

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОДВ.В. Мороз¹, Т.А. Шатилина²¹Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
ул. Балтийская 43, г. Владивосток, 690041,
e-mail: pacific@vlad.ru²Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
пер. Шевченко 4, г. Владивосток, 690091,
e-mail: tinro@tinro-center.ru

С использованием массивов гидрологических и метеорологических данных полувекового периода наблюдений в районе пролива Лаперуза и прилегающей акватории Японского моря исследованы особенности термohалинной структуры вод. Выявлена зависимость формирования структуры вод от изменчивости водообмена и атмосферных процессов. Показана связь аномальных гидрологических условий в северо-восточной части Японского моря с Охотским антициклоном и вторжениями охотоморских вод при прохождении над районом глубоких циклонов в летний период. Ситуации резкого изменения термических условий отрицательно отражаются на условиях обитания гидробионтов.

Ключевые слова: Японское море, пролив Лаперуза, структура вод, вторжения охотоморских вод, Охотский антициклон.

Введение

Северо-восточная акватория Японского моря, прилегающая к побережью о. Сахалин, и зона пролива Лаперуза – богатый биологически ресурсами район активного промысла и перспективного освоения шельфа. В то же время это сложный в океанологическом отношении район, особенности гидрологии которого определяются комплексом структурообразующих элементов, таких как муссонный характер атмосферных процессов с сезонным ходом направления ветров; приливные явления; перераспределение океанологических характеристик на акватории системой течений на фоне сложной топографии. Особенности гидрологического режима определяют здесь локальные условия обитания гидробионтов. Однако до сих пор остаются открытыми вопросы, касающиеся понимания причин экстремальных гидрологических условий, в частности – аномальных похолоданий вод в северо-восточной зоне Японского моря в летний период.

Еще при первых наблюдениях аномальных похолоданий прибрежных вод в июне–июле [6] отмечалось, что резкая смена термических условий в данном районе губительно отражается на нагуливающейся здесь в эти месяцы молодежи анчоуса, скумбрии, сельди и кальмаров. Было высказано предположение, что аномалии связаны

с прохождением глубоких циклонов, когда над проливом Лаперуза и заливом Анива создается система смены ветров по схеме север–восток–юг. При этом было выявлено еще с первых исследований во времена С.О. Макарова в конце XIX в. и подтверждено современными исследованиями [5, 7], что у южной оконечности о. Сахалин в проливе существует отрицательная температурная аномалия, которую питают холодные воды Охотского моря, поступающие сюда, как предполагается, с приливом. При исследовании причин аномальных похолоданий прибрежных вод у юго-западного побережья о. Сахалин было также высказано предположение, что при сильных восточных ветрах над юго-западной частью Охотского моря после прохождения южных циклонов возможно поступление холодных вод к юго-западной оконечности о. Сахалин [6]. Однако в течение летнего сезона через Японское море проходит иногда по 2 глубоких циклона в месяц, и только один из них оказывается «роковым». Проведенные ранее исследования, в том числе анализ синоптических материалов, не дали каких-либо особых черт именно этих циклонов [5–7].

Ввиду важности освоения биоресурсов района нерешенные до настоящего времени вопросы, касающиеся понимания особенностей гидрологических условий района, требуют тщательного изу-

чения. Целью данной работы является выявление механизмов формирования аномальных гидрологических условий в июле (периоде, во многом определяющем здесь условия выживаемости молодежи промысловых объектов) с учетом указанных структурообразующих элементов района.

Материалы и методы исследований

В работе использованы: массив гидрологических данных, полученных на основе натуральных измерений с шагом 10 км в 100-мильной шельфовой зоне о. Сахалин за полувековой период с 1948 г. [2]; ежедневные карты полей приземного атмосферного давления и геопотенциала на изобарической поверхности AT_{500} гПа в июле (архивы JMA); данные аномалий температуры воды на поверхности моря (<http://www.esrl.noaa.gov>).

Для изучения изменчивости термохалинных характеристик структуры вод в проливе Лаперуза и прилегающих акваториях применен классический метод анализа T,S-кривых, построенных в узлах сетки с шагом 10 км, а также проанализировано распределение среднесезонных полей температуры и солености на картах и разрезах за период летнего сезона (июль-сентябрь) с учетом экспедиционных наблюдений. Для оценки изменчивости температуры вод в зоне пролива и прилегающих акваториях в период прохождения глубокого циклона были привлечены данные динамики температурных аномалий.

Оценка изменчивости атмосферной циркуляции в периоды аномальных гидрологических условий основана на визуализации и сопоставлении ежедневных карт полей приземного атмосферного давления и геопотенциала на изобарической поверхности AT_{500} гПа.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований термохалинной структуры вод установлено, что в исследуемом районе в летний период наблюдаются воды субтропического и субарктического типов термохалинной структуры, имеющих ряд модификаций (табл.), связанных с особенностями их формирования. Субтропическая япономорская структура вод (СтЯ) формируется в зоне теплого Цусимского течения (япономорской ветви течения Курисио, переносящего воды субтропической структуры), и с восточной ветвью течения распространяется в северо-восточной части Японского моря к юго-восточному побережью о. Сахалин. Субарктическая япономорская структура вод (СаЯ) формируется в северной части Японского моря в Татарском проливе, гидрологический режим которого определяется более суровыми климатическими условиями, чем на основной акватории моря. Субарктическая охотоморская структура вод (СаО) формируется в охотоморской акватории и распространяется в прилегающем к проливу заливе Анива. Согласно системе циркуляции вод залива Анива [1], возможно поступление этих вод в северо-восточную зону пролива Лаперуза. В период летнего муссона в среднем характерно максимальное распространение на акватории района вод субтропической структуры с повышенными значениями термохалинных характеристик, переносимых Цусимским течением. Воды субарктической структуры имеют минимальное распространение – лишь в прибрежной северной зоне пролива.

Наиболее высокими значениями температуры и солености отличается субтропическая японо-

Термохалинные характеристики структуры вод северо-восточной части Японского моря и прилегающей акватории пролива Лаперуза в летний период

Таблица

Thermohaline characteristics of water structure in La Perouse Strait and the adjacent area of the Japan Sea in summer

Table

Водные массы	СтЯ			СаЯ			СаО		
	T, °C	S, ‰	H, м	T, °C	S, ‰	H, м	T, °C	S, ‰	H, м
Поверхностная	17.0–20.0	33.80–33.90	0–50	14.0–17.0	33.00–33.50	0–30	11.0–16.0	32.00–32.80	0–20
Подповерхностная (придонная)	10.0–16.0	33.90–34.05	50–200	5.5–13.0	33.30–33.80	30–100	5.0–10.0	32.50–33.30	20–50

Примечание: T, °C – температура, S, ‰ – соленость, H, м – глубина

морская структура вод (СтЯ), а особенно низкими значениями – субарктическая охотоморская (СаО), что определяется источниками их формирования.

В условиях мелководности акватории (около 100 м) вся толща вод представляет собой деятельный слой, подверженный комплексному влиянию изменчивости атмосферных процессов и динамики вод.

Муссонный характер атмосферной циркуляции с преобладанием ветров южных румбов в теплый период года – один из наиболее значимых факторов, определяющих распространение выделенных модификаций структуры вод. В июне–июле район северо-востока Японского моря находится под влиянием дальневосточной депрессии, а юго-западная часть Охотского моря – под влиянием области высокого давления Охотского антициклона [3, 4].

С развитием летнего муссона при ветрах южных румбов в июле увеличивается распространение теплых соленых вод субтропической структуры в северной акватории Японского моря вплоть до юго-западного побережья о. Сахалин, создавая здесь благоприятные условия обитания гидробионтов. В августе–сентябре воды субтропической структуры распространяются практически по всей акватории пролива Лаперуза с течением Соя. Как правило, лишь в северной прибрежной

зоне пролива наблюдаются воды субарктической структуры.

Проведенный нами анализ многолетней изменчивости значений поверхностной температуры воды в июле за период 1985–2015 гг. в зоне течения Соя и в северной зоне пролива Лаперуза показал, что на фоне тенденции увеличения температуры воды в зоне течения Соя в отдельные годы наблюдается как повышение, так и понижение значений температуры (рис. 1). Это свидетельствует о том, что имеет место как усиление, так и ослабление теплого течения Соя.

Вместе с тем инструментальными наблюдениями были выявлены неоднократные ситуации резкого ослабления течения Соя, сопровождающиеся быстрым понижением температуры воды в проливе [5]. При этом высказано мнение о возможности проникновения холодных охотоморских вод с приливом в прилегающую япономорскую акваторию.

Проведенный нами совместный анализ синоптических ситуаций и изменчивости поля поверхностной температуры в зоне пролива Лаперуза подтвердил высказанное ранее мнение, что механизм формирования данных температурных аномалий связан со значительным проникновением холодных охотоморских вод через пролив и далее в зону япономорской акватории к юго-за-

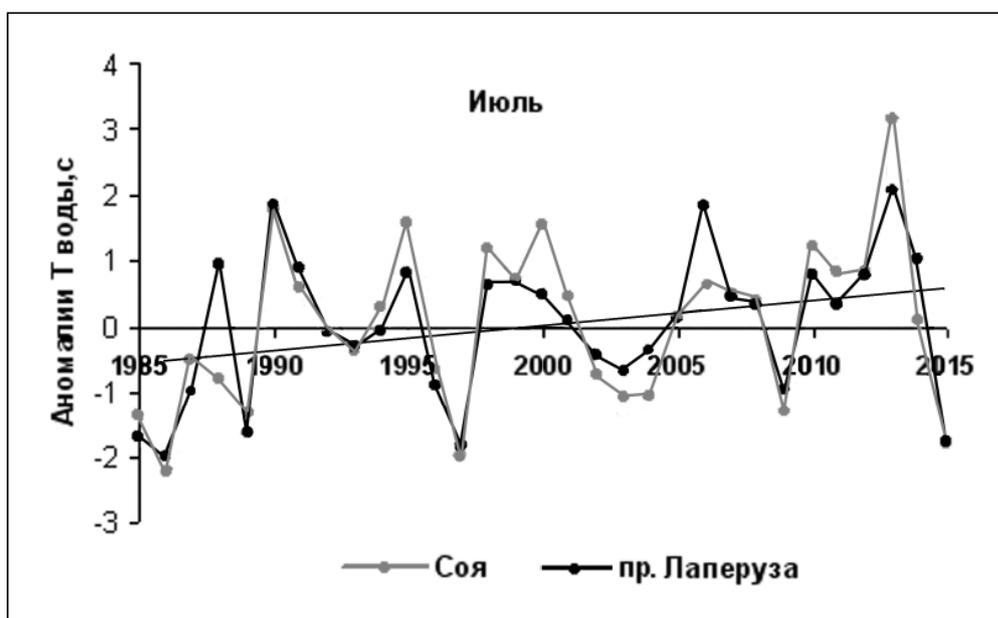


Рис. 1. Межгодовая изменчивость аномалий температуры воды в северной зоне пролива Лаперуза и в зоне течения Соя (июль)

Fig. 1. Changeability of water temperature anomalies in LaPerous Strait and Soya current (July)

падному побережью о. Сахалин в результате прохождения глубоких циклонов над островами Японии. Вместе с тем нами было установлено, что во вторжениях холодных вод важную роль играют региональные особенности атмосферных процессов и состояние температурного фона подстилающей поверхности в прилегающей к проливу акватории Охотского моря.

Так, 14–16 июля 2015 г. отмечалось прохождение глубокого южного циклона через северную часть Японии, сопровождаемое изменением южных направлений ветра на восточное в зоне пролива Лаперуза, что вызвало 16–17 июля 2015 г. заток холодных менее соленых охотоморских вод в пролив и в зону япономорской акватории (рис. 2). Отрицательные аномалии температуры у юго-западного побережья о. Сахалин составляли около 5 °С за двое суток. Подобная ситуация нами обнаружена также и в июле 2011 г. [8].

Следует отметить, что в летний период 2015 г. наблюдались отрицательные аномалии температурного фона и в проливе Лаперуза (рис. 1), что связано с формированием отрицательного температурного фона южно-охотоморской акватории.

Как нами ранее было установлено, формирование отрицательного температурного фона южно-охотоморской акватории наблюдается при активном развитии Охотского антициклона и тропосферной ложбины над Охотским морем и северной частью Татарского пролива [3, 4]. Охотский антициклон – область высокого давления, наблю-

даемая с мая по август с максимальной интенсивностью развития в июне-июле. В формировании летней погоды на Дальнем Востоке роль области высокого давления над Охотским морем и прилегающими к нему районами является определяющей [4]. При наличии области высокого давления над Охотским морем происходит вынос холодного и близкого к состоянию насыщения морского воздуха на Сахалин, в прибрежные районы Приморского и Хабаровского краев, в северную Японию. Повторяемость антициклональной циркуляции над Охотским морем от года к году подвержена значительным колебаниям, так же, как и положение области высокого давления над морем. Эти колебания и являются одной из причин аномалий летней погоды на Дальнем Востоке. Поле высокого давления над акваторией Охотского моря в июне и в июле является преобладающим. Это позволяет говорить об Охотском антициклоне (японские метеорологи иногда заменяют его термином «северный антициклон») как об одном из летних центров действия атмосферы в Восточной Азии [3, 4].

Активно развитый Охотский антициклон блокирует перемещения южных глубоких циклонов в направлении Охотского моря. Вместе с тем имеет важное значение расположение данной области высокого давления над морем. При развитии Охотском антициклоне, располагающемся над западной и юго-западной частями Охотского моря, траектории южных циклонов проходят над островами Японии таким образом, что северная

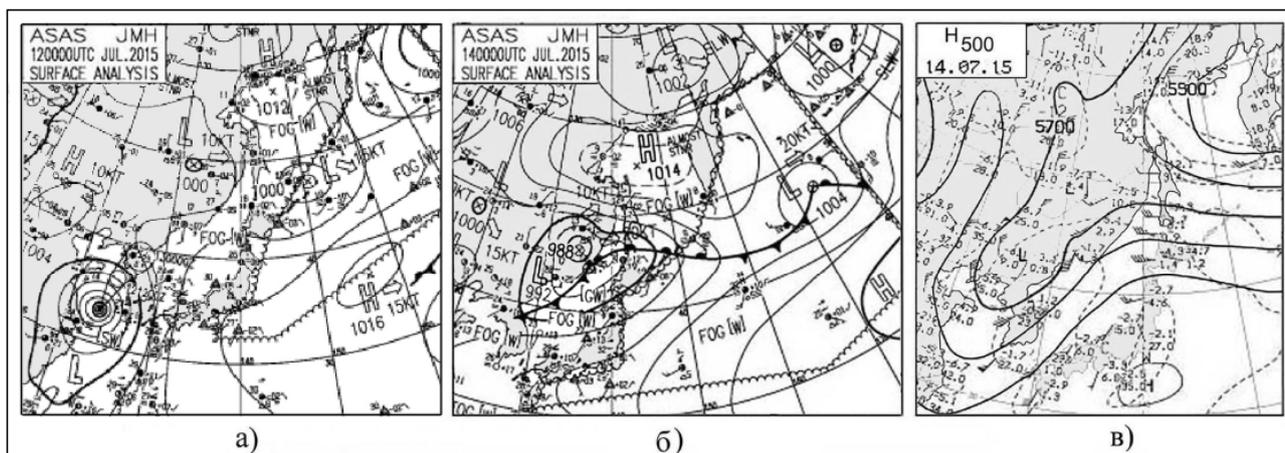


Рис. 2. Поле приземного давления до подхода южного циклона (а), поле приземного давления (б) и геопотенциала H_{500} (в) при прохождении циклона над Японией 14.07.2015 г.

Fig. 2. Surface pressure field until the arrival of the southern cyclone (a), surface pressure field (b) and geopotential H (b) with the passage of the cyclone over Japan (14.07.2015)

периферия циклона может пересекать зону пролива (как это наблюдалось при прохождении глубокого южного циклона 14–16 июля 2015 г., рис. 2).

Пересечение северной периферии циклона зоны пролива вызывает здесь резкое изменение направления ветров с южного на восточное. Изменчивость ветровых условий, в свою очередь, в значительной мере (ввиду мелководности пролива – менее 100 м) определяет развитие и направление циркуляции вод. Быстрое изменение направления ветра на фоне кратковременного изменения поля атмосферного давления способствует быстрому вторжению в пролив холодных охотоморских вод, создавая препятствия проникновению вод субтропической модификации с течением Соя. С продвижением циклона через южную часть Охотского моря далее в океан направление ветра в зоне пролива и прилегающей акватории восстанавливается на южное. Ветры южных румбов способствуют проникновению к юго-западному берегу о. Сахалин вторгшихся через пролив в Японское море охотоморских вод, о чем наглядно свидетельствует динамика температурных аномалий при прохождении южного циклона в июле 2015 г. (рис. 3).

Вторжение охотоморских вод, значительно отличающихся по своим термохалинным характеристикам от вод субтропической структуры, резко (за 1–2 суток) изменяет здесь условия среды обитания гидробионтов, приводя к катастрофическим последствиям для них.

Необходимо также учесть важную роль приливо-отливных процессов, имеющих место в проливе Лаперуза. По оценкам инструментальных

измерений, скорости приливных течений в проливе Лаперуза достигают 3–4 м/с и особенно велики в северной части пролива [5]. Как и при сильном восточном ветре, приливные течения могут перекрывать поток теплого течения Соя и выносить холодные охотоморские воды в Японское море, при этом скорости приливных течений могут быть выше скорости течения Соя. Кроме того, скорости приливных течений увеличиваются, когда смешанные приливы приобретают черты суточного, соответственно увеличивается и дальность распространения этих вод из пролива. При совпадении с фазой прилива вторжения охотоморских вод могут значительно усиливаться.

Следовательно, изменчивость региональных приливных процессов является также одним из важных составляющих в комплексе факторов, определяющих аномальные гидрологические условия в северо-восточной части Японского моря и проливе Лаперуза, в частности – аномальные вторжения охотоморских вод через пролив.

Заключение

В результате проведенных исследований выявлена структурообразующая роль пролива Лаперуза в формировании особенностей гидрологических условий прилегающей япономорской акватории.

Установлено, что на фоне тенденции увеличения температуры воды течения Соя за период 1985–2015 гг. в начале летнего периода (в июле) в проливе и у юго-западного побережья о. Сахалин имеют место резкие похолодания вод, связанные с аномальными вторжениями холодных охотоморских вод, приводящие к неблагоприятным резким

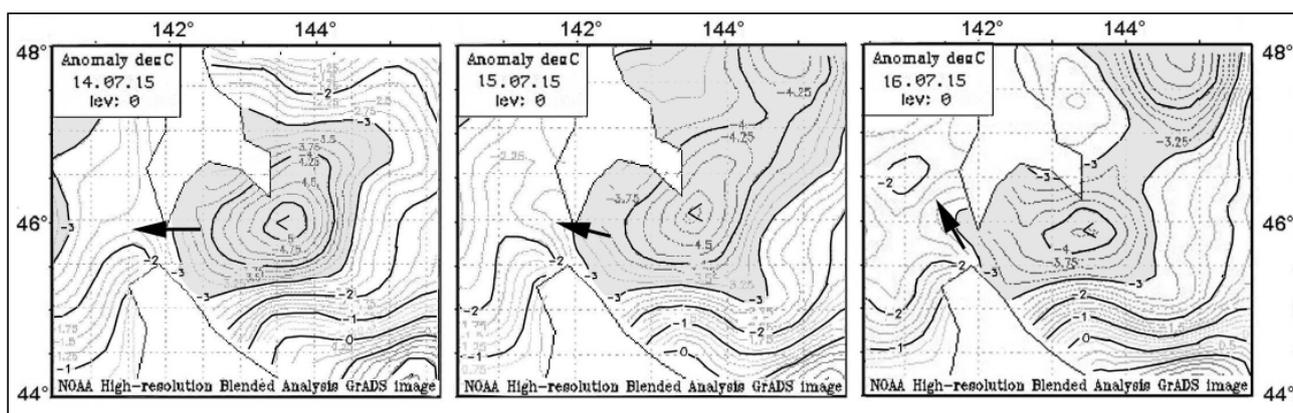


Рис. 3. Динамика температурных аномалий 14–16.07.2015 г. в проливе Лаперуза и прилегающих акваториях в результате прохождения циклона (стрелками показано направление ветра)

Fig. 3. Dynamics of temperature anomalies 14–16.07.2015 in the LaPerous Strait and adjacent areas as a result of the cyclone (the arrows indicate the direction of the wind)

изменениям условий среды обитания гидробионтов. Выявлен комплекс обуславливающих это явление факторов.

Нами обнаружено, что одним из важных факторов является структура атмосферных полей – активное развитие Охотского антициклона, способствующего выносу холодных арктических воздушных масс на акваторию Охотского моря и понижению температурного фона южно-охотоморской акватории.

Показано, что активное развитие Охотского антициклона и расположение данной области высокого давления над Охотским морем определяет траектории проходящих над островами Японии глубоких южных циклонов. При положении области высокого давления над западной и юго-западной частями Охотского моря траектории южных циклонов проходят таким образом, что северная периферия циклона пересекает зону пролива Лаперуза. Такое прохождение циклонов приводит к резкому изменению характерного направления установившихся муссонных ветров в проливе и аномальному вторжению холодных охотоморских вод через пролив к юго-западному побережью о. Сахалин.

Установлено, что важным составляющим фактором формирования аномальных гидрологических условий у юго-западного побережья о. Сахалин является изменчивость регионального характера приливов. При совпадении с фазой прилива вторжения охотоморских вод могут значительно усиливаться.

Полученные результаты исследования следует учитывать при прогнозировании аномальных гидрологических условий в данном экономически

значимом районе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Будаева В.Д., Макаров В.Г., Мельникова И.Ю. Диагностические расчеты стационарных течений в заливе Анива и проливе Лаперуза // Тр. ДВНИГМИ. 1980. Вып. 87. С. 66–78.
2. Пищальник В.М., Бобков А.О. Океанографический Атлас шельфовой зоны острова Сахалин: в 2 ч. Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2000.
3. Шатилина Т.А., Кравченко Р.Б. Результаты классификации временного ряда температуры воды в Южно-Курильском районе и связь с региональными атмосферными индексами // Известия ТИНРО. 2013. Т. 172. С. 208–223.
4. Шатилина Т.А., Цициашвили Г.Ш., Радченкова Т.В. Оценка тенденций изменчивости центров действия атмосферы над Азиатско-тихоокеанским регионом в летние периоды 1950–1979 и 1980–2012 гг. // Метеорология и гидрология. 2016. № 1. С. 17–28.
5. Шевченко Г.В., Кантаков Г.А., Частиков В.Н. Анализ данных инструментальных измерений течений в проливе Лаперуза // Известия ТИНРО. 2005. Т. 140. С. 203–227.
6. Шелегова Е.К. Случаи резкого похолодания вод в летний период у юго-западного берега Сахалина // Известия ТИНРО. 1960. Т. 46. С. 249–251.
7. Danchenkov M.A., Aubrey D., Riser S. Oceanographic features of La Perouse Strait // PICES Scientific Reports. Sidney, Canada. 1999. N 12. P. 159–171.
8. Moroz V.V., Rudykh N.I. Water characteristics variability in the north-east part of Japan Sea // 18th PAMS Meeting. JAPAN, Naha. April. 2015. P. 116.

FEATURES OF THE HYDROLOGY CONDITIONS CHANGEABILITY IN THE NORTHEAST JAPAN SEA IN SUMMER

V.V. Moroz, T.A. Shatilina

Using the hydrological and meteorological data of the fifty-year observations in La Perouse Strait and adjacent part of the Japan Sea, the authors investigated the peculiarities of thermohaline structure of waters. It was revealed the dependence of waters structure formation on changeability of the water exchange and atmospheric processes. The observations show the relationship between the abnormal hydrological conditions in the North-Eastern part of the Japan Sea and the Okhotsk anticyclone and the Okhotsk sea water intrusion, due to deep cyclones passing over the area in summer. A sharp change of thermal conditions has negative impact on hydrobionts.

Keywords: Japan Sea, La Perouse Strait, water structure, Okhotsk Sea water intrusion, Okhotsk anticyclone.