v svyazi s osobennostyami atmosfernoj cirkulyacii // Tr. GOIN. Vyp. 71. S. 5–82.
- Leonov A.K. 1960. Yaponskoe more // Regional'naya okeanografiya. CHast' 1. M.: Gidrometeoizdat. S. 291–463.

- Luchin V.A., Man'ko A.N.* 2003. Vodnye massy / Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morej. T. VIII. Yaponskoe more. Vypusk 1. Gidrometeorologicheskie usloviya. SPb.: Gidrometeoizdat. S. 243–256.
- Pokudov V.V., Man'ko A.N., Hlusov A.N.* 1976. Osobennosti gidrologicheskogo rezhima vod Yaponskogo morya v zimnij period // Tr. DVNIGMI. Vyp. 60. S. 74–115.
- Radzihovskaya M.A.* 1961. Vodnyj i teplovoj balans Yaponskogo morya // Osnovnye cherty geologii i gidrologii Yaponskogo morya. M.: AN SSSR. S. 132–145.

Поступила в редакцию 30.05.2017 г.
Принята после рецензии 16.08.2017 г.

Results of monitoring of oceanological conditions in the northwestern Japan Sea in 2015–2017

B.S. Djakov, V.I. Matveev

Pacific Research Fisheries Centre (FSBSI «TINRO-Centre»), Vladivostok

In the present paper based on the sea surface temperature data, deep water oceanographic observations in the waters of the southern Primorye and the Tatar Strait, a study of the thermohaline and dynamic conditions of the aquatic biological resources habitat was carried out on standard sections of the northwestern Japan Sea in 2015–2017. The identified features of the Oceanographic structure during these years, their differences made the assessment of status and regime of the waters. Determined that the average winter ice coverage of the Tatar Strait during explored years had a linear positive trend. It is shown that the cold subsurface and warm intermediate layers existed in the vertical structure of the southern Primorye waters in April. In May, these layers were destroyed, or their residual features were observed. T, S-analysis of water masses at stations in the South Primorye area and standard sections in the northwestern Japan Sea revealed the northern Japan Sea and the deep water masses of water system of the Primorsky and South Primorsky currents. Based on the criterion of thermal regime of the northwestern Japan Sea waters — the subsurface layer (50–200 m) average temperature, it was established that the sea thermal regime is referred to a warm type in the years under study.

Keywords: Japan Sea, ice coverage, currents, structure, front, section, temperature, salinity, layer, water regime, anomaly.