_____ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ _ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

СТРУКТУРА ВОД В ПЕРИОД НАГУЛЬНЫХ МИГРАЦИЙ ТИХООКЕАНСКОГО КАЛЬМАРА В ЯПОНСКОМ МОРЕ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

© 2025 г. А. А. Никитин^{1,} *, И. Л. Цыпышева¹, Н. М. Мокрин¹

¹Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО), Владивосток, Россия *E-mail: aleksandr.nikitin@tinro.vniro.ru Поступила в редакцию 01.08.2024 г.

По данным архива температуры поверхности моря за 2018-2023 гг., восстановленной по данным спутников AOUA, TERRA (спектрорадиометр MODIS), с пространственным разрешением 1 км, полученной и обработанной в Центре коллективного пользования Регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН, были проанализированы термические и динамические условия вод северо-западной части Японского моря и рассмотрены районы ярусного (джиггерного) промысла тихоокеанского кальмара в Японском море. Анализ спутниковых материалов позволил выявить в поле пространственного распределения температуры поверхности моря элементы термической структуры, в которых успешно велся лов тихоокеанского кальмара. В первую очередь формирование районов промысла кальмара зависели от развития или ослабления ветвей Цусимского и Приморского течений, наличия мезомасштабных вихревых структур в их водах. Скопления кальмара в большинстве случаев были приурочены к районам вихревого апвеллинга. Максимальные уловы сосредоточены на периферии субтропических антициклонических вихрей, граничащих с субарктическими водами. Если вихрь имел спиралевидную структуру, то скопления в основном были сосредоточены в центре вихря. Если заток субтропических вод принимал форму грибовидного течения, то крупные уловы в основном отмечались в струе течения и в зонах антициклонического и циклонического завихрения диполя. Во фронтальной зоне субтропических и субарктических вод районы промысла кальмара находились с теплой стороны Субарктического (Полярного) фронта.

Ключевые слова: Японское море, тихоокеанский кальмар (*Todarodes pacificus*), спутниковая информация, температура, вихри, адвекция, струйные течения, грибовидные течения

DOI: 10.31857/S0205961425010063, EDN: DHZZWE

ВВЕДЕНИЕ

Тихоокеанский кальмар (Todarodes pacificus) один из массовых видов эпипелагиали северозападной части Тихого океана, имеющий важное промысловое значение в странах АТР. В годы высокой численности биомасса вила в исключительно экономической зоне (ИЭЗ) России Японского моря составляла до 79-97% от общего учтенного запаса нектона (Шунтов, 2016). Этот вид характеризуется коротким жизненным циклом (около 1 года), наличием протяженных миграций (рис. 1), охватывающих Восточно-Китайское, Японское, Охотское моря и тихоокеанские воды Японии и Курильских о-вов, а также значительными колебаниями численности (Мокрин, Хен, 2004; Gong at al., 2007; Kidokoro at al., 2010; Sakurai at al., 2013). С уменьшением численности кальмара менялась и география районов промысла.

Ранее основные характеристики среды для формирования скоплений кальмаров изучались

только с помощью контактных океанологических измерений (Мокрин, Слободской, 1998; Дьяков, 2003; Савиных и др., 2003; Mokrin at al., 2002; Новиков и др., 2007). С появлением новых алгоритмов обработки спутниковых сигналов возникла возможность давать не только качественную, но и количественную оценку температуры воды в морях на основе спутниковых измерений (Алексанин, Алексанина, 2006). Спутниковые изображения морской поверхности и результаты их обработки используются в качестве информационных источников, характеризующих гидрологические особенности среды обитания гидробионтов, прежде всего температуры воды. Важное экологическое значение температуры воды объясняется ее существенным влиянием на все без исключения биологические процессы в море, начиная с продуцирования первичного органического вещества и кончая поведением промысловых скоплений гидробионтов. Карты температуры поверхности Японского моря (ТПМ), построенные на основе



Рис. 1. Распространение тихоокеанского кальмара в северо-западной части Тихого океана: a — основа ареала, δ — область размножения, пути миграций тихоокеанского кальмара в Японском море в весенне-летний (s) и осенний (z) периоды (по Kasahara, 1978).

данных спутникового мониторинга, позволяют, прежде всего, оценить состояние и динамику температурных условий промыслового района, оценить пространственно-временную изменчивость проявлений океанической циркуляции: течений, фронтальных зон, меандров и вихрей различных масштабов (Гинзбург и др., 1998; Никитин, 2006; Никитин, Юрасов, 2008). Вихревой апвеллинг, который возникает на границе вихрей, рассмотрен как механизм для создания благоприятных условий для образования промысловых скоплений сайры (Белоненко, Козуб, 2018), но этот механизм также можно рассматривать и для промысловых скоплений тихоокеанского кальмара.

Положение теплых вихрей обуславливают пути миграции не только пелагических видов рыб, но и влияют на распределение кальмара. Вихреобразование может указывать на начало миграции и определять сроки ее окончания (Никитин и др., 2004; Булатов и др., 2008; Самко, Булатов, 2014). Целью данной работы являлось выделить по спутниковой информации элементы структуры вод, в которых наблюдались наибольшие уловы ТК, для улучшения краткосрочного прогнозирования районов промысловых скоплений в период путины.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели проводилось сопоставление районов ярусного (джиггерного) промысла ТК в подзоне Приморье Японского моря (по судовым суточным данным системы ЦСМС Росрыболовства, судосуточные уловы даны в тоннах) и элементов гидрологической обстановки в Японском море, полученных в результате дешифрирования инфракрасных спутниковых изображений в период путины 2018-2023 гг. Использовался архив температуры поверхности моря (ТПМ), восстановленной по данным спектрорадиометра MODIS (спутники AQUA, TERRA) в инфракрасном диапазоне спектра с пространственным разрешением 1 км. Данные получены и обработаны в Центре коллективного пользования Регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН (ЦКП). Дополнительно велся мониторинг и исследования в Японском море, проводились путем анализа суточной спутниковой информации ТПМ и ее аномалий. Данные получены на Copernicus Marine Service (URL: http:// marine.copernicus.eu). Аномалии рассчитывались исходя из нормы за 1981-2010 гг.

Для анализа температурного режима вод северо-западной части Японского моря были вы-



Рис. 2. Пространственное распределение температуры поверхности воды (*a*) и ее аномалии (*b*) 16.08.2019 г. (URL: http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/) и распределение температуры воды в июле-августе (*в*) на меридиональных разрезах по 132° в.д. (P.1), 135° в.д. (P.2), 138° в.д. (P.3), 141° в.д. (P.4) и на зональных разрезах по 42° с.ш. (P.5) и 47° с.ш. (P.6).

браны меридиональные разрезы по 132° в.д. (P.1), 135° в.д. (P.2), 138° в.д. (P.3), 141° в.д. (P.4) и зональные разрезы по 42° с.ш. (P.5) и 47° с.ш. (P.6) (рис. 2a, δ). Принцип выбора разрезов был связан с положением интенсивных теплых потоков, которые совпадают с прохождением нагульных миграционных потоков пелагических видов рыб и кальмаров, а также связанных с районами промысла. Характеристика температурного режима районов промысла в северо-западной части Японского моря анализировалась по графикам изменения температуры воды на указанных разрезах в каждой декаде (рис. 2e).

Выделив положение интенсивных теплых потоков (рис. 3*a*), которые могут совпадать с прохождением миграционных потоков пелагических видов рыб и кальмаров, мы выделяли далее гидрологические элементы структуры вод в поле температуры, на участках которых велся промысловый лов ТК (рис. 3*б*). Для визуализации про-

странственного распределения ТПО по спутниковой информации использовалась программа Glance 1.95. При визуально-ручном дешифрировании, проводя коррекцию яркостных порогов снимков по гистограмме, добивались проявления водных масс по цвету. При этом наблюдались аномалии состояния морской поверхности, такие как мезомасштабные вихри и струйные грибовидные течения с вихревым диполем на конце, термические неоднородности апвеллинговых явлений. Например, на рисунке 4а показана более четкая структура спиралевидного антициклонического вихря (вихря закручивания) на спутниковом изображении при установлении нижнего барьера по температуре 16° С. По этому снимку строилась карта-схема (рис. 4б).

Однако не всегда в поле температуры воды четко выделялись вихревые структуры из-за прогрева поверхностного слоя океана, в этом случае



Рис. 3. Пространственное распределение температуры поверхности моря и места лова тихоокеанского кальмара (слева) (URL: http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products) и карта-схема термической структуры вод, построенная по данным спутниковых наблюдений с районами промысла кальмара в Японском море (справа). Условные обозначения: А – антициклонический вихрь; О – районы уловов ТК; ● – места максимальных уловов (т).



Рис. 4. Фрагмент пространственного распределения температуры поверхности моря, восстановленной по данным спутника MODIS/Terra за 19.09.2020 г. 12:38 UTC (*a*), фрагмент карты-схемы, построенной по результатам дешифрирования спутникового снимка за 19.09.2020 г. (*б*); пространственное распределение температуры поверхности моря (*в*) и хлорофилла-*a* (*z*) за 20.04.2021 г. 3:36 UTC (MODIS/Aqua).

дополнительно использовалась информация оптического диапазона спектра — пространственное распределение хлорофилла-*а* для выделения границ вихрей при построении карт-схем. Такой параметр верхнего слоя морской воды также является достаточно хорошим индикатором течений, вихревых образований, служит для характеристики водных масс. Наблюдалось обильное развитие фитопланктона в прохладных субарктических водах Приморского течения и слабое в субтропических теплых водах Цусимского течения (рис. 4*в*, *г*). Во фронтальной зоне при взаимодействии этих вод на спутниковых снимках наблюдается вихреобразование. По результатам дешифрирования спутниковых снимков строились схематические карты распределения термической структуры поверхностных вод, на них наносилось положение промысловых судов. На картах места тралений с максимальным уловом обозначены заштрихованными кружками, овалами — районы, где работало несколько судов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Многолетние спутниковые наблюдения показывают, что динамика водных масс осуществляется струйными течениями, в вершине которых образуется вихревой диполь (слева по движению циклонический вихрь, справа – антициклонический). Такая когерентная структура называется грибовидным течением (Федоров, Гинзбург, 1988). Промысел тихоокеанского кальмара в июле-августе 2018-2023 гг. начинался при усилении адвекции субтропических вод с выходом тропических циклонов в зону Японского моря. Ветви Цусимского и Восточно-Корейского течений были ориентированы в северном, северо-западном направлении. Струйные течения проникали как в район залива Петра Великого (ЗПВ), так и в прибрежье среднего и северного Приморья, в южную часть Татарского пролива.

В начале августа 2018 г. промысел ТК в основном велся как на прибрежном фронте мористее зал. Ольги (вылов 0.55 т) при температуре $17-18^{\circ}$ С, так и восточнее, в антициклоническом вихре мезомасштабного грибовидного течения (0.43 т), отходящего от основного потока Цусимского течения, при температуре $20-21^{\circ}$ С (рис. 5*a*). В начале сентября 2018 г. промысловые скопления ТК (вылов до 1.7 т) отмечались в квазистационарных антициклонических вихрях. Вторжение вод Цусимского течения в юго-восточную часть Татарского пролива привело к формированию в районе о. Монерон мезомасштабного антициклонического вихря

грибовидного течения, в котором отмечен успешный лов ТК от 13 до 31 т (рис. 56). Промысловые скопления ТК отмечались в антициклоническом вихре вблизи о. Монерон, который имел спиралевидную форму, при этом наибольший вылов 5.6 т отмечен внутри вихря при температуре 18°С. После воздействия северо-западных ветров происходило обострение прибрежного фронта, проявлялись апвеллинговые явления (рис. 56). Вылов ТК на этом фронте составлял 5.2 т. В конце сентября 2018 г. промысел продолжался на прибрежном фронте при усилении адвекции субтропических вод. Значительный вылов 5.6 т фиксировался в циклоническом вихре образовавшегося вблизи побережья крупного диполя (рис. 5г). Другой участок промысла наблюдался юго-западнее в антициклоническом вихре мезомасштабного грибовидного течения на границе с субарктическими прибрежными водами. Максимальный улов был 1.7 т на "шляпке гриба".

В первой декаде октября 2018 г. район промысла кальмара в северном Приморье оставался в потоке теплого течения в крупном антициклоническом вихре и вблизи струи, подпитывающей его (рис. 5*д*). Уловы составляли от 0.2 до 0.5 т. Мак-



Рис. 5. Карты-схемы термической структуры вод, построенные по данным спутниковых наблюдений с районами промысла кальмара в Японском море за август-октябрь 2018 г. Условные обозначения: А – антициклонический вихрь; О – уловы ТК (т); ● – места с максимальными уловами (т).

симальный улов 1.5 т наблюдался в циклоническом вихре мезомасштабного грибовидного течения, направленного к берегу в северо-западном направлении (температура воды 17°С). Уловы кальмара отмечались вблизи мезомасштабной упаковки грибовидных вихрей (максимальный улов 0.5 т) и около антициклонического вихря ближе к берегу при температуре воды 17°С. В дальнейшем районы промысла сместились в южном направлении (рис. 5*e*). Максимальный улов кальмара 1.1 т отмечался в водах потока с востока. Меньшие уловы (0.7 т) отмечались южнее, около 41° с.ш. В струйных течениях теплых вод (14–17°С), подходящих к побережью, уловы кальмара составляли 0.1–0.5 т.

В 2019 г. основная причина слабых подходов кальмара на нагул в прибрежные районы Приморья и Татарского пролива была связана с интенсивным Приморским течением и слабой адвекцией субтропических вод к прибрежью летом и осенью. Так, в начале августа 2019 г. промысел ТК велся южнее зал. Ольга на южной периферии мезомасштабного антициклонического вихря и в более теплых водах Цусимского течения (рис. 6*a*). Наибольший улов 0.17 т зафиксирован на "шляпке" вихревого

диполя, меньшие уловы – во фронтальной зоне. В начале сентября значительный вылов ТК в 17.4 т отмечен в районе среднего Приморья на южной периферии мезомасштабного антициклонического вихря (рис. 66). Успешный промысел велся севернее 46° с.ш. на прибрежном фронте. В конце сентября с отступлением субтропических вод в южном направлении сместился на юг и район промысла. Промысел ТК (уловы 0.3-0.4 т) велся в мористой зоне южнее зал. Находка не только в центре антициклонического вихря в вершине теплого струйного течения, но и на его северной периферии (рис. 66). Вихрь имел спиралевидную структуру, при этом наблюдалось затекание в него относительно холодных субарктических вод. Уловы ТК, связанные с фронтальной зоной, были на северной периферии соседнего мезомасштабного вихря, которым заканчивалось струйное вторжение субтропических вод по 134° в.д. Лов же кальмара велся на северо-западной периферии мезомасштабного антициклонического вихря в вершине теплого затока субтропических вод с температурой 23°С (рис. 6г). На его северо-западной периферии был улов 0.88 т, но наибольший вылов 1.1 т отмечался в центре ме-



Рис. 6. Карты-схемы термической структуры вод, построенные по данным спутниковых наблюдений с районами промысла кальмара в Японском море за август-октябрь 2019 г. Условные обозначения: см. рис. 5.

76

зомасштабного антициклонического вихря с коорлинатами центра 40°12'с.ш., 133°25'в.л. Мезомасштабный антициклонический вихрь (рис. 6д), в котором 30 сентября отмечался максимальный улов, увеличился, проявилась его спиралевидная структура. Вихрь подпитывался водами из крупного антициклонического вихря и струйного течения с запада. Отмеченный вихрь оказался общим в упаковки двух грибовидных течений, внутри которого отмечался улов 0.22 т. Севернее в основной струе грибовидной структуры из вод Восточно-Корейского течения, вихревой диполь которого находился между 41-42° с.ш. по 133° в.д., вылов составил 0.3 т. Отдельные небольшие уловы были связаны с зонами взаимодействия вихрей. В середине октября общий температурный фон понизился, на северной периферии крупного антициклонического вихря при температуре 18°C вновь обнаруживались промысловые скопления (рис. 6е).

Гидрологические условия в 2020 г. значительно отличались от двух предыдущих лет. Летом интенсивность Приморского течения была велика, а Восточно-Корейского течения — низкой. Лишь отдельные незначительные струйные течения достигали зал. Петра Великого. В целом районы промысла кальмара были связаны с потоками субтропических вод, антициклоническими вихрями, грибовидными течениями в их вершинах, а также в зоне взаимодействия вихревых структур. Так, в вершине теплого затока при температуре 19-20°С был отмечен вылов ТК 5.5 т (рис. 7*a*). На карте за 22 августа нанесены координаты участков промысла с 21 по 31 августа (рис. 7б). По сравнению с началом августа, адвекция теплых вод на север увеличилась, и промысел кальмара велся на прибрежном фронте, в зоне взаимодействия теплых и относительно холодных вод ЗПВ (уловы от 0.3 до 1.5 т). Большой улов 12.3 т отмечен лишь вблизи циклонического вихря грибовилного мезомасштабного течения вблизи прибрежья. В сентябре промысел находился в интрузиях теплых вод второй ветви Цусимского течения при температуре воды 19-21° С, где максимальный улов составлял 2.3 т (рис. 7в). Весь промысел велся между 133-135° в.д. в неоднородностях мористой ветви теплого потока (рис. 7г). Наибольший улов 4 т фиксировался в циклоническом вихре грибовидного течения, отделившегося от основного потока в северо-восточном направлении. В начале



Рис. 7. Карты-схемы термической структуры вод, построенные по данным спутниковых наблюдений с районами промысла кальмара в Японском море за август-октябрь 2020 г. Условные обозначения: см. рис. 5.

октября районы промысла оказывались в основной струе мористой ветви теплого течения по 134° в.д., где уловы составляли 0.3 т при температуре воды $19-20^{\circ}$ С (рис. 7*d*). Незначительные уловы наблюдались в циклоническом вихре образовавшегося в вершине диполя, в антициклоническом вихре мезомасштабного грибовидного течения. В середине октября небольшие уловы кальмара отмечались в ЗПВ (рис. 7*e*), при этом один район промысла находился в зоне взаимодействия установившегося антициклонического вихря с относительно теплыми водами Восточно-Корейского течения и субарктическими прибрежными водами.

Наибольший улов составил 0.6 т. Также велся промысел в южной части Уссурийского залива на периферии циклонического вихря грибовидного течения с температурой воды 15°С.

В 2021 г. промысел кальмара начался раныше, чем в предыдущие годы, потому что уже в июне были интенсивными Цусимское течение и его ветви. Основными районами промысла кальмара были: ЗПВ и мористая ветвь Цусимского течения между 133–134° в.д. (рис. 8). В июле кальмара ловили и в южной части Татарского пролива. Вторжение вод Цусимского течения в юго-восточную часть Татарского пролива привело к формированию в районе о. Монерон мезомасштабного грибовидного течения (рис. 8*a*). Промысловые скопления ТК отмечались в антициклоническом вихре вблизи о. Монерон, имеющем спиралевидную форму, при этом наибольший вылов 14.2 т отмечен на вершине "шляпки" грибовидного течения при температуре 17–18°С. В целом районы промысла были связаны с потоками субтропических вод и их взаимодействием с субарктическими водами (рис. 8*г*, *д*).

В путину 2022 г. основными районами промысла ТК был ЗПВ, его центральная и северо-восточная части (рис. 9), которые были связаны с затоками теплых вод Восточно-Корейским и мористым течениями (рис. 9*a*, δ). Промысел в основном был отмечен в центральной части залива в затоках субтропических вод на малоградиентном фронте и в зоне мелкомасштабных вихревых образований (рис. 9*e*, *c*). В середине августа при отступлении теплых вод и ослаблении мористой ветви теплого течения на фоне усиления Приморского



Рис. 8. Карты-схемы термической структуры вод, построенные по данным спутниковых наблюдений и с районами промысла кальмара в Японском море за июль-октябрь 2021 г. Условные обозначения: (см. рис. 5).

течения лов ТК закончился. В дальнейшем подходы кальмара в ЗПВ были незначительные.

В 2023 г. промысел кальмара начался в ЗПВ в третьей декаде июля с подходом теплых вод Вос-

точно-Корейского течения в залив и их взаимодействием с водами Приморского течения, которое отличалось сильной интенсивностью (рис. 10*a*). Его воды занимали все прибрежье Приморья. Ад-



Рис. 9. Карты-схемы термической структуры вод, построенные по данным спутниковых наблюдений с районами промысла кальмара в Японском море за июль-август 2022 г. Условные обозначения: (см. рис. 5).



Рис. 10. Карты-схемы термической структуры вод, построенные по данным спутниковых наблюдений с районами промысла кальмара в Японском море за июль-сентябрь 2023 г. Условные обозначения: (см. рис. 5).



Рис. 11. Карты-схемы термической структуры вод, построенные по данным спутниковых наблюдений с районами промысла кальмара в Японском море в сентябре 2018–2023 гг. Условные обозначения: (см. рис. 5).

векция Цусимского течения была слабой. В конце августа и начале сентября российские суда продолжали лов ТК на южной границе ЗПВ в затоках теплых вод, иностранные суда вели промысел в мористой зоне (40.5° с.ш., 135.2° в.д.) (рис. 10*б*, *в*).

Распределение районов промысла тихоокеанского кальмара в сентябре 2018–2023 гг. показало, что в 2018 г. скопления кальмара наблюдались в северном районе и в южной части Татарского пролива (рис. 11*а*). В последующие годы промысловые районы отмечались значительно южнее (рис. 11*б, в, е, е)*. Несмотря на благоприятные гидрологические условия в Японском море, значительной миграции ТК на север не наблюдалось, что может косвенно указывать на низкую численность ТК в Японском море, поскольку в годы высокой численности районы промысла тихоокеанского кальмара достигают Татарского пролива, а годы низкого уровня запаса в лучшем случае залива Ольга, а в последние годы залива Петра Великого.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В поле пространственного распределения температуры поверхности океана определены элементы структуры вод, в которых успешно велся лов тихоокеанского кальмара. Сопоставление элементов гидрологической обстановки, дешифрированных с инфракрасных спутниковых изображений, с районами промысла позволило установить, что формирование районов промысла ТК зависело от развития или ослабления ветвей Цусимского и Приморского течений, наличия мезомасштабных вихревых структур в их водах. Скопления ТК в большинстве случаев были приурочены к районам вихревого апвеллинга. Максимальные уловы сосредоточены на периферии субтропических антициклонических вихрей, граничащих с субарктическими водами. Если вихрь имел спиралевидную структуру, то скопления в основном сосредоточены в центре вихря. Если заток субтропических вод принимал форму грибовидного течения, то крупные уловы в основном отмечались в струе течения и в зоне антициклонического и циклонического завихрения диполя. Во фронтальной зоне субтропических и субарктических вод районы промысла кальмара находились с теплой стороны Субарктического (Полярного) фронта. Отмечено, что с уменьшением численности кальмара менялась и география районов промысла.

Данная работа выполнялась для накопления статистических данных о нахождении промысловых скоплений ТК в определенной гидрологической структуре, выявленной по спутниковым данным, и улучшения краткосрочного прогнозирования в период промысловой путины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексанин А.И., Алексанина М.Г. Мониторинг термических структур поверхности океана по данным ИК-канала спутников NOAA на примере Прикурильского района Тихого океана // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов. Вып. 3. Том II. Москва, ООО "Азбука-2000". 2006. С. 9–15.

Белоненко Т.В., Козуб П.К. Вихревой апвеллинг как механизм создания благоприятных условий скоплений сайры в Южно-Курильском районе // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 1. С. 221–232.

Булатов Н.В., Самко Е.В., Цыпышева И.Л. Океанологические образования, благоприятные для концентрации пелагических рыб по инфракрасным данным ИСЗ NOAA // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Т. 2. № 2. С. 49–61.

Гинзбург А.И., Костяной А.Г., Островский А.Г. Поверхностная циркуляция Японского моря (спутниковая информация и данные дрейфующих буёв) // Исследования Земли из космоса. 1998. № 1. С. 66–83.

Дьяков Б.С. Влияние циркуляции вод на пространственное распределение промысловых скоплений тихоокеанского кальмара в Японском море // Изв. ТИНРО. 2003. Т. 134. С. 258–265.

Мокрин Н.М., Слободской Е.В. Руководство по поиску и промыслу пелагических кальмаров в Японском море и Южно-Курильском районе. Владивосток. ТИНРО-центр. 1998. 61 с.

Мокрин Н.М., Хен Г.В. Океанологические основы распределения, миграции и динамики численности тихоокеанского кальмара // Гидрометеорология и гидрохимия морей: Т. VIII. Японское море. Вып. 2. СПб.: Гидрометеоиздат. 2004. С. 248–255.

Никитин А.А. Основные черты пространственного распределения фронтов в водах Японского моря и их изменчивость // Исследования Земли из космоса. 2006. № 5. С. 49-62.

Никитин А.А., Юрасов Г.И. Синоптические вихри Японского моря по спутниковым данным // Исследование Земли из космоса. 2008. № 5. С. 1–16.

Никитин А.А., Данченков М.А., Лобанов В.Б. Пути переноса субтропических вод в район Дальневосточного Морского заповедника. / В кн.: Дальневосточный морской биосферный заповедник. Исследования. Коллективная монография. Отв. ред. А.Н. Тюрин. Т. 1. Владивосток. Дальнаука. 2004. Глава V. Гидрология и метеорология района заповедника. 2004. С. 314–319.

Новиков Ю.В., Слободской Е.В. Шевцов Г.А. Влияние океанологических условий на распределение и биологические особенности массовых видов кальмаров в Южно-Курильском районе // Океанология. Морская биология. 2007. Т. 47. № 2. С. 259–265.

Савиных В.Ф., Шевцов Г.А., Карякин К.А. Слободской Е.В., Новиков Ю.В. Межгодовая изменчивость миграций нектонных рыб и кальмаров в тихоокеанские воды южных Курильских островов // Вопросы ихтиологии. Т. 43. № 6. 2003. С. 759–771.

Самко Е.В., Булатов Н.В. Исследование связи положения рингов Куросио с теплым ядром и распределения промысла сайры по спутниковым данным // Исследования Земли из космоса. № 2. 2014. С. 18–26.

Федоров К.Н., Гинзбург А.И. Приповерхностный слой океана // Ленинград, Гидрометеоиздат. 1988. 303 с.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России. Владивосток: ТИНРО-Центр. Т. 2. 2016. 604 с.

Gong Y., Jeong H.D., Suh Y.S., Park J.H., Seong K.T., Kim S.W., Choi K.H., An I.S. Fluctuation of Pelagic Fish Populations in Relation to the Climate Shifts in the Far-East Region // J. Ecol. Field Biol. 2007. \mathbb{N} 30 (1). P. 23–38.

Kasahara S. Descriptions of offshore squid angling in the Sea of Japan, with special reference to the distribution of common squid (Todarodes pacificus Steenstrup); and on the techniques for forecasting fishing conditions // Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. 1978. Vol. 29. P. 179–199.

Kidokoro H., Goto T., Nagasawa T., Nishida H., Akamine T., and Sakurai Y. 2010. Impact of a climate regime shift on the migration of Japanese common squid (Todarodes pacificus) in the Sea of Japan. – ICES Journal of Marine Science, 67: 1314–1322.

Mokrin N.M., Novikov Yu.V., Zuenko Yu.I. Seasonal migrations and oceanographic conditions for concentration of the Japanese flying squid (*Todarodes pacificus* Steenstrup, 1980) in the northwestern Japan Sea. Bulletin of marine science. 2002. V. 71(1). P. 487–499.

Sakurai Y., Kidokoro H., Yamashita N., Yamamoto J., Uchikawa K., Takahara H. Todarodes pacificus, Japanese common squid // Rosa R., Pierce G., O'Dor R. (Eds.). Advances in squid biology, ecology and fisheries. Pt. 2: Oegopsid squids. New York: Nova Science Publishers. 2013. P. 250–270.

Structure of Water During the Feeding Migration Period of the Pacific Squid in the Sea of Japan According to Satellite Data

A. A. Nikitin¹, I. L. Tsypysheva¹, N. M. Mokrin¹

¹Pacific Branch of VNIRO (TINRO), Vladivostok, Russia

According to the sea surface temperature archive for 2018-2023, reconstructed from satellite data AQUA, TERRA (MODIS spectroradiometer), with a spatial resolution of 1 km, obtained and processed at the Center for Collective Use of the Regional Satellite Monitoring of the Environment, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, thermal and dynamic water conditions in the northwestern part of the Sea of Japan and the areas of longline (jigger) fishing for Pacific squid in the Sea of Japan are considered. Analysis of satellite materials made it possible to identify hydrological elements of the thermal structure in the field of the spatial distribution of ocean surface temperature, in which Pacific squid fishing was successfully carried out. First of all, the formation of TC fishing areas depends on the development or weakening of the branches of the Tsushima and Primorsky currents, and the presence of mesoscale eddy structures in their waters. In most cases, TC accumulations are confined to areas of eddy upwelling. Maximum catches are concentrated on the periphery of subtropical anticyclonic eddies bordering subarctic waters. If the eddy had a spiral structure, then the clusters are mainly concentrated in the center of the eddy. If the influx of subtropical waters took the form of a mushroom-shaped current, then large catches were mainly observed in the current jet and in the zone of anticyclonic and cyclonic eddy of the dipole. In the frontal zone of subtropical and subarctic waters, squid fishing areas were located on the warm side of the Subarctic (Polar) front.

Keywords: Sea of Japan, Pacific squid, satellite information, spectroradiometer, water, temperature, eddies, mushroom currents

REFERENCES

Aleksanin A.I., Aleksanina M.G. Monitoring termicheskih struktur poverhnosti okeana po dannym IK-kanala sputnikov NOAA na primere Prikuril'skogo rajona Tihogo okeana // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. Fizicheskie osnovy, metody i tekhnologii monitoringa okruzhayushchej sredy, potencial'no opasnyh yavlenij i ob"ektov. Vyp. 3. Tom II. Moskva, OOO "Azbuka-2000". 2006. C. 9–15. (In Russian).

Belonenko T.V., Kozub P.K. Vihrevoj apvelling kak mekhanizm sozdaniya blagopriyatnyh uslovij skoplenij sajry v Yuzhno-Kuril'skom rajone // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa, 2018. T. 15. № 1. S. 221–232.

Bulatov N.V., Samko E.V., Cypysheva I.L. Okeanologicheskie obrazovaniya, blagopriyatnye dlya koncentracii pelagicheskih ryb po infrakrasnym dannym ISZ NOAA / Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2008. T. 2. \mathbb{N} 2. S. 49–61. (In Russian).

Ginzburg A.I., Kostyanoj A.G., Ostrovskij A.G. Poverhnostnaya cirkulyaciya YAponskogo morya (sputnikovaya informaciya i dannye drejfuyushchih buyov) // Issledovaniya Zemli iz kosmosa. 1998. № 1. S. 66–83. (In Russian).

D'yakov B.S. Vliyanie cirkulyacii vod na prostranstvennoe raspredelenie promys-lovyh skoplenij tihookeanskogo kal'mara v YAponskom more // Izv. TINRO. 2003. T. 134. S. 258–265. (In Russian).

Mokrin N.M., Slobodskoj E.V. Rukovodstvo po poisku i promyslu pelagicheskih kal'marov v YAponskom more i Yuzhno-Kuril'skom rajone. Vladivostok. TINRO-centr. 1998. 61 s. (In Russian).

Mokrin N.M., Hen G.V. Okeanologicheskie osnovy raspredeleniya, migracii i dinamiki chislennosti tihookeanskogo kal'mara // Gidrometeorologiya i gidrohimiya morej: T. VIII. Yaponskoe more. Vyp. 2. SPb.: Gidrometeoizdat. 2004. S. 248–255. (In Russian).

Nikitin A.A. Osnovnye cherty prostranstvennogo raspredeleniya frontov v vodah Yaponskogo morya i ih izmenchivost' // Issledovaniya Zemli iz kosmosa. 2006. № 5. S. 49–62. (In Russian).

Nikitin A.A., Yurasov G.I. Sinopticheskie vihri YAponskogo morya po sputnikovym dannym // Issledovanie Zemli iz kosmosa. 2008. № 5. S. 1–16. (In Russian).

Nikitin A.A., Danchenkov M.A., Lobanov V.B. Puti perenosa subtropicheskih vod v rajon Dal'nevostochnogo Morskogo zapovednika. / V kn.: Dal'nevostochnyj morskoj biosfernyj zapovednik. Issledovaniya. Kollektivnaya monografiya. Otv. red. A.N. Tyurin. T. 1. Vladivostok. Dal'nauka. 2004. Glava V. Gidrologiya i meteorologiya rajona zapovednika. 2004. S. 314–319. (In Russian).

Novikov Yu.V., Slobodskoj E.V., Shevcov G.A. Vliyanie okeanologicheskih uslovij na raspredelenie i biologicheskie osobennosti massovyh vidov kal'marov v Yuzhno-Kuril'skom rajone // Okeanologiya. Morskaya biologiya. 2007. T. 47. № 2. S. 259–265. (In Russian).

Savinyh V.F., Shevcov G.A., Karyakin K.A. Slobodskoj E.V., Novikov Yu.V. Mezhgodovaya izmenchivost' migracij nektonnyh ryb i kal'marov v tihookeanskie vody yuzhnyh Kuril'skih ostrovov // Voprosy ihtiologii. T. 43. № 6. 2003. S. 759–771. (In Russian).

Samko E.V., Bulatov N.V. Issledovanie svyazi polozheniya ringov Kurosio s teplym yadrom i raspredeleniya promysla sajry po sputnikovym dannym // Issledovaniya Zemli iz kosmosa. № 2. 2014. S. 18–26. (In Russian).

Fedorov K.N., Ginzburg A.I. Pripoverhnostnyj sloj okeana // Leningrad, Gidrometeoizdat. 1988. 303 s. (In Russian).

Shuntov V.P. Biologiya dal'nevostochnyh morej Rossii. Vladivostok: TINRO-Centr. T. 2. 2016. 604 s. (In Russian). Gong Y., Jeong H.D., Suh Y.S., Park J.H., Seong K.T., Kim S.W., Choi K.H., an I.S. Fluctuation of Pelagic Fish Populations in Relation to the Climate Shifts in the Far-East Region // J. Ecol. Field Biol. 2007. № 30 (1). R. 23–38.

Kasahara S. Descriptions of offshore squid angling in the Sea of Japan, with special reference to the distribution of common squid (Todarodes pacificus Steenstrup); and on the techniques for forecasting fishing conditions // Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. 1978. Vol. 29. P. 179–199.

Kidokoro H., Goto T., Nagasawa T., Nishida H., Akamine T., and Sakurai Y. 2010. Impact of a climate regime shift on the migration of Japanese common squid (Todarodes pacificus) in the Sea of Japan. – ICES Journal of Marine Science, 67: 1314–1322.

Mokrin N.M., Novikov Yu.V., Zuenko Yu.I. Seasonal Migrations and oceanographic conditions for concentration of rhe Japanese flying squid (todarodes pacificus steenstrup, 1980) in the northwestern Japan Sea. Bulletin of marine science. 2002. V. 71(1). P. 487–499.

Sakurai Y., Kidokoro H., Yamashita N., Yamamoto J., Uchikawa K., Takahara H. Todarodes pacificus, Japanese common squid // Rosa R. Pierce G. O'Dor R. (ads.). Advances in squid biology, ecology and fisheries. Pt. 2: Oegopsid squids. New York: Nova Science Publishers. 2013. R. 250–270.