

Нгуен Данг Киен, П. И. Бухарицин

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ
В ЮЖНО-КИТАЙСКОМ МОРЕ¹
(НА ПРИМЕРЕ ТУНЦА)**

Особенности водной среды оказывают значительное влияние на поведение мигрирующих и примыкающих к стае видов рыб, что может косвенно влиять на результаты оценки их запасов и достоверность прогнозов эксплуатации. Водная среда может влиять на распределение рыб по двум главным направлениям. Морские течения могут заставить рыб мигрировать из одного района моря в другой. Температура воды, её насыщенность кислородом, а также расстояние до берега и многие другие факторы создают как благоприятные, так и неблагоприятные условия для рыб. Изучив все эти факторы, можно собрать необходимую информацию и создать базу данных, а также разработать прогноз распределения и изменения в пространстве и времени промысловых объектов. В прибрежных водах Вьетнама важным объектом промысла являются пелагические рыбы, среди которых наибольшую ценность представляют два вида тунца – желтоперый *Thunnus albacares* и большеглазый *Thunnus obesus*, играющие большую роль в экономике Вьетнама. Промысел осуществляется в основном ярусным способом. Полученные данные позволят оценить влияние условий окружающей среды на распределение, возможности лова и запас тунца в Южно-Китайском море; определить температурные структуры, крупномасштабную циркуляцию, которые являются важными факторами при оценке запасов и прогнозе распределения тунца в море. Чтобы получить конкретные выводы и построить модель оценки запасов и прогнозирования эксплуатации рыб, обитающих в центральных районах, моря, более эффективно, нужно своевременно усилить исследования в области промысловой океанографии, причем радикально, в особенности для различных видов пелагических рыб.

Ключевые слова: тунец, объект промысла, среда обитания, распределение, море, окружающая среда, температура, фронт.

Введение

Во Вьетнаме тунец и тунцовые виды являются очень важными океаническими объектами рыбного промысла как исключительно ценные в пищевом отношении и пользующиеся неограниченным спросом у потребителя. Тунцовые виды рыб занимают 3-е место в структуре экспорта морепродуктов более чем в 60 странах мира [1, 2].

Тунец является главным объектом ярусного промысла и промысла с помощью кошельковых неводов в офшорных водах центральной части Южно-Китайского моря. В связи с тем, что в прибрежных районах рыбные ресурсы использовались чрезмерно, в рамках стратегического направления развития рыбного хозяйства государство определило приоритетную задачу национального пелагического промысла – развитие пелагического рыболовства в международных районах промысла, в котором тунец являлся бы одним из самых важных объектов для развития.

Для повышения эффективности промысла тунца необходимо исследовать влияние условий окружающей среды на результаты оценки распределения и прогноз запасов пелагических рыб [3].

Метод исследования

Известно, что одной из основных характеристик при определении количественных показателей рыболовства является производительность лова (*CPUE* – catch per unit effort). Используемый нами статистический метод исследования основан на принципе взаимосвязи между районами промысла (*CPUE*) и экологическими факторами [4, 5].

¹ В результате территориальных разногласий между Вьетнамом и Китаем относительно принадлежности прилегающей к побережью Вьетнама этой части акватории Тихого океана вьетнамская сторона считает более правильным называть её Восточным морем Вьетнама.

Структурные характеристики морской воды являются результатом комбинированного воздействия метеорологических и гидрологических процессов в море, поэтому отношения «рыба – температура морской воды и еда» отражают и большую часть отношений «район промысла – морская среда». Методы многомерного корреляционного анализа являются эффективными инструментами для количественной оценки этих отношений через уравнения регрессии вида

$$CPUE = A_0 + \sum_{i=1}^m A_i \cdot X_i,$$

где $CPUE$ – производительность лова (на примере ярусного), кг/100 крючков, – зависимая переменная; A_0 и A_i ($i = 1, \dots, m$) – коэффициент регрессии (нахождение алгоритма наименьших квадратов с использованием распределения Гаусса для решения системы линейных алгебраических уравнений); X_i ($i = 1, \dots, m$) – независимые переменные, где m – характерная термическая структура моря и низкий уровень биологической продуктивности.

Результаты исследований и их обсуждение

Модели для анализа и оценки запасов требуют использования $CPUE$ как индекса запаса. Однако значение $CPUE$ не всегда позволяет оценить возможность лова, которая во многом зависит от изменяющихся условий океана. Степень изменений в океане может сильно повлиять на глубину залегания значений температуры, характерных для появления большеглазого тунца (температура появления большеглазого тунца – 8–15 °С). Рыбы этого вида днем поднимаются к поверхности, а ночью спускаются на глубину 350–500 м. Большеглазый тунец обитает и питается на глубине до тех пор, пока температура его тела не достигнет 17 °С. После этого рыбы перемещаются к более теплым слоям (50–150 м), затем опять обратно.

Направления течений в толще воды также достаточно сильно влияют на эффективность вылова, изменяя глубину нахождения крючков. Следует отметить, что глубину нахождения крючков меняют и горизонтальное, и вертикальное направления течения. Когда течение сильное, крючки могут достичь глубины обитания большеглазых тунцов или даже низких слоев. Таким образом, нужно учитывать и изменение всех характеристик океанических вод при использовании $CPUE$ для оценки запасов и распределения промысловых рыб.

С целью прогноза, формирования базы данных о среде обитания рыб создаются и строятся модели. Все значения, включая $CPUE$, используются не только в прогнозных моделях, но и в моделях пространственного изменения в общем. Таким образом, факторы окружающей среды оказывают достаточно сложное влияние на результат прогнозирования условий промысла.

Поиски сходства условий окружающей среды обычно не дают ожидаемого результата и требуют более точного определения составляющих. Нужно начинать с детального изучения количества рыб – объектов промысла и среды их обитания, характерных только для того или иного вида рыб.

Для Вьетнама океанические виды рыб, в основном тунец желтоперый и тунец большеглазый, имеют большое экономическое значение. Чтобы оценить влияние условий окружающей среды на оценку полезного источника питания и прогноз его эксплуатации (промысла), мы собрали все доступные данные по исследованиям тунцов в центральной части Южно-Китайского моря.

В результате было установлено, что нет баз данных, удовлетворяющих именно нашим условиям, поэтому необходимо была начать изучение и сбор других факторов, которые были зарегистрированы и исследованы на акваториях других морей и океанов. Результаты показывают, что самые важные факторы, влияющие на миграцию желтоперого и большеглазого тунца, – температура и циркуляция водных масс.

Зрелый желтоперый тунец обитает преимущественно (60–80 % времени) в самом теплом слое. Несозревшие тунцы находятся в слое воды, где температура на 8 °С ниже по сравнению с температурой поверхностных вод. Медленное течение влияет на направление и скорость передвижения рыб (от 72 до 154 см/с) [5, 6].

Если объем вылова оказался незначительным, то район можно оценить как неблагоприятный для промысла. Чтобы иметь данные о возможном местонахождении тунца, нужно знать направление передвижения рыб.

Имея эти данные, в первую очередь необходимо определить зависимость между условиями окружающей среды и количеством рыб, пойманных в промысловых участках Южно-Китайского моря. Так как всех данных у нас нет, можно использовать только имеющиеся данные, включая средние значения для других морей, которые уже исследованы и имеют примерно одинаковые условия. Результаты исследования желтоперого и большеглазого тунца на различных участках Тихого океана приведены в табл. 1 [4–7].

Таблица 1

Некоторые показатели, характеризующие появление промысловых скоплений желтоперого и большеглазого тунца

Объект лова	Температура распределения и оптимальная температура, °С	Глубина распределения	Районы скопления на поверхности	Изменение температуры по сравнению с поверхности водами, °С	Пища	Время движения и поглощения солнечного тепла
Желтоперый тунец (<i>Thunnus albacores</i>)	18–31 24–28	0–120 м	Слой воды с температурой > 27 °С	8	Ракообразные (<i>Engraulidae</i>). Головоногие (<i>Cephalopod</i>). Анчоус (<i>Encrasicolina punctifer</i>)	Ночь
Большеглазый тунец (<i>Thunnus obesus</i>)	13–29 17–22	50–350 м	Температурный фронт в циркуляционном (круговом) течении	18		День и ночь

Согласно данным табл. 1, желтоперый тунец обитает в более теплых водах, чем большеглазый.

Рассматриваемый температурный интервал ограничен координатами: 6–17° с. ш. и 107–117° в. д. с двумя островами Хоангса и Чьюнгса, принадлежащими Вьетнаму. Благоприятная температура воды распределяется по сезонам – от начала осени до зимы и конец весны (рис. 1, 2) [2].

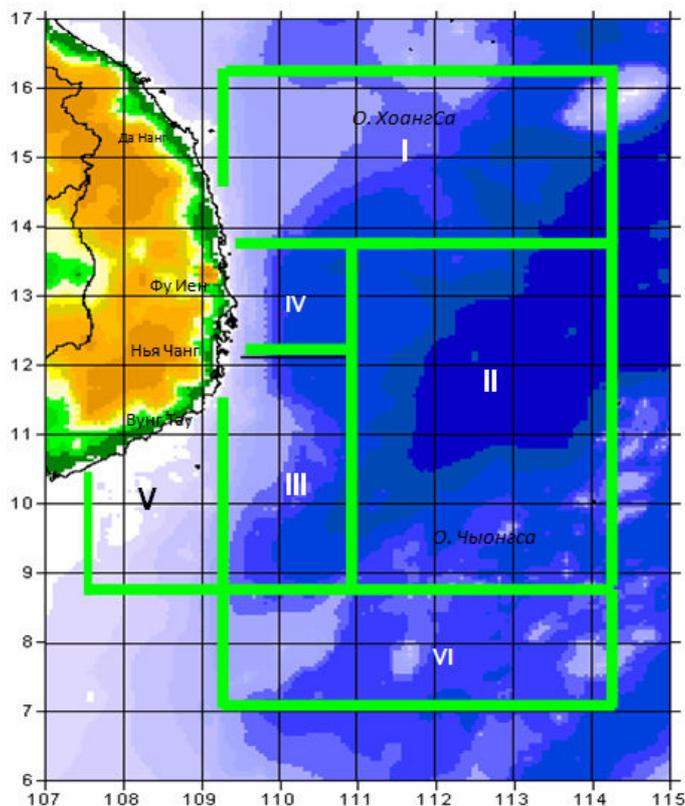


Рис. 1. Районы промысла: I – Хоангса; II – Чьюнгса; III – Фукуй; IV – Фуиен; V – Вунгтау; VI – южная часть Южно-Китайского моря

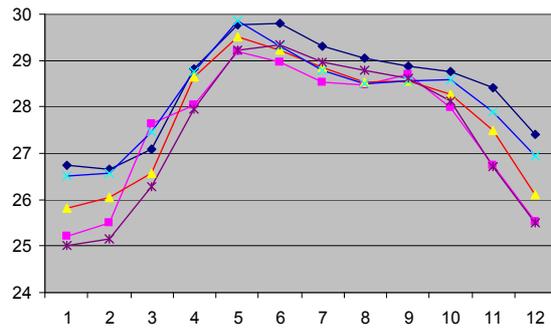


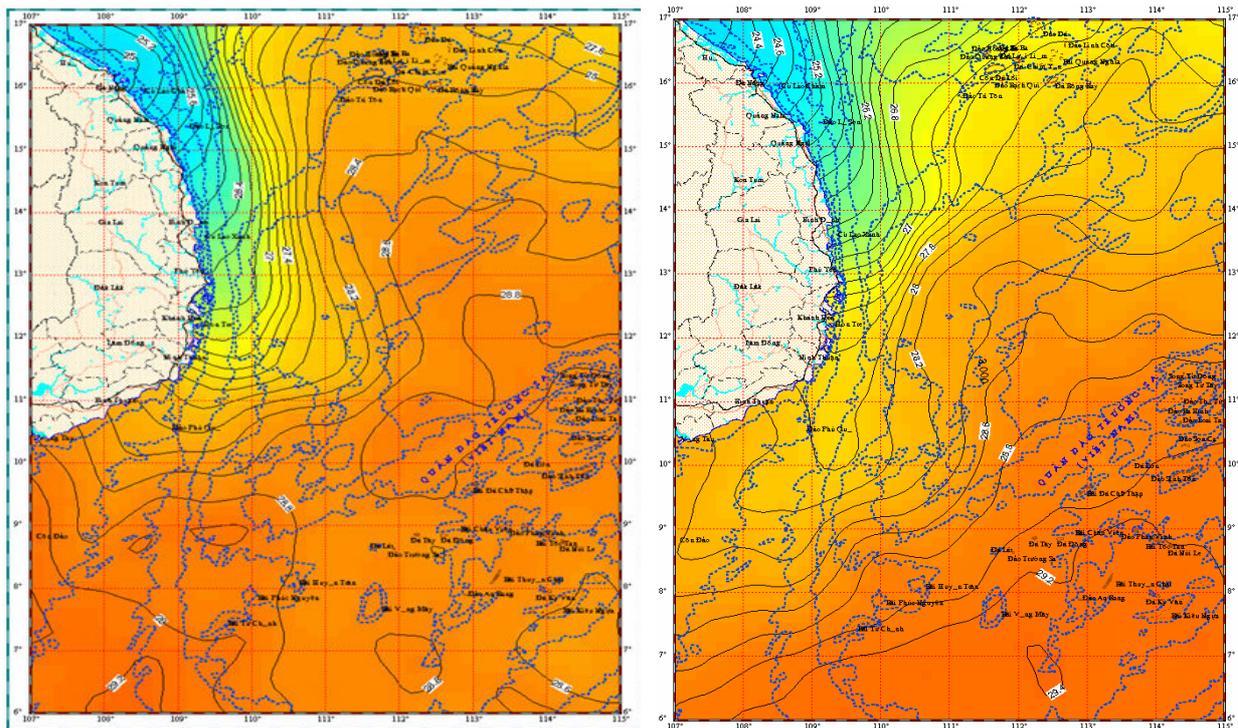
Рис. 2. Годовая динамика температуры поверхностных вод в разных подрайонах:

I * – Хоангса; II * – Чыюнгса; III * – Фукуй; IV * – Фуиен;
VI * – южная часть Южно-Китайского моря

В летние месяцы, при высоких значениях температуры на всех участках, условия окружающей среды неблагоприятны, что заставляет прекращать ловлю желтоперого тунца.

Для районов, отдаленных от берегов Южно-Китайского моря, возможность продления благоприятных условий для тунцов зависит от температуры воды весной и действия холодного течения с севера зимой.

Исследование выявило разницу значений температуры поверхностных слоев в апреле и мае 2003 и 2004 гг. (рис. 3 и 4) в этом районе моря [8].



a

б

Рис. 3. Температура поверхностных вод в апреле: *a* – 2003 г., *б* – 2004 г.

Если в апреле 2003 г. изотерма 28 °С проходит ограниченно от 11° с. ш. и 110–30° в. д., то в 2004 г. опускается на юге до 9° с. ш., на севере поднимается до 14° с. ш.

Картина в мае примерно такая же (рис. 4), если для сравнения брать изотерму 29 °С, но в мае температура морских вод в подрайоне Хоангса заметно выше 29 °С.

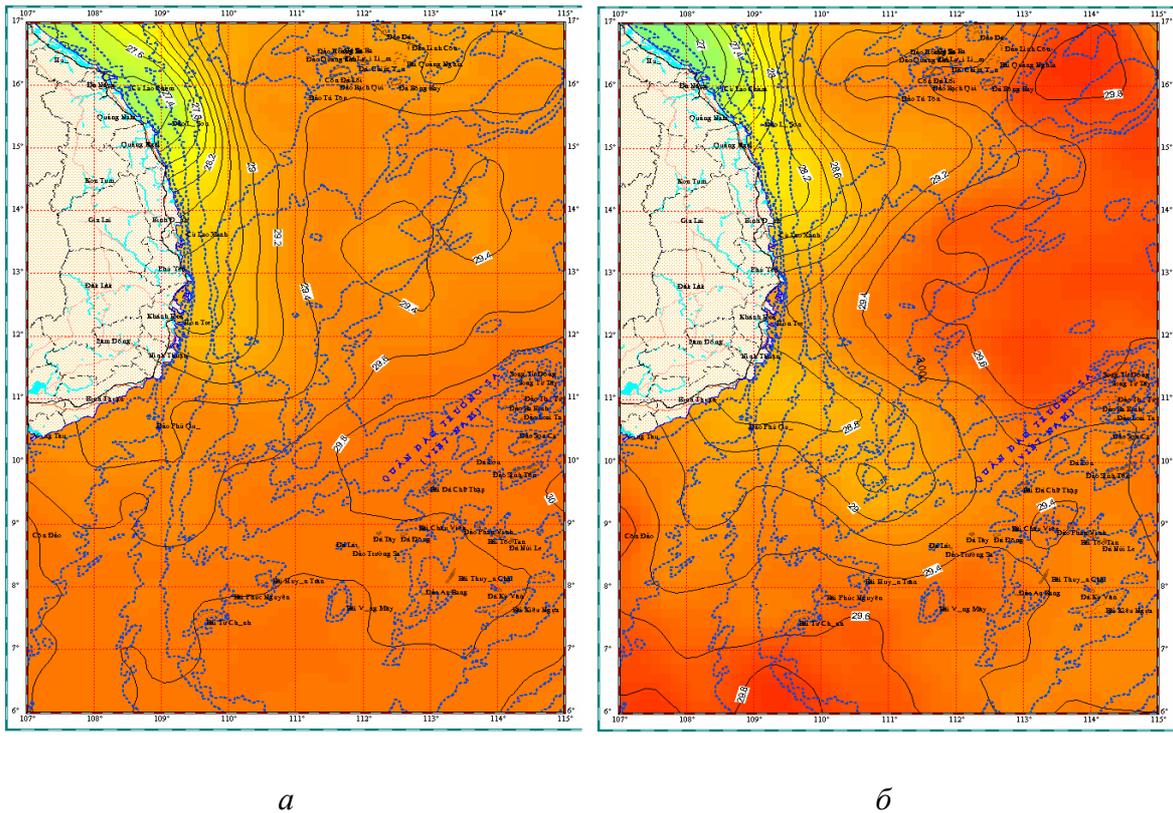


Рис. 4. Температура поверхностных вод в мае: а – 2003 г., б – 2004 г.

Результаты сравнения производительности лова в 2003 и 2004 гг. показывают, что температура морской воды играет важную роль в эффективности ловли тунцов в промысловых районах Южно-Китайского моря. Начиная с июня температура во всех районах пелагического рыболовства выше 29 °С, поэтому производительность лова уменьшается до конца сезона рыболовства.

Таким образом, температуру воды можно рассматривать как один из важных прогностических факторов при оценке запасов и прогнозе лова тунца с помощью корреляционных моделей, когда имеются данные статистики по рыболовству. Чтобы оценить результаты, необходимо сравнить количество пойманных рыб за 2 сезона их добычи.

Вылов тунцов показал, что в основном улове желтоперого тунца больше, чем большеглазого в 4,5 раза, а распределение его скоплений происходит на глубине 50–150 м. В табл. 2 показаны значения глубин эффективных значений температуры по сезонам, за эталон взята температура 20 °С [2].

Таблица 2

Изменение глубины изотермы 20 °С в районе промысла

Район промысла	Месяц											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
I	118	126	116	97	99	88	81	74	76	97	100	113
II	94	101	102	109	109	106	96	93	96	85	88	90
III	124	115	119	102	106	95	86	85	98	115	129	127
IV	155	153	127	101	110	80	81	61	81	123	120	141
VI	154	125	108	136	111	115	117	118	118	111	122	113

В течение лета меняются и условия окружающей среды, что приводит к повышению температуры воды и уменьшению потребления тунцами пищи. Производительность лова тоже уменьшается.

Общий тепловой фон и вертикальная структура распределения температуры воды сильно влияют на эффективность лова тунца. Однако не только эти факторы обуславливают скопление рыб в центральных районах Южно-Китайского моря и возможность их вылова [9, 10].

Исследования показали, что тепловой фон не является единственной причиной, приводящей к миграции и скоплению видов, но это может стать индексом прогноза скопления рыб, если в районе промысла появляются виды их пищи (корм).

Основными условиями для развития корма рыб являются питание, температура, свет.

Таким образом, циркуляция водных масс, концентрация питательных веществ, фитопланктона и положение границ теплового фронта являются самыми важными экологическими факторами, которые способствуют скоплению корма для рыб в данном районе моря.

Кроме факторов, влияющих на распределение производительности лова, нами были проанализированы записи дневников рыболовных судов в апреле и мае 2004 г., что также подтвердило факты изменения распределения желтоперого и большеглазого тунца: меньше в районах промысла I и IV и больше – в районах III, VI.

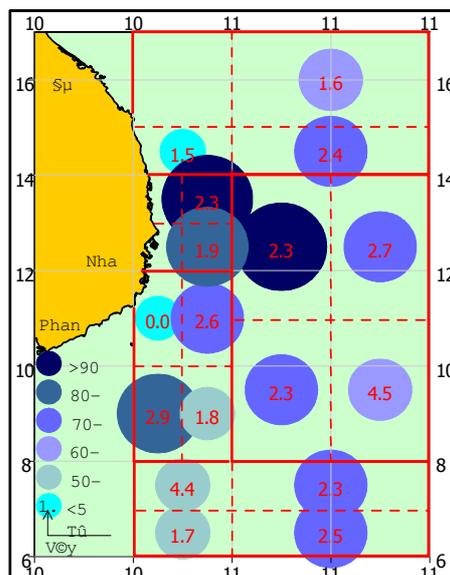


Рис. 5. Распределение производительности лова по районам промысла в апреле и мае 2004 г.

Отметим, что распределение тунца соответствует процессу изменения значений температуры слоя воды – сильному снижению в северных районах промысла и мало изменяющемуся – в южных.

Заключение

Результаты начальных исследований подтвердили влияние экологических факторов на распределение условий лова и оценки запасов пелагического тунца в Южно-Китайском море. На этой основе было установлено, что термическая структура и циркуляция водных масс являются важными факторами, необходимыми для прогнозирования распределения тунца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белкин С. И. Промысел тунца / С. И. Белкин, Е. В. Каменский. М.: Пищ. пром-сть, 1976. 200 с.
2. Dinh Van Uu. Correlation of fluctuations of environmental conditions and fishing tuna fishing in the waters off southern Vietnam / Dinh Van Uu, Doan Bo // VNU Journal of Science. 2005. Vol. XXI, no. 3AP. P. 108–117.
3. Мельников А. В. Управление запасами промысловых рыб и охрана природы / А. В. Мельников, В. Н. Мельников. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. 572 с.
4. Beverly S. Horizontal Longline Fishing, Methods and Techniques / S. Beverly, L. Chapman, W. Sokimi. A manual for Fishmen, SPC, Noumea, New Calidonia, 2003.
5. Brill R. W. Understanding Environmental Influences on Movements and Depth Distributions of Tunas and Billfishes Can Significantly Improve Population Assessments / R. W. Brill, M. E. Lutcavage // American Fisheries Society Symposium. 2001. 25. P. 179–198.

6. Brill R. W. Horizontal movements and depth distribution of large adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) near the Hawaiian Islands, Recorded using ultrasonic telemetry: implications for the physiological ecology of pelagic fishes / R. Brill, B. Block, C. Boggs, K. Bigelow, E. Freund, D. Marcinek. Horizontal movements and depth distribution of large, adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) near the Hawaiian Islands, recorded using ultrasonic telemetry: implications for the physiological ecology of pelagic fishes // Marine Biology. 1999. 133. P. 395–408.
7. Sibert J. Development of Oceanographic atlases for pelagic and insular fisheries and resource management of Pacific basin / J. Sibert, R. E. Brainard, D. Foley // FY Report of PFRP, JIMAR, 2002.
8. Modular Ocean Data Assimilation System (MODAS) 1/8° Global MODAS Nowcast South China Sea. Naval Research Laboratory (NRL). URL: <http://www7320.nrlssc.navy.mil/modas/scs.html>.
9. Мусеев П. А. Биологические ресурсы Мирового океана. М.: Пищ. пром-сть, 1969. 338 с.
10. Осипов В. Г. Биология и промысел тунцов и других пелагических рыб в северо-восточной части Индийского океана // Тр. ВНИРО/АзЧерНИРО. 1968. Vol. 64/28. P. 300–322.

Статья поступила в редакцию 12.05.2014,
в окончательном варианте – 16.06.2014

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Нгуен Данг Киен – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры «Инженерная экология и природообустройство»; nguyendangkien2001@gmail.com.

Бухарицин Пётр Иванович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; д-р геогр. наук, профессор; профессор кафедры «Инженерная экология и природообустройство»; astrgo@mail.ru.



Nguyen Dang Kien, P. I. Bukharitsyn

STUDY OF THE EFFECTS OF SOME ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE DISTRIBUTION OF PELAGIC FISH IN THE SOUTH CHINA SEA (BY THE EXAMPLE OF TUNA)

Abstract. Features of aquatic environment have a significant impact on the behavior of migratory and adjacent to pack fish species that may indirectly affect the results of the assessment of their stocks and operating reliability of forecasts. Fishery population distribution is influenced by physical environmental conditions in two ways. Sea currents can make fish species migrate from one area of the sea to another. Water temperature, its oxygen content, offshore distance and other factors make environment more or less attractive for fishes. Having studied all the factors it is possible to collect all necessary information and to create a data base and to forecast the distribution and change of the area and time of fishery objects, as well. In the Vietnamese offshore regions, there are two main high-value tuna species – Yellowfin tuna *Thunnus albacares* and Bigeyed tuna *Thunnus obesus* – that play a significant role in Vietnamese economy. The fishery is carried out by the longline method. The preliminary results help estimate the influence of environmental conditions on the distribution, fish catchability and tuna stock in the South China Sea; determine the temperature structures, large-scale circulation, which are the important factors for offshore fishery population assessment and tuna distribution forecasting. In order to get the specific findings and to build up a model of stock assessment and forecasting of operation of fish found the central sea areas more effectively, it is necessary radically to intensify the research in the field of fishery oceanography, especially for different types of pelagic fish.

Key words: tuna, fishing object, habitat, distribution, sea, environment, temperature, frontline.

REFERENCES

1. Belkin S. I., Kamenskii E. V. *Promysel tuntsa* [Fishing for tuna]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1976. 200 p.
2. Dinh Van Uu, Doan Bo. Correlation of fluctuations of environmental conditions and fishing tuna fishing in the waters off southern Vietnam. *VNU Journal of Science*, 2005, vol. XXI, no. 3AP, pp. 108–117.
3. Mel'nikov A. V., Mel'nikov V. N. *Upravlenie zapasami promyslovykh ryb i okhrana prirody* [Inventory management of commercial fish and wildlife]. Astrakhan: Izd-vo AGTU, 2010. 572 p.
4. Beverly S., Chapman L., Sokimi W. *Horizontal Longline Fishing, Methods and Techniques*. A manual for Fishmen, SPC, Noumea, New Calidonia, 2003.
5. Brill Richard W., Lutcavage M. E. Understanding Environmental Influences on Movements and Depth Distributions of Tunas and Billfishes Can Significantly Improve Population Assessments. *American Fisheries Society Symposium*, 2001, 25, pp. 179–198.
6. Brill R., Block B., Boggs C., Bigelow K., Freund E., Marcinek D. Horizontal movements and depth distribution of large, adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) near the Hawaiian Islands, recorded using ultrasonic telemetry: implications for the physiological ecology of pelagic fishes. *Marine Biology*, 1999, 133, pp. 395–408.
7. Sibert J., Brainard R. E., Foley D. *Development of Oceanographic atlases for pelagic and insular fisheries and resource management of Pacific basin*. FY Report of PFRP, JIMAR, 2002.
8. *Modular Ocean Data Assimilation System (MODAS) 1/8° Global MODAS Nowcast South China Sea*. Naval Research Laboratory (NRL). Available at: <http://www7320.nrlssc.navy.mil/modas/scs.htm>.
9. Moiseev P. A. *Biologicheskie resursy Mirovogo okeana* [Biological resources of the oceans]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1969. 338 p.
10. Osipov V. G. *Biologiya i promysel tuntsov i drugikh pelagicheskikh ryb v severo-vostochnoi chasti Indijskogo okeana* [Biology and fishing of tuna and other pelagic fish in the north-eastern part of the Indian Ocean]. *Trudy VNIRO/AzCherNIRO*, 1968, vol. 64/28, pp. 300–322.

The article submitted to the editors 12.05.2014,
in the final version – 16.06.2014

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nguyen Dang Kien – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department "Engineering Ecology and Nature Use"; nguyen-dangkien2001@gmail.com.

Bukharitsyn Peter Ivanovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Geography, Professor; Professor of the Department "Engineering Ecology and Nature Management"; astrgo@mail.ru.

