

## **О ПОВТОРЯЕМОСТИ ОЧЕНЬ СИЛЬНЫХ И КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЭЛЬ-НИНЬО И ИХ ВЛИЯНИИ НА ПРОМЫСЕЛ В ПЕРУАНСКОМ ПОДРАЙОНЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ПАЦИФИКИ**

*О.Ю. Краснобородько*

*ФГБНУ «АтлантНИРО», г. Калининград  
sea@atlantniro.ru*

Краснобородько О.Ю. О повторяемости очень сильных и катастрофических Эль-Ниньо и их влиянии на промысел в Перуанском подрайоне Юго-Восточной Пацифики // Труды АтлантНИРО. 2018. Том 2, № 2. Калининград: АтлантНИРО. С. 66–83.

Обобщен опыт изучения феномена Южной осцилляции (ЮО), рассмотрена его связь с космогеофизическим фактором – перемещением полюса оси вращения Земли относительно ее географического полюса и промыслом в Перуанском подрайоне Юго-Восточной Пацифики, исследованы периодичности, «скрытые» во временном ряде индекса ЮО. Выявлена связь мультивариантного индекса ЮО с перемещением полюса оси вращения Земли. В пространственном распределении координат мгновенного полюса и синхронных значений индекса методами интерполяции и пространственного осреднения выделены две области с преобладающими положительными и отрицательными величинами индекса, условно названные «область Эль-Ниньо» и «область Ла-Ниньо». Показано, что в 1871–2018 гг. северный среднегодовой полюс вращения Земли сместился из сектора Юго-Западной ( $105^{\circ}$  з.д.– $150^{\circ}$  в.д.) в сектор Юго-Восточной Пацифики ( $70^{\circ}$ – $105^{\circ}$  з.д.) и одновременно из «области Ла-Ниньо» в «область Эль-Ниньо». Появление очень сильных событий Ла-Ниньо и Эль-Ниньо связано с миграциями полюса мгновенной оси вращения в пределах выделенных областей. Выдвинуто предположение, что возникновение таких областей обусловлено изменением направления вектора деформационных сил приливного типа (полюсного прилива), которые в настоящее время охватывают большие массы воды, чем когда-либо ранее. Фазовый анализ временного ряда мультивариантного индекса выявил в нем повторяющиеся ансамбли средней продолжительностью 13 лет. Их типизация позволила описать порядок появления наиболее сильных фаз ЮО (Эль-Ниньо и Ла-Ниньо) в каждом из трех выделенных типов ансамблей. Выявлена синхронность колебаний мультивариантного индекса в ансамблях, отстоящих друг от друга на десятки лет, что дает дополнительные возможности для его успешного прогнозирования. Обнаружено сокращение длительностей ансамблей за последние 130 лет с 16 до 10 лет. Рассмотрены изменения в локализации участков промысла и величине вылова основных промысловых гидробионтов в Перуанском подрайоне в годы с Эль-Ниньо и при его отсутствии. Показана «активная реакция» промысла на изменяющиеся условия среды в периоды Эль-Ниньо, проявляющаяся в смещении участков промысла на меньшие глубины, особенно в пределах исключительной экономической зоны Перу. Обсуждаются возможные механизмы такой реакции. В открытой части района, где глубина не является лимитирующим фактором, отмечено изменение локализации промысловых участков в соответствии с термическим фоном.

**Ключевые слова:** Юго-восточная часть Тихого океана, Перуанский подрайон, Южная осцилляция, Эль-Ниньо, Ла-Ниньо, пелагическая экосистема, анчоус *Engraulis ringens*, перуанская ставрида *Trachurus symmetricus murphyi*, кальмар-дозидикус *Dosidicus gigas*

Krasnoborod'ko O.Yu. On recurrence of heavy and disastrous El Niño and its impact on fishery in the Peruvian subarea of the South-East Pacific // Trudy AtlantNIRO. Vol. 2, № 2. 2018. Kaliningrad: AtlantNIRO. – P. 66–83.

Experience of studying the phenomenon of Southern Oscillation (SO) is synthesized, its connection with the cosmic-geophysical factor – displacement of the Earth's pole of rotation axis relative to its geographic pole and fishery in the Peruvian subarea of the South-East Pacific is considered, and periodicities that are «hidden» in the time series of the SO index are investigated. Correlation of the multivariant ENSO index with the displacement of the Earth's pole of rotation axis is revealed. In the spatial distribution of coordinates of the instantaneous pole and synchronous values of index by interpolation and spatial averaging methods, two regions with the prevailing positive and negative index values, notionally named «El Niño region» and «La Niña region», were distinguished. It is shown that in 1871–2018, the northern annual average pole of the Earth's rotation shifted from the South-West sector (105°W–150°E) to the South-East Pacific sector (70–105°W) and, at the same time, from the «La Niña region» to the «El Niño region». The occurrence of the very heavy La Niña and El Niño events is associated with the migration of the pole instantaneous rotation axis within the selected areas.

It has been suggested that the origination of such areas is due to a change in the direction of the vector of tidal-type deformation forces (pole tide) which currently cover the larger water mass than ever before. Phase portrait analysis of the time series of the multivariant ENSO index revealed repeated ensembles with an average duration of 13 years in it. Their typification enabled us to describe the order in which the most powerful phases of SO (El Niño and La Niña) appear in each of the three selected types of ensembles. Synchronicity of oscillations of the multivariant ENSO index in ensembles separated from each other by tens of years is revealed, which provides additional opportunities for its successful prediction. Reduction from 16 to 10 years in the duration of ensembles over the past 130 years is found. Changes in the localization of fishing grounds and catch of the main commercial hydrobionts in the Peruvian subarea during the years with El Niño as well as in its absence are considered. The «active response» of the fishery to changing environmental conditions during the periods of El Niño is shown, which is manifested in the displacement of fishing grounds to shallower depths, especially within the EEZ of Peru. Possible mechanisms for such a reaction are discussed. In the open part of the area, where the depth is not the limiting factor, a change in the localization of the fishing grounds is noted in accordance with the thermal factor.

**Key words:** South-East Pacific, Peruvian subarea, Southern oscillation, El Niño, La Niña, pelagic ecosystem, anchoveta *Engraulis ringens*, Pacific jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi*, Jumbo squid *Dosidicus gigas*

## Введение

В Перуанском подрайоне (5–20° ю.ш.) юго-восточной части Тихого океана (ЮВТО) в течение многих десятилетий ведется масштабный прибрежный и океанический промысел биоресурсов. Промысловые участки здесь расположены как в пределах исключительных экономических зон (ИЭЗ) Перу и Чили, так и в открытой части района (рис. 1).

В настоящее время это основной район добычи анчоуса (*Engraulis ringens*) и кальмара-дозидикуса (*Dosidicus gigas*), также в районе значительны уловы сардинопса (*Sardinops sagax*) и тунцовых видов рыб (*Auxis* spp. и др.), а в прошлом также перуанской ставриды (*Trachurus symmetricus murphyi*). В последние три десятилетия здесь ведется многовидовой промысел биоресурсов [Состояние ..., 2016] и отмечаются значительные изменения в структуре, объемах вылова и интенсивности промысла, которые связаны с

постепенным открытием и вовлечением в эксплуатацию доступных для промысла запасов в открытых водах района, прежде всего ставриды и скумбрии, флотом СССР в 1979–1991 гг. [Промыслово-океанологические ..., 2002], а с начала 1990-х кальмара-дозидикуса флотами Перу, Чили, Японии, Китая и Южной Кореи [Нигматуллин, 2006; Waluda et al., 2006]. В последние годы биоресурсы района осваиваются полностью, изменения в промысловой ситуации связаны в основном с межгодовой изменчивостью величин запасов и их пространственного распределения, и соответственно – с расширением или сокращением площадей промысловых скоплений облова традиционно используемых запасов. В пределах ИЭЗ Перу промысловая ситуация более стабильна, на протяжении многих десятилетий основными целевыми видами промысла остаются анчоус и сардинопс. В последние два десятилетия в Перуанском подрайоне произошло значительное снижение объема вылова ставриды и увеличение вылова кальмара-дозидикуса [Состояние ..., 2016].

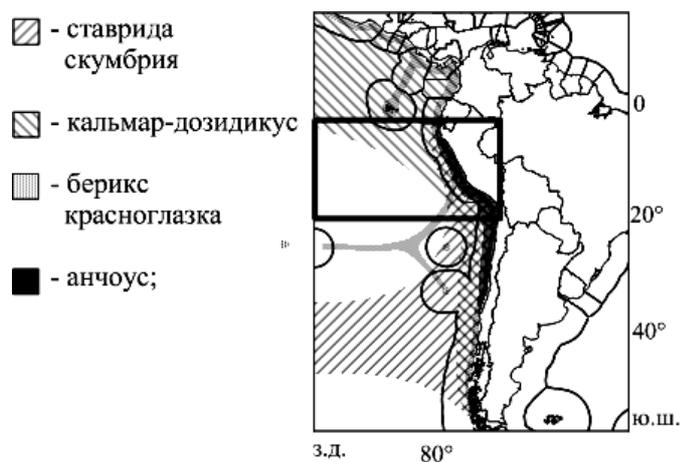


Рис. 1. Ареалы основных промысловых гидробионтов в ЮВТО (Перуанский подрайон выделен жирным, по данным FishBase, URL: <http://www.fishbase.org>)  
 Fig. 1. Ranges of the main commercial hydrobionts in the South-East Pacific (Peruvian subarea is indicated in bold type, based on the data of FishBase, URL: <http://www.fishbase.org>)

В комплексе факторов, определяющих промысловую продуктивность Перуанского подрайона, решающее значение имеют межгодовая изменчивость температуры поверхностных вод [Методы ..., 2003; Waluda et al., 2006] и конфигурация поверхностных течений в прибрежной зоне [Рыбопромысловый ..., 1981]. В ЮВТО зонально ориентированный гидрологический фронт между экваториальными и тропическими водами в 100–200 милях от побережья поворачивает на юг и примыкает к берегу на 5° ю.ш. В декабре-апреле на этом участке в поверхностном слое 0–30 м формируется поток южного направления из теплых (23–29°C) малосоленых (32,5–34,8 psu) экваториальных вод – так называемое течение Эль-Ниньо. В зоне его действия формируется устойчивая стратификация вод, препятствующая конвекции и снабжению нижних горизонтов кислородом, что резко ухудшает условия обитания промысловых гидробионтов. В такие периоды в поисках более холодной и продуктивной воды промысловые гидробионты прижимаются к берегу или опускаются на большие глубины. В некоторые годы течение Эль-Ниньо проникает южнее, чем обычно, а температура воды в нем резко возрастает, что отражается на всей пелагической экосистеме района тем сильнее, чем интенсивнее Эль-Ниньо. Так, в период умеренного Эль-Ниньо 1965–1966 гг. экваториальные воды достигали до 11° ю.ш. у Центрального Перу [Guillen, 1971], а одно из крупнейших за всю историю наблюдений Эль-Ниньо 1982–1983 гг. при своем продвижении на юг достигло до 30° ю.ш. у Центрального Чили, а в ИЭЗ Перу аномалии температуры поверхности океана (ТПО) достигали 8–10°C [Копытов, 1991].

При возникновении Эль-Ниньо вследствие прогрева поверхностных вод уменьшается развитие низкой слоисто-кучевой облачности, постоянно присутствующей над районами перуанского апвеллинга, что обеспечивает дополнительный радиационный прогрев вод и своеобразную «консервацию» положительной температурной аномалии – известный феномен Перуанского подрайона. Обратный процесс выхолаживания вод под действием активизации перуанского апвеллинга называют Ла-Ниньо. Его эпизоды отмечались в 1960-х и 1970-х годах, но наиболее выражены они были в конце XIX-начале XX веков [Wolter, Timlin, 2011].

Феномен Эль-Ниньо является одним из звеньев в цепи процессов Южного колебания, обнаруженного Г. Уолкером в 1920-х годах [Вакуленко, Сонечкин, 2011]. Исследования Х. Берлаге, Я. Бьеркнеса, К. Виртки, Д. Хорелла, Т. Барнета, Р. Керра, Х. Дейкстры, В.И. Бышева, А.В. Федорова [Вакуленко, Сонечкин, 2011], а также Н.С. Сидоренкова [2002] и С.К. Кудерского [2007] позволили рассматривать оба явления в рамках единого феномена Эль-Ниньо-Южное колебание (**ЭНЮК**, англ. ENSO). ЭНЮК – наиболее масштабный сигнал в глобальной климатической изменчивости системы атмосфера-океан. Для его характеристики часто используется мультивариантный индекс (мультивариантный Эль-Ниньо индекс – **МЭИ**, англ. MEI), который представляет собой первую главную компоненту по шести параметрам гидрометеорологических полей Тропической Пацифики: атмосферному давлению, зональной и меридиональной компонентам приземного ветра, ТПО, температуре приземного воздуха, облачности [Multivariate ..., 2018]. Положительные значения МЭИ связывают с Эль-Ниньо, отрицательные – с Ла-Ниньо (рис. 2).

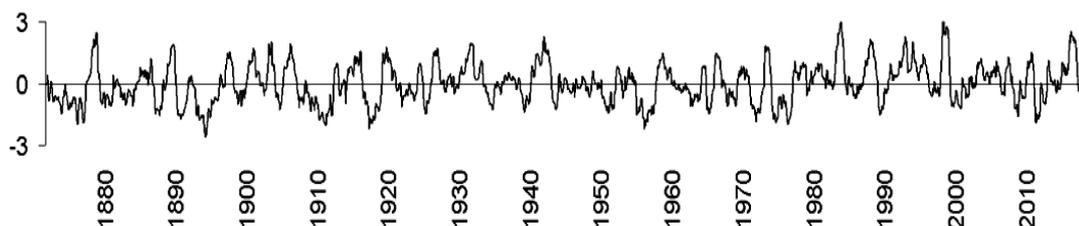


Рис. 2. Значения МЭИ в 1871–2018 гг. По данным NOAA [Multivariate ..., 2018]

Fig.2. Values of the multivariate ENSO index (MEI) in 1871–2018. Based on the NOAA data [Multivariate ..., 2018]

По силе проявления Эль-Ниньо принято подразделять на 6 классов: очень слабое ( $\text{МЭИ} < 0,6$ ), слабое ( $0,6 \leq \text{МЭИ} < 1,2$ ), умеренное ( $1,2 \leq \text{МЭИ} < 1,8$ ), сильное ( $1,8 \leq \text{МЭИ} < 2,4$ ), очень сильное ( $2,4 \leq \text{МЭИ} < 3$ ) и катастрофическое ( $\text{МЭИ} \geq 3$ ) [Mazzarella, Giuliani, 2009]. За последние 40 лет катастрофические Эль-Ниньо фиксировались в 1982–1983, 1997–1998 гг., очень сильное – в 2015–2016 гг., сильные – в 1986–1987, 1991–1993 гг., умеренное – в 2009–2010 гг., слабое – в 2002–2003 гг. Сильные, очень сильные и катастрофические Эль-Ниньо продолжаются по 10–14 месяцев, очень слабые и слабые – до 7 месяцев.

Несмотря на хорошую обеспеченность Восточной Пацифики натурными наблюдениями (Перуанский подрайон относится к одному из наиболее изученных районов Мирового океана), практика прогнозирования гидрометеорологических условий в нем показывает недостаточную эффективность разработанных моделей ЭНЮК [Вакуленко, Сонечкин, 2011], так как они не могут «уловить» индивидуальный характер развития каждого его эпизода. Так, анализ данных ТПО в ИЭЗ Перу показал присутствие в их периодограмме четырех пиков – 3, 6, 11 и 18 лет, но ошибка разработанного на ее основе прогноза двух последующих событий Эль-Ниньо 1997–1998 и 2002–2003 гг. с заблаговременностью 13–18 лет составила 1–2 года [Копытов, 1991]. Среди других авторов, использовавших различные динамические и статистические модели ЭНЮК (всего 15), лишь половина добилась приемлемой точности результатов прогнозирования этих двух событий [Barnston et al., 1999; Kerr, 2002].

Грандиозные масштабы проявления и негативное влияние на промысел в ЮВТО Эль-Ниньо 1982–1983 гг. побудили промысловых экологов подключиться к изучению феномена ЭНЮК. Было установлено, что возникновение сильных Эль-Ниньо связано с влиянием на воды ТПО деформационных сил приливного типа [Цыганов, 1991], которые формируют так называемый полюсный прилив [Максимов, 1970; Серых, Сонечкин, 2016]. Также было выявлено, что Эль-Ниньо развиваются на фоне смещения субтропического антициклонического круговорота Южной Пацифики к югу [Цыганов, 1987; Вершовский, 2007] и происходят на фоне сезонных аномалий скорости вращения Земли [Беренбейм, Кудерский, 1987; Кудерский, 2007]. Связь межгодовых колебаний ТПО в различных подрайонах ЮВТО с явлением Эль-Ниньо имеет разный знак [Методы ..., 2003; Котенев и др., 2014]: в Перуанском подрайоне эта связь положительная (коэффициент корреляции  $k > +0.5$ ), а в открытых водах Чилийского подрайона преимущественно отрицательная ( $k < -0.4$ ) или вообще отсутствует [Нестеров, Чур, 2009].

Существующая неоднозначность при прогнозировании ЭНЮК и оценке последствий этого феномена для пелагической экосистемы Перуанского подрайона создает экономические и управленческие риски для промысла в этом районе. На сегодняшний день вопросы совершенствования существующих методов прогнозирования ЭНЮК и его влияния на промысловую экосистему Перуанского подрайона и ЮВТО в целом остаются актуальными. Это определило цель данной работы – на основе массива данных о мультивариантном индексе исследовать особенности межгодовой изменчивости феномена ЭНЮК для совершенствования существующих методик его прогнозирования и состояния промысла в Перуанском подрайоне ЮВТО. В задачи исследования входило:

- выявление причин высокой повторяемости очень сильных Эль-Ниньо в новейшее время (конец XX – начало XXI веков) и очень сильных Ла-Ниньо в прошлом (конец XIX – середина XX веков);
- выделение и типизация повторяющихся последовательностей (ансамблей) значений индекса МЭИ в его временном ряде с 1871 по 2018 гг.;
- рассмотрение влияния очень сильных Эль-Ниньо на особенности развития промысла в Перуанском подрайоне ЮВТО.

## **Материалы и методы**

В работе использованы следующие исходные данные и методики их обработки:

1. Временные ряды величин МЭИ в 1871–1949 гг. (расширенный ряд на основе восстановления исторических данных по давлению и ТПО, англ. Ext. MEI) и в 1950–2018 гг. (оригинальный ряд MEI). Значения МЭИ были получены из базы данных Physical Sciences Division of the Earth System Research Laboratory NOAA [Physical ..., 2018] и совмещены в единый временной ряд. На первом этапе он был подвергнут сглаживанию методом скользящего среднего по 13 точкам для удаления внутригодовых вариаций индекса. На втором этапе к полученному временному ряду был применен метод фазового анализа [Понькина, 2014] для поиска повторяющихся ансамблей колебаний индекса.

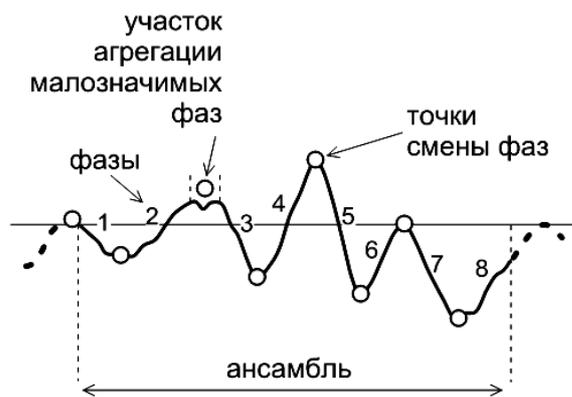


Рис. 3. Пример выделения фаз, точек их смены, ансамбля, агрегации малозначимых фаз.

Использованы значения МЭИ за 1880–1895 гг.

Fig.3. Example of selection of phases, points of their displacement, ensemble, aggregations of insignificant phases aggregation. MEI values for 1880–1895 are used.

Фазовый анализ временных рядов применяется для исследования локальных колебаний рядов, имеющих асимметричный, нерегулярный характер, которые свойственны многим рядам натуральных данных. Под фазами понимаются периоды непрерывных положительных или отрицательных флуктуаций ряда, фазы разделяются точками их смены – локальными экстремумами, которым в ряде МЭИ соответствуют события Эль-Ниньо и Ла-Ниньо. В процессе анализа также применялся прием агрегирования фаз – сглаживание незначительных колебаний ряда. Выделение и типизация ансамблей выполнялись путем вычленения отрезков из временного ряда МЭИ, состоящих из 8–9 фаз, независимо от их абсолютной продолжительности, и подборе их комбинаций, наиболее сходных по характеру изменения значений МЭИ внутри отрезков с учетом их возможной зашумленности (рис. 3).

2. Координаты мгновенного полюса оси вращения Земли  $X_p$ ,  $Y_p$  в угловых секундах были получены с сайта Международной службы определения параметров вращения Земли (International Earth Rotation and Reference Systems Service) [IERS, 2018]. Далее они были преобразованы в метрическую систему координат с началом отсчета в районе северного географического полюса и по параметру времени совмещены с величинами МЭИ в рамках квазидвадцатидневных периодов.

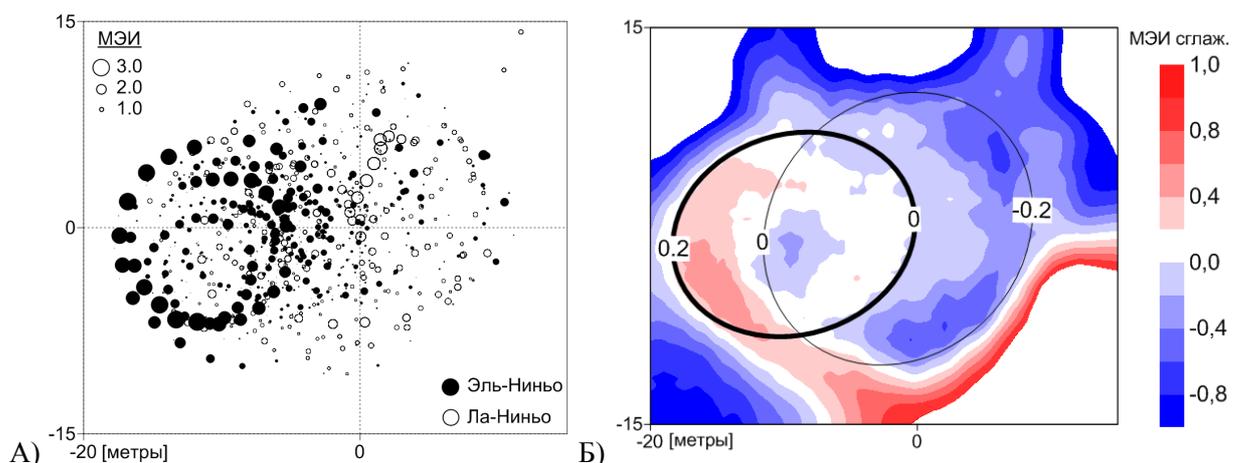


Рис. 4. А – мгновенная ось вращения Земли при сильных фазах Южной осцилляции (модуль МЭИ более 1,0; квазидвадцатидневные периоды);

Б – области преимущественных + и – значений МЭИ в поле его сглаженных значений  
Fig.4. A – Instantaneous Earth's rotation axis during the heavy phases of the Southern oscillation (module of MEI of more than 1.0; quasi-twenty-day periods)

Б – areas of primary + and – MEI values in the field of its smoothed values

Для выделения в зоне миграции оси областей преимущественных положительных или отрицательных значений МЭИ (условно названных нами «область Эль-Ниньо» и «область Ла-Ниньо») значения координат мгновенного полюса и синхронных с ними значений индекса (рис. 4А) были подвергнуты интерполяции на регулярную сетку с разрешением 0,5x0,5 м методом «Kriging» [Basic ..., 2017]. Полученное распределение было сглажено методом скользящего среднего по пространству [Surfer Moving Average, 2018] с областью сглаживания 9x9 точек. Границами областей индексов разных знаков служили величины сглаженного индекса  $\pm 0,2$ , а в зоне их пересечения 0 (рис. 4Б). Координаты среднегодового полюса рассчитывались как средние значения от мгновенных координат полюса, наблюдаемых в течение года.

3. Среднемесячные данные о ТПО за период 2012–2016 г. были получены из базы данных Integrated Global Ocean Services System [IGOSS, 2018]. На их основе рассчитывались параметры локализации промысловых судов в Перуанском подрайоне по диапазонам значений ТПО.

4. Батиметрические данные были получены из массива General Bathymetric Chart of the Oceans [GEBCO, 2018]. На их основе рассчитывались параметры локализации промысловых судов в Перуанском подрайоне по диапазонам глубин.

5. Ежедневные данные о промысле (координаты локализации всех промысловых судов) в Перуанском подрайоне ЮВТО за 2012–2016 гг. были получены с сервиса глобального мониторинга рыбопромысловой активности Global Fishing Watch [GFW, 2018], аккумулирующего данные о положении промысловых судов, передаваемых по каналам автоматизированных судовых систем идентификации (АИС).

Интерполяция пространственно-распределенных данных (ТПО, батиметрия, координаты судов) для района ЮВТО ( $0-25^\circ$  ю.ш.,  $70-105^\circ$  з.д.) на регулярную географическую сетку с разрешением  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  выполнялась методом «Kriging» [Basic ..., 2017]. Визуализация данных выполнялась в пакете Golden Software Surfer 10.

6. Данные об объемах годовой добычи анчоуса и кальмара-дозидикуса в Перуанском подрайоне были получены на основе статистики вылова в 87-м подрайоне ФАО [FAO, 2018a] и в ИЭЗ Перу и Чили [FAO, 2018 b]. В пределах Перуанского подрайона вылов анчоуса ведется только в ИЭЗ Перу, а в открытых водах его нет. Поэтому величины вылова анчоуса в ИЭЗ адекватно отражают объем его вылова в Перуанском подрайоне в целом. Вылов кальмара-дозидикуса ведется как в ИЭЗ Перу, так и за ее пределами, а также в ИЭЗ Чили. Для оценки вылова кальмара в Перуанском подрайоне в целом рассчитывалась разница между его выловом в 87-м подрайоне и выловом в ИЭЗ Чили.

## Результаты

Анализ связи между положением мгновенного полюса вращения Земли с величиной МЭИ в 1871–2018 гг. позволил выделить две пересекающиеся области, в пределах которых отмечались максимальные величины МЭИ разных знаков: так называемые «область Ла-Ниньо» с преимущественно отрицательными значениями индекса и «область Эль-Ниньо» с преимущественно положительными значениями МЭИ (рис. 5). Центры спиралей, в которых находится среднегодовой полюс, мигрируют относительно географического полюса. В рассматриваемый период Северный среднегодовой полюс в проекции на южное полушарие сместился из сектора ЮЗТО ( $105^\circ$  з.д.– $150^\circ$  в.д.) в сектор ЮВТО ( $70-105^\circ$  з.д.) и одновременно из «области Ла-Ниньо» в «область Эль-Ниньо» (рис. 5).

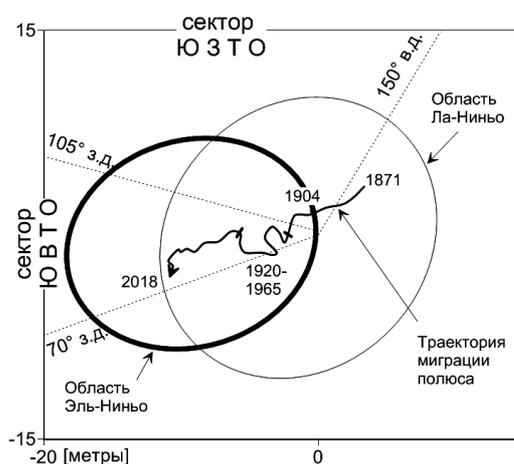


Рис. 5. Перемещение среднегодовых координат полюса оси вращения Земли относительно областей ЭНЮК и секторов Пацифики  
 Fig.5. Displacement of the annual average coordinates of the pole of the Earth's rotation axis relative to areas of the El Niño-Southern Oscillation and the Pacific sectors

До 1920 г. среднегодовой полюс был ближе к центру области Ла-Ниньо, чем Эль-Ниньо. В этот период отмечались Ла-Ниньо 1892–1894, 1908–1910 и 1916–1917 гг. Полюс равномерно двигался в юго-западном направлении и в 1904 г. был на минимальном удалении от Северного географического полюса. В переходный период 1920–1965 гг. среднегодовой полюс был равноудален от центров областей, отмечались его значительные миграции, связанные, вероятно, с нестабильностью параметров вращения планеты Земля под действием перераспределения масс воды в Мировом океане. С 1965 г. полюс стал вновь равномерно двигаться и приближаться к центру области Эль-Ниньо, одновременно удаляясь от центра области Ла-Ниньо. Три наиболее значимых за последние 40 лет события Эль-Ниньо – 1982–1983, 1997–1998 и 2015–2016 гг. относятся к этому периоду.

Фазовый анализ временного ряда МЭИ позволил выявить в нем повторяющиеся ансамбли индекса продолжительностью от 10 до 16 лет (в среднем 13 лет), в пределах которых отмечены по восемь эпизодов ЭНЮК: четыре Эль-Ниньо и четыре Ла-Ниньо. Выделены три типа ансамблей, различающихся порядком появления наиболее сильных эпизодов ЭНЮК (рис. 6): 1 тип – в середине ансамбля (например, ансамбль 1976–1989 гг., Эль-Ниньо 1982–1983 гг.); 2 тип – в начале ансамбля (пока неполный ансамбль 2012–2018 гг., Эль-Ниньо 2015–2016 гг.); 3 тип – в конце ансамбля (ансамбль 1989–2001 гг., Эль-Ниньо 1997–1998 гг.). Обращает на себя внимание поразительная синхронность колебаний в ансамблях, отстоящих друг от друга на десятки лет, несмотря на то, что временной ряд МЭИ до 1950 г. был получен методом восстановления исторических данных по давлению и ТПО.

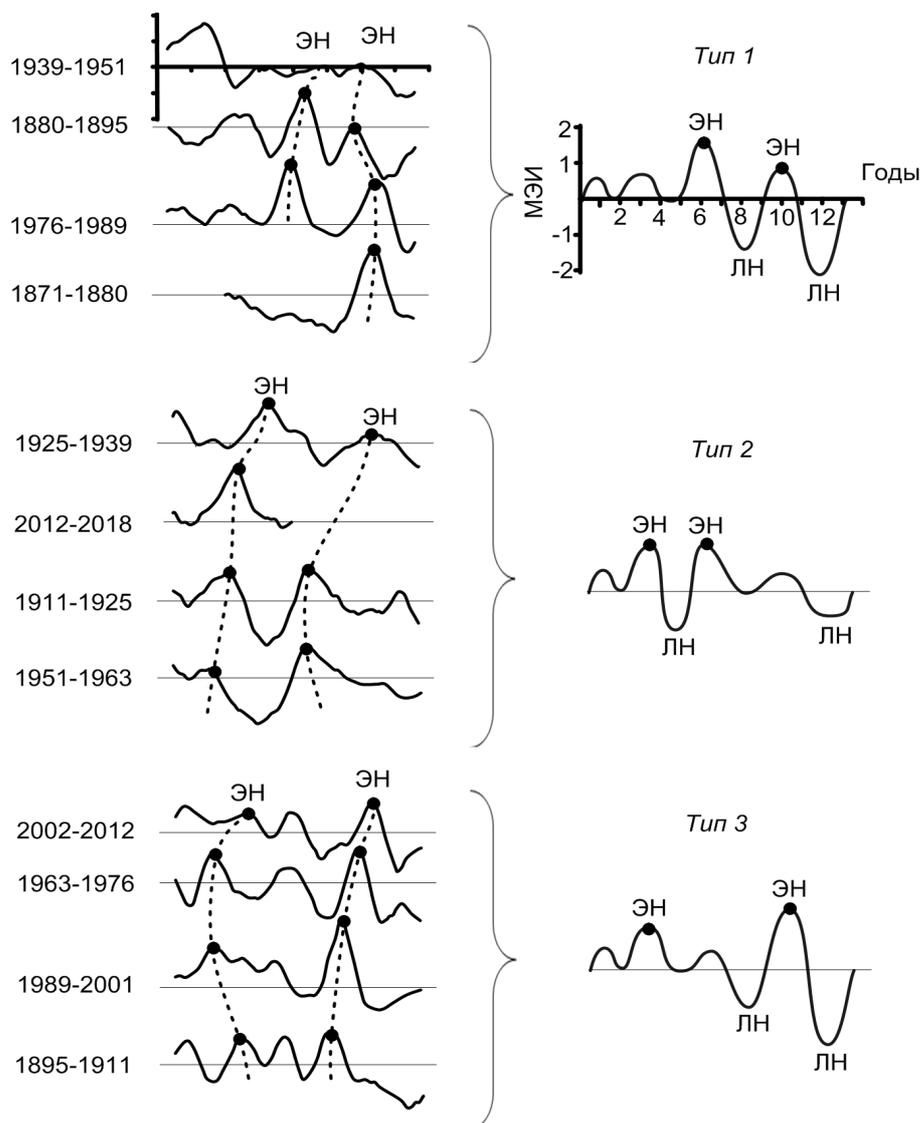


Рис. 6. Стандартизованные к 13 годам ансамбли МЭИ в 1871–2018 гг. и их типизация (ЭН – Эль-Ниньо, ЛН – Ла-Ниньо)  
 Fig.6. Ensembles of MEI standardized by 13 years in 1871–2018 and their typification (ЭН – El Niño, ЛН – La Niña)

В рассматриваемый период 1871–2018 гг. было обнаружено сокращение длительности ансамблей индекса МЭИ (рис. 7). Наиболее длительным был ансамбль 1895–1911 гг. (16 лет) и самым коротким – ансамбль 2002–2012 гг. (10 лет). Поскольку Южная осцилляция, вероятно, является вынужденным колебательным процессом, то сокращение длительностей ансамблей может свидетельствовать о диссипации энергии в этой колебательной системе вследствие ослабления вынуждающей силы либо о перераспределении энергии и перестройке характера колебаний.

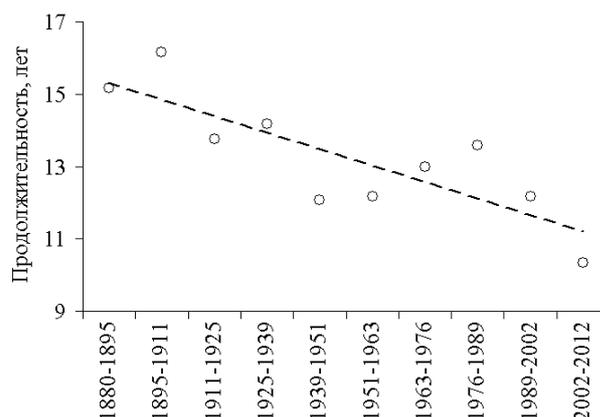


Рис. 7. Длительности 10 ансамблей МЭИ с 1880 по 2012 гг.  
Fig.7. Duration of 10 ensembles of MEI from 1880 to 2012

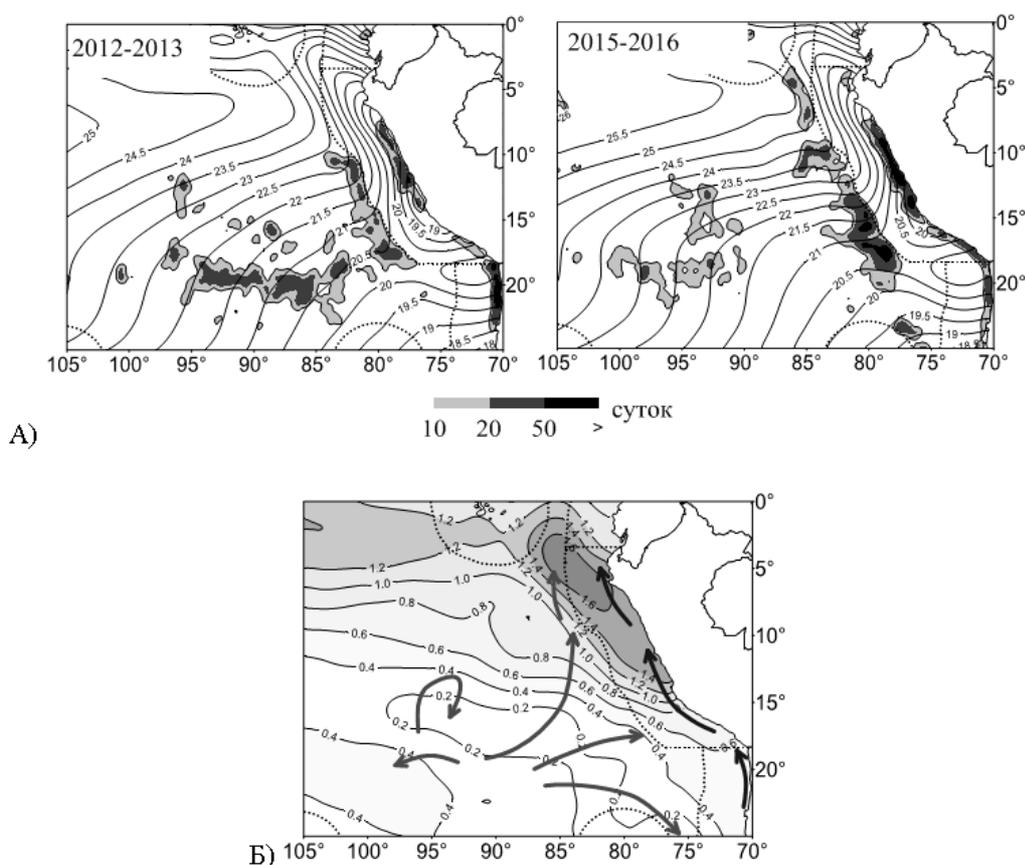


Рис. 8. А – Распределение величин ТПО и участки промысла судов, оборудованных АИС, без разделения по объектам лова в обычные годы (2012–2013 гг.) и в годы Эль-Ниньо (2015–2016 гг.); Б – направления смещения групп судов (стрелки) и аномалии ТПО в годы Эль-Ниньо  
Fig. 8. А – Distribution of SST values and fishing grounds of vessels equipped by automatic identification system not specified by target species in normal years (2012–2013) and in the years of El Niño (2015–2016).  
Б – Directions of fishing grounds displacement (shown by arrows) and SST anomalies in the years of El Niño

В открытой части подрайона основные участки промысла, на которых в обычные годы активно ведется лов кальмара-дозидикуса и тунцов, расположены на границе южной части ИЭЗ Перу, а также в районе подводных хребтов Наска и Сала-и-Гомес (рис. 8А). В годы последнего сильного Эль-Ниньо 2015–2016 гг. наибольшее падение промысловой активности (до 20–50 суток) отмечалось над подводными хребтами, несмотря на то, что рост среднегодовых величин ТПО здесь не превышал 0,5°С. Активизация промысловой деятельности отмечалась на всем протяжении границы ИЭЗ Перу, на разных участках

которого фиксировался как рост ТПО на +1,5–2,0°C к северу от 9° ю.ш., так и стабильный температурный фон в районе к югу от 21° ю.ш., в так называемом «чилийском сапоге» (рис. 8Б).

В Перуанском подрайоне отмечается тенденция увеличения суммарной площади участков промысла, в 2016 г. она почти на 50% превышала таковую в 2012 г. (рис. 9).

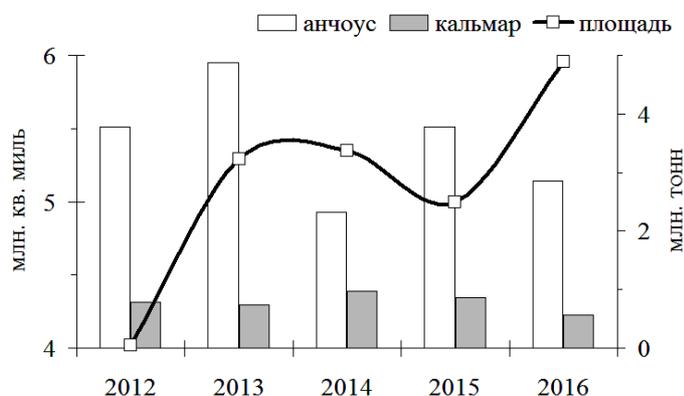


Рис. 9. Суммарная площадь участков промысла (млн миль<sup>2</sup>) без разделения по объектам лова, объемы вылова основных видов в Перуанском подрайоне (млн т.), по данным [GFW, 2018; FAO, 2018 a,b]  
 Fig.9. Total area of fishing grounds (mln. miles<sup>2</sup>) not specified by target species, catch volumes of the main species in the Peruvian subarea (mln. t), based on the data [GFW, 2018; FAO, 2018 a,b]

## Обсуждение

Земля как планета испытывает свободную нутацию, в геофизической литературе ее называют свободной нутацией Эйлера или чандлеровским перемещением полюсов [Викулин, Кролевец, 2001]. Свободная нутация происходит с периодом 430–435 суток и переменной амплитудой, в результате чего движение мгновенных полюсов происходит по спиралям, «пульсирующим» с периодом около 6,5 лет в приполярных секторах размером не более 25x30 м [Пасынок, 2016]. Вопрос о силах, возбуждающих чандлеровские перемещения полюсов, до сих пор остается дискуссионным, но большинство исследователей сходятся на том, что они инициируются перераспределением момента количества движения, обусловленным процессами, происходящими в первую очередь в теле Земли [Викулин, Кролевец, 2001].

Поскольку амплитуды перемещений полюсов невелики, значительный вклад в них вносят так называемые флюиды – перемещения масс в атмосфере, гидросфере и криосфере [Пасынок, 2016]. Феномен ЭНЮК, сопровождающийся перераспределением значительных масс воды в Юго-Восточной Пацифике за счет Эль-Ниньо, вносит, очевидно, значительный дисбаланс в параметры вращения планеты, что пропорционально отражается на координатах ее мгновенной оси вращения.

Возникновение в районе миграции оси областей с разными знаками индекса МЭИ может быть обусловлено изменением направления вектора деформирующих сил приливного типа (полюсного прилива), который рядом авторов рассматривается в качестве регулятора интенсивности экваториального и перуанского апвеллингов [Цыганов, 1991; Кудерский, 2007; Серых, Сонечкин, 2016]. Действительно, за последние 147 лет вследствие миграции оси вращения его направление в проекции на западное полушарие изменилось с северо-восточного на юго-восточное (рис. 10). С учетом географии региона в новейшее время деформационное воздействие приливного типа стало охватывать большие массы воды в пределах Пацифики, чем это было ранее. Вероятно, это создает дополнительные условия для формирования очень сильных Эль-Ниньо в ЮВТО.

Результаты промысла в ЮВТО в 1980-х годах показывают, что восстановление нормального состояния пелагической экосистемы Перу после Эль-Ниньо занимает 2–3 года [Копытов, 1991; Промыслово-океанологические исследования..., 2002; Нестеров, Чур,

2009]. По-видимому, восстановление происходит тем быстрее, чем более низкий температурный фон наблюдается в ИЭЗ Перу в следующие за Эль-Ниньо годы. С этой точки зрения наиболее благоприятна для быстрого возвращения экосистемы к первоначальному состоянию ситуация 1-го типа ансамбля МЭИ, выделенная нами, при которой за каждым сильным, очень сильным или катастрофическим Эль-Ниньо следовал «гасящий» его негативный эффект хорошо выраженного Ла-Ниньо. По такому сценарию развивалась ситуация в 1976–1989 гг. в период освоения промысла ставриды в ЮВТО судами СССР, с катастрофическим Эль-Ниньо 1982–1983 гг. и сильным Эль-Ниньо 1986–1987 гг., компенсированными последовавшими за ними Ла-Ниньо.

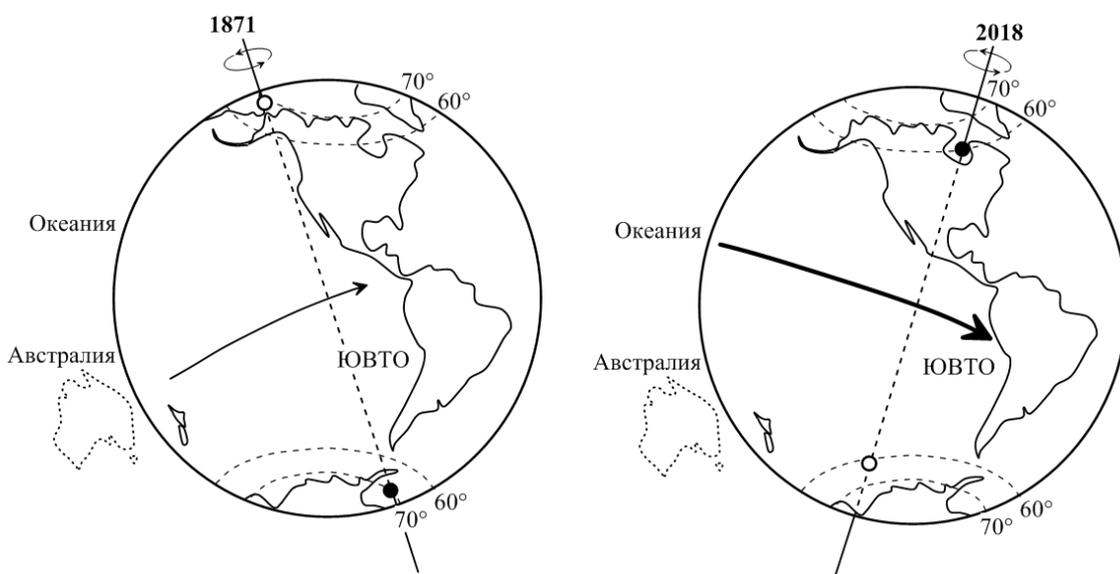


Рис. 10. Переориентация вектора полюсного прилива за последние 147 лет (для наглядности наклон оси увеличен в ~1,5 млн раз)  
 Fig.10. Reorientation of the pole tide vector for the last 147 years (for visual clarity, axis slope was enlarged in ~1,5 million fold)

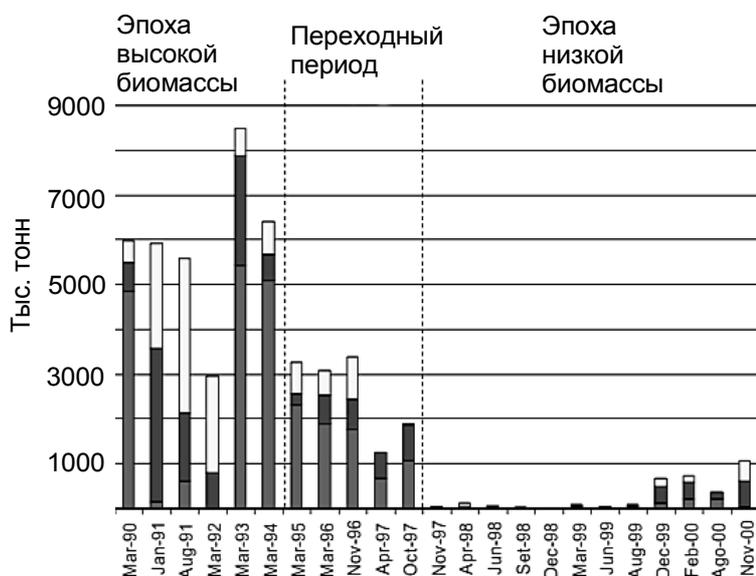


Рис. 11. Биомасса ставриды по данным акустических съемок ИМАРПЕ в водах Перу в 1990–2000 гг. [Peru Annual National Report ..., 2009]  
 Fig.11. Biomass of jack mackerel based on the data of acoustic surveys carried out by IMARPE in the Peruvian waters in 1990–2000 [Peru Annual National Report ..., 2009]

В ансамблях 2 и 3 типов «гасящий» эффект обеспечивается только для одного Эль-Ниньо, а влияние второго Эль-Ниньо остается некомпенсированным, поэтому их можно счи-

тать неблагоприятными для состояния экосистемы Перу. В период советского промысла в ЮВТО такая ситуация не отмечалась, и проявилась уже после его окончания – в 1990–2001 гг. По данным эхометрических съемок в ИЭЗ Перу, выполняемых Перуанским институтом исследования моря (IMARPE), резкое снижение биомассы ставриды в водах этой страны произошло в 1995 г. после некомпенсированного Эль-Ниньо 1991–1992 гг. [Peru Annual National Report ..., 2009]. Специалисты IMARPE называют этот период переходным от эпохи высокой биомассы к эпохе низкой биомассы ставриды (рис. 11). И хотя в 1996 г. уровень биомассы оставался прежним, в последующие два года под действием катастрофического Эль-Ниньо 1997–1998 гг. падение биомассы ставриды продолжилось до минимальных известных величин – менее 0,1–0,2 млн т [Peru Annual National Report ..., 2009].

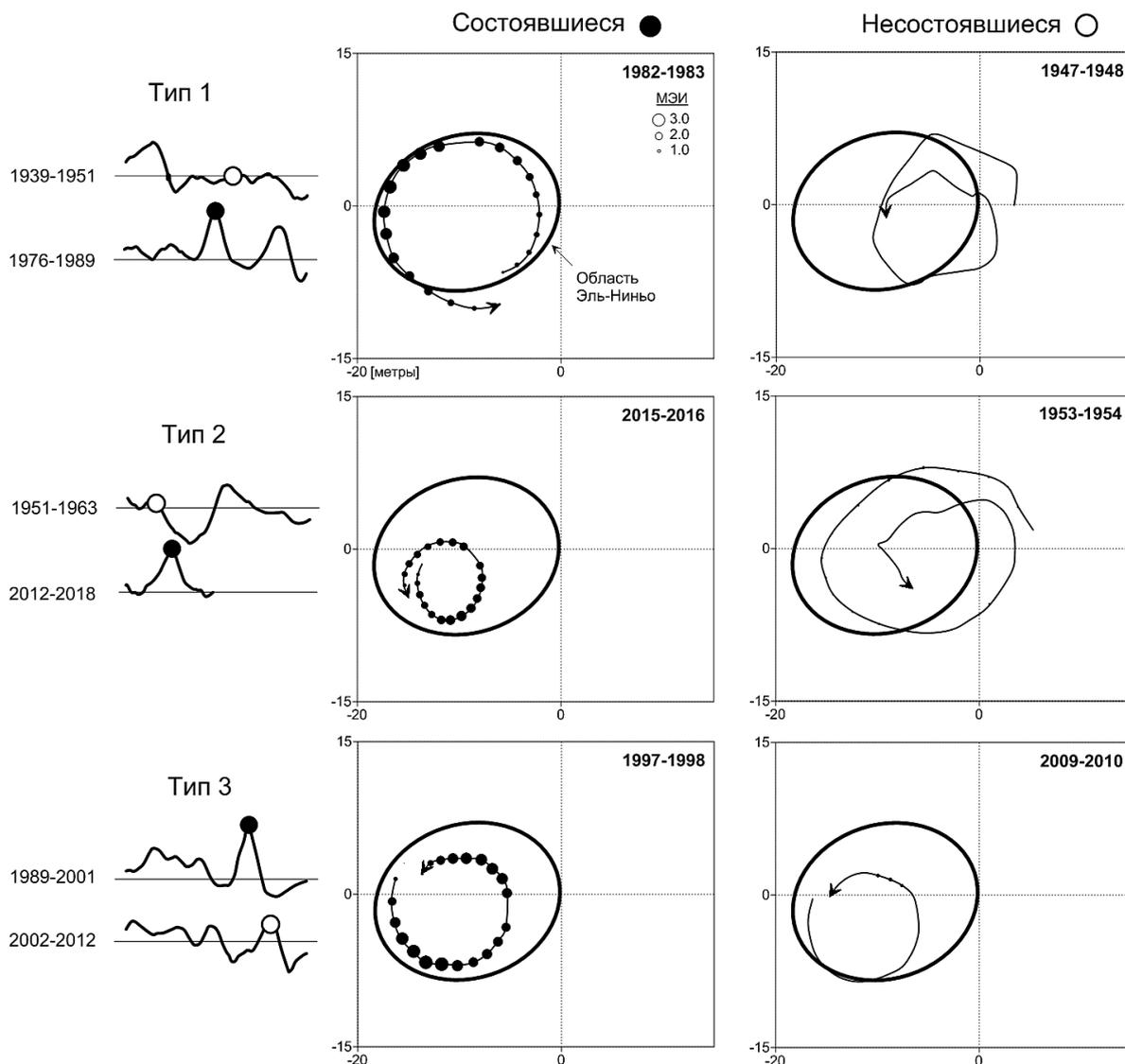


Рис. 12. Перемещение оси вращения Земли в годы состоявшихся (в центре) и несостоявшихся (справа), но ожидавшихся Эль-Ниньо в рамках ансамблей МЭИ (слева)  
 Fig.12. Displacement of the Earth's rotation axis in the years of occurred (at the centre) and unrealized (at the right) but expected El Niño in the context of MEI ensembles (at the left)

Анализ интенсивности фаз МЭИ внутри выделенных нами ансамблей показывает, что она может сильно варьировать от ансамбля к ансамблю в зависимости от того, насколько точно траектория оси вращения Земли в период развития того или иного ансамбля укладывается в рамки «области Эль-Ниньо» (рис. 12) и насколько она близка к «правильной» спиралевидной форме. Так, в 1-м типе ансамбля МЭИ в его середине

должно отмечаться сильное, очень сильное или катастрофическое Эль-Ниньо (это наблюдалось, например, в 1982–1983 гг.). В аналогичном же ансамбле этого типа 1939–1951 гг. такое же по силе Эль-Ниньо должно было развиваться в 1947–1948 гг., однако этого не случилось. Наблюдения показывают, что траектория движения мгновенного полюса вращения в этот период была смещена к востоку, часть времени она проходила за пределами «области Эль-Ниньо» или близко к ее границе, а также испытывала значительные вариации по направлению. Несостоявшиеся, но ожидавшиеся в рамках ансамблей Эль-Ниньо либо их слабые варианты можно обнаружить и во 2-м (например, несостоявшееся Эль-Ниньо 1953–1954 гг.), и в 3-м типах ансамблей (слабое Эль-Ниньо 2009–2010 гг.).

Текущий ансамбль МЭИ, начавшийся в 2012 г., вероятно, относится ко 2-му (неблагоприятному) типу, т.е. будет содержать некомпенсированное сильное Эль-Ниньо в середине ансамбля. По нашим расчетам, его следует ожидать в период 2021–2022 гг., однако сила его проявления будет зависеть от траектории мгновенной оси вращения в этот период.

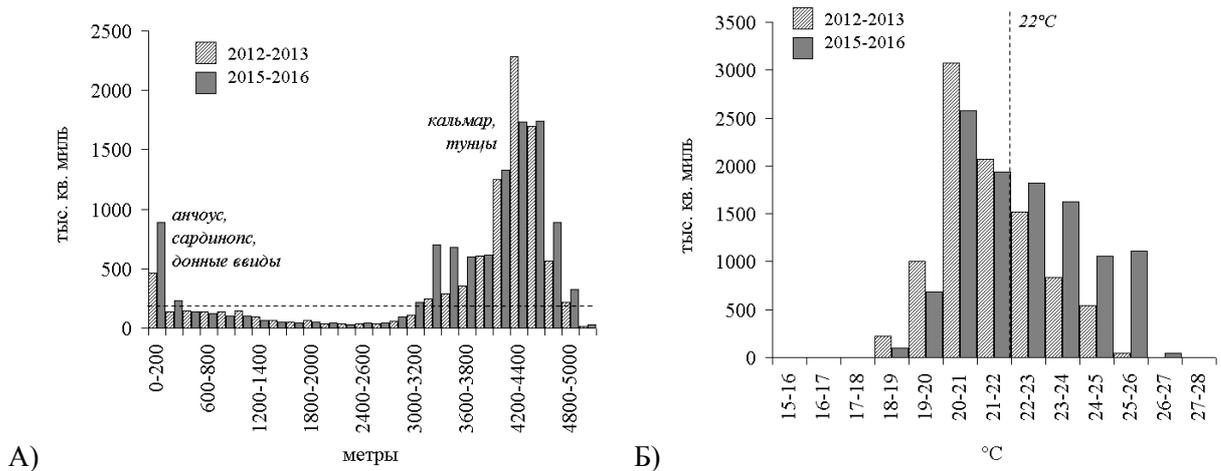
Промысел в Перуанском подрайоне испытывает значительное влияние Эль-Ниньо. Анализ показывает, что, по всей видимости, конфигурация участков промысла в открытой части Перуанского подрайона обусловлена не столько термическим фоном, сколько интенсивностью локальных выносов богатых биогенами шельфовых вод и вод Перуанского течения. Последние вместе со скоплениями кальмара-дозидикуса выносятся в открытую часть района на участке у границы ИЭЗ Перу между 5–25° ю.ш., но особенно часто между 18–25° ю.ш., где Перуанское океаническое течение меняет свое генеральное направление с северного на северо-западное и поворачивает в открытый океан.

В пределах ИЭЗ Перу ситуация несколько другая: в 2012–2013 гг. промысел анчоуса и сардинопса был локализован в основном в узкой прибрежной полосе шириной не более 50–60 миль. В годы очень сильного Эль-Ниньо 2015–2016 гг. отмечалось смещение участков промысла к северу, вероятно обусловленное ростом градиентов ТПО и улучшением условий для формирования промысловых скоплений этих видов рыб на границе теплых экваториальных и холодных апвеллинговых вод.

В результате феномена Эль-Ниньо происходит сокращение участков с благоприятными условиями среды, «заставляя» суда активно передвигаться в поисках подходящих для промысла участков. Так, в первый год Эль-Ниньо 2015–2016 гг. выявленная нами тенденция роста суммарной площади участков промысла в Перуанском подрайоне ЮВТО была нарушена, но уже в следующем году, когда Эль-Ниньо пошло на спад, тенденция к увеличению промысловых площадей проявилась вновь. На фоне снижения объема вылова наиболее массовых видов – кальмара-дозидикуса в открытой части и анчоуса в пределах ИЭЗ Перу такой рост площадей промысла может быть обусловлен снижением производительности промысла вследствие изменений в пелагической экосистеме, характера количественного распределения и снижения величины запасов, и смены доминирующих видов. Следует отметить, что динамика вылова кальмара-дозидикуса находится в противофазе с выловом анчоуса и испытывает меньшее влияние Эль-Ниньо в силу того, что в годы Эль-Ниньо вариации ТПО в ИЭЗ Перу значительно выше, чем за ее пределами.

Совмещение данных АИС с гидрометеорологическими и океанологическими данными позволило выделить диапазоны оптимальных условий среды (глубина места, ТПО) в обычные годы и в годы Эль-Ниньо, при которых ведется промысел, и с некоторой долей вероятности разделить участки промысла по объектам лова (рис. 13). В обычные годы лов в районе ведется во всем диапазоне глубин от 20–50 до 5000 м с величинами ТПО на участках промысла от 18 до 26°C, в среднем 20–23°C. На диаграмме глубин лова выделяются два пика, связанных с целевыми промыслами – прибрежный лов анчоуса, донных видов, сардинопса над шельфом (0–200 м) и океанический промысел тунцов и кальмара над глубинами 3200–5000 м (рис. 13А). В годы Эль-Ниньо отмечается закономерное смещение участков промысла на меньшие глубины, особенно в ИЭЗ, где происходит почти двукратное увеличение их площади в диапазоне глубин 0–200 м. В

целом по району в 1,5–2,0 раза увеличивается площадь промысловых участков с ТПО 22–25°C, в 10 и более раз на участках с ТПО выше 25°C (рис. 13Б).



А) Рис. 13. А – локализация промысловых судов по глубинам в обычные годы (2012–2013 гг.) и в годы Эль-Ниньо (2015–2016 гг.); Б – локализация по величинам ТПО  
 Fig.13. А – localization of fishing vessels by depth in normal years (2012–2013) and in the years of El Niño (2015–2016); Б – localization by SST values

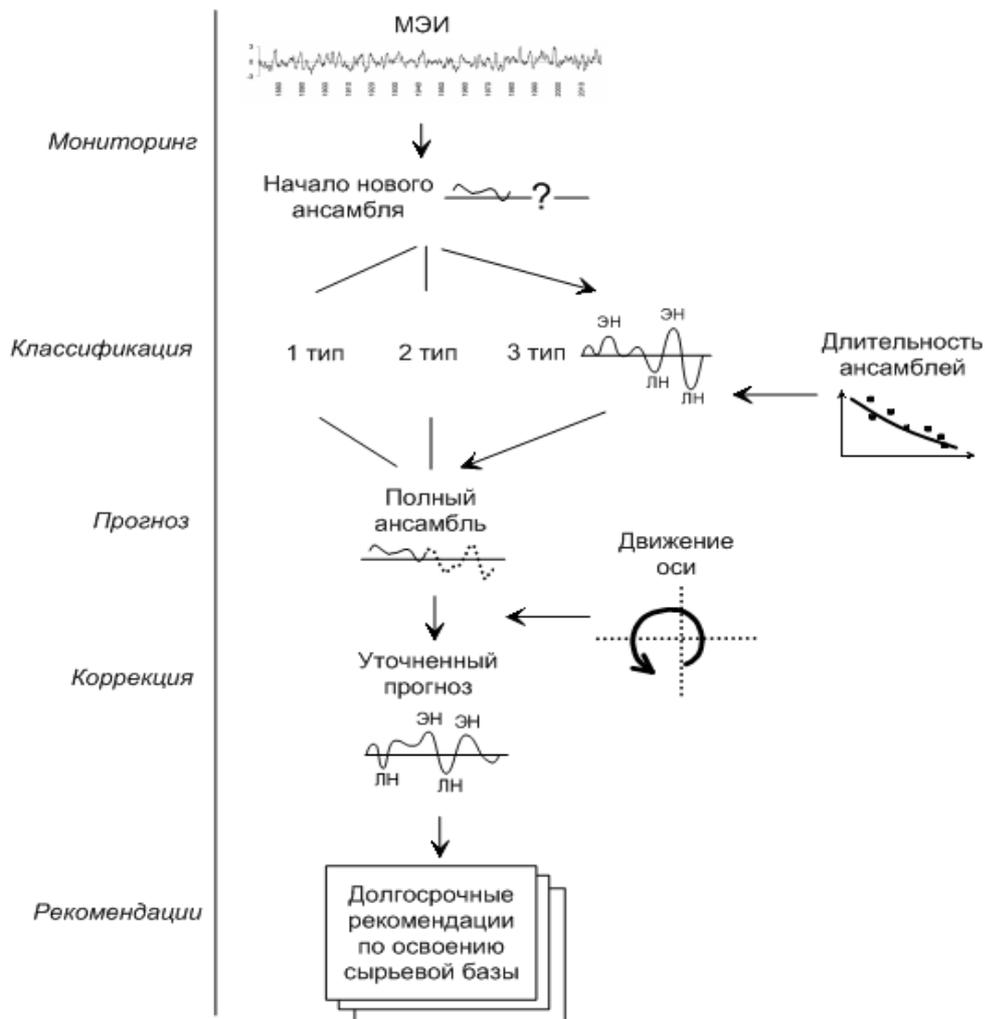


Рис. 14. Блок-схема прогностической модели ЭНЮК в ЮВТО на основе ансамблей МЭИ  
 Fig.14. Block scheme of prediction model of El Niño-Southern Oscillation in the South-East Pacific based on MEI ensembles

Проведенные исследования позволяют предложить качественную прогностическую модель ЭНЮК на основе ансамблей МЭИ, которая может выглядеть следующим образом (рис. 14): в ходе мониторинга параметров среды в Тропической Пацифике непрерывно пополняемый временной ряд МЭИ формирует все новые и новые ансамбли, которые уже на 4–5-й год могут быть классифицированы и отнесены к одному из 3-х известных типов. Спрогнозированные значения МЭИ уточняются исходя из известных закономерностей о длительности ансамблей и движении оси вращения планеты в пределах «областей Эль-Ниньо и Ла-Ниньо» и секторов Пацифики (ЮВТО и ЮЗТО). Уточненный прогноз, наряду с другими индикаторами (состоянием запасов, характеристиками промысла), может стать основой долгосрочных рекомендаций по использованию сырьевой базы Перуанского подрайона.

## **Заключение**

Выявленные закономерности развития феномена ЭНЮК, его частного проявления – Эль-Ниньо в ЮВТО и влияния Эль-Ниньо на промысел в Перуанском подрайоне ранее не освещались в литературе и несут новую информацию об этом явлении.

1. Определена одна из возможных причин высокой повторяемости очень сильных событий Эль-Ниньо в новейшее время (1982–1983, 1997–1998, 2015–2016 гг.). В первом приближении установлена связь событий ЭНЮК разных знаков с миграцией оси вращения Земли относительно географического полюса планеты и относительно западного (ЮЗТО) и восточного (ЮВТО) секторов Пацифики. При этом в качестве основного регулятора интенсивности Эль-Ниньо и Ла-Ниньо рассматривается переориентация вектора деформационных сил приливного типа (полюсного прилива), которые в новейшее время стали охватывать большие массы воды, чем это было ранее. Об этом свидетельствует интенсификация в последние 30–40 лет сильных, очень сильных и катастрофических Эль-Ниньо. Так как процесс миграции оси длительный и устойчивый, то тенденция увеличения повторяемости сильных Эль-Ниньо в ЮВТО, по нашему мнению, носит долговременный и устойчивый характер.

2. Во временном ряде МЭИ обнаружены и выделены серии (ансамбли) повторяющихся значений индекса со средней продолжительностью 13 лет, которые были разделены на три типа, каждый из которых сохраняет свой уникальный «портрет» на протяжении всего периода наблюдений за индексом – т.е. почти 150 лет. Наблюдаемое уменьшение их длительности (с 16 до 10 лет), вероятно, обусловлено диссипацией энергии в колебательной системе ЭНЮК. Выделенные ансамбли могут стать инструментом, который в сочетании с существующими методиками позволит прогнозировать события Эль-Ниньо более успешно. На основе ансамблей МЭИ нами предложена качественная прогностическая модель ЭНЮК в ЮВТО.

Сравнительно короткий ряд значений МЭИ не позволил выявить какой-либо закономерности в порядке появления ансамблей, что является существенным недостатком предлагаемой методики, так как вводит необходимость первоначального накопления данных (в течение 4–5 лет) для классификации новых ансамблей. Следующим шагом в исследовании должен стать поиск инициирующих сил, формирующих ансамбли.

3. Анализ влияния очень сильных Эль-Ниньо на особенности промысла (температурный диапазон на участках лова, глубины мест лова) позволил выявить существенную перестройку конфигурации промысловых участков как в пределах ИЭЗ Перу, так и за ее пределами в открытой части океана. В рамках текущего ансамбля МЭИ, начавшегося в 2012 г., были рассмотрены последствия очень сильного Эль-Ниньо 2015–2016 гг. и его влияние на многовидовой промысел в Перуанском подрайоне. Описан «активный отклик» промысла на развитие Эль-Ниньо, механизмы его приспособления к изменяющимся условиям среды, заключающиеся в перераспределении участков промысла: в пределах ИЭЗ основным направлением смещения участков промысла в годы

Эль-Ниньо является меридиональное (с юга на север), в открытой части района – зональное (к границе ИЭЗ). Очевидно, что при наступлении события Эль-Ниньо сокращаются площади с благоприятными условиями среды, промысел концентрируется на участках меньшей площади, что особенно заметно на фоне расширения суммарной площади, охваченной промыслом в Перуанском подрайоне ЮВТО.

### **Благодарности**

Выражаю искреннюю благодарность сотрудникам ФГБНУ «АтлантНИРО» С.К. Кудерскому за многочисленные вдохновляющие обсуждения по тематике данного исследования и методические рекомендации, Ч.М. Нигматуллину за предоставленные материалы по теме исследования, консультации и критические замечания и П.П. Чернышкову за консультации и критические замечания.

### **Список литературы**

*Беренбейм Д.Я., Кудерский С.К.* Глобальное явление Эль-Ниньо, рыболовство и скорость вращения Земли // Тр. Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Калининград: АтлантНИРО, 1987. С. 46–54.

*Вакуленко Н.В., Сонечкин Д.М.* Свидетельство влияния солнечной активности на Эль-Ниньо – Южное колебание // Океанология, 2011. Т. 51, № 6. С. 994–999.

*Викулин А.В., Кролевец А.Н.* Чандлеровское колебание полюса и сейсмотектонический процесс // Геология и геофизика, 2001. Т. 42, № 6. С. 996–1009.

*Вершовский М.Г.* Состояние центров действия атмосферы Атлантического и Тихого океанов: пути к прогнозированию // Вопр. пром. океанологии, 2007. Вып. 4, № 2. С. 102–110.

*Копытов В.И.* О фоновом прогнозировании явления Эль-Ниньо в восточной части Тихого океана // Экологические рыбохозяйственные исследования в Южной части Тихого океана. Сб. научных трудов. Калининград: АтлантНИРО, 1991. С. 124–127.

*Котенев Б.Н.* [и др.]. О будущем состоянии популяций массовых гидробионтов в биопродуктивных районах Мирового океана / Котенев Б.Н., Кровнин А.С., Масленников В.В., Мордасова Н.В. // Труды ВНИРО, 2014. Т. 152. С. 209–247.

*Кудерский С.К.* О связи явления Эль-Ниньо с вариациями скорости вращения Земли и колебаниями оси ее вращения // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2004-2005 гг. Т. 1. Калининград: АтлантНИРО, 2007. С. 14–18.

*Максимов И.В.* Геофизические силы и воды океана // Л.: Гидрометеиздат. 1970. 447 с.

Методы многомерного статистического анализа в промыслово-океанологических исследованиях // Чернышков П.П., Андрианов Г.Н., Зимин А.В., Полищук И.А., Ремесло А.В., Сирота А.М., Тимохин Е.Н., Шнар В.Н., Шульговский К.Е. Калининград: АтлантНИРО, 2003. С. 139–149.

*Нестеров А.А., Чур В.Н.* Эль-Ниньо и распределение ставриды (*Trachurus murphyi*) в открытой части Южной Пацифики // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2006-2007 годах. Т. 2. Калининград: АтлантНИРО, 2009. С. 82–91.

*Нигматуллин Ч.М.* Состояние запасов и промысла кальмара-дозидикуса *Dosidicus gigas* в 1980-2000-е годы в восточной части Тихого океана // Соколов В.И., Алексеев Д.О. (ред-ры). VII Всерос. конф. по пром. беспозвоночным памяти Б.Г. Иванова (9-13 октября 2006 г., Мурманск). М.: ВНИРО, 2006. С. 210–213.

*Пасынок С.Л.* Методы и средства определения параметров вращения Земли // Альманах современной метрологии, 2016. № 8. С. 269–323 / Electronic resource / – Mode of access: <http://www.docplayer.ru/32477658-udk-521-3-metody-i-sredstva-opredeleniya-parametrov-vrasheniya-zemli-s-l.html> (Дата обращения: 07.07.2018)

*Понькина Е.Б.* Методы анализа временных рядов. Урок 3. Тема «Фазовый анализ временных рядов». 2014. / Electronic resource / – Mode of access: <http://www.docplayer.ru/68427456-Metody-analiza-vremennyh-ryadov-urok-3-tema-fazovyy-analiz-vremennyh-ryadov.html> (Дата обращения: 15.06.2018)

Промыслово-океанологические исследования в Атлантическом океане и южной части Тихого океана. По результатам исследований АтлантНИРО и Запрыбпромразведки // В.Н. Яковлев (ред.). Том 2. Калининград: АтлантНИРО, 2002. 273 с.

Рыбопромысловый потенциал Юго-Восточной части Тихого океана. Калининград: ВРПО Запрыба, 1981. 566 с.

*Серых И.В., Сонечкин Д.М.* О влиянии полюсного прилива на Эль-Ниньо // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т.13, №2. С. 44–52.

*Сидоренков Н.С.* Атмосферные процессы и вращение Земли // СПб.: Гидрометеоздат, 2002. 366 с.

Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Вклад в обеспечение всеобщей продовольственной безопасности и питания. Рим: ФАО, 2016. 216 с.

*Цыганов В.Ф.* Качественный анализ возникновения катастрофических Эль-Ниньо // Экологические рыбохозяйственные исследования в южной части Тихого океана: сб. науч. тр. Калининград: АтлантНИРО, 1987. С. 42–46.

*Цыганов В.Ф.* Приливообразующие характеристики явлений Эль-Ниньо // Экологические рыбохозяйственные исследования в южной части Тихого океана: сб. науч. тр. Калининград: АтлантНИРО, 1991. С. 108–117.

*Barnston A.G., Glanz M.H., He Y.* Predictive skill of statistical and dynamical climate models in SST forecasts during the 1997-98 El Nino episode and the 1998 La Nina onset // Bull. Amer. Meteorol. Soc., 1999. Vol. 80. № 2. P. 217–243.

Basic ..., 2017. A Basic Understanding Of Surfer Gridding Methods – Part 1. Kriging. / Electronic resource / – Mode of access: <https://support.goldensoftware.com/hc/en-us/articles/231348728-A-Basic-Understanding-of-Surfer-Gridding-Methods-Part-1> (Дата обращения: 17.03.2018)

FAO, 2018a FAO Fishery Statistics – Global Capture Production. / Electronic resource / – Mode of access: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/auerv/en> (Дата обращения: 20.09.2018)

FAO, 2018b FAO FishStatJ. Electronic resource / – Mode of access: <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en> (Дата обращения: 20.09.2018)

GEBCO, 2018 General Bathymetric Chart of the Oceans – GEBCO. Electronic resource / – Mode of access: [https://www.gebco.net/data\\_and\\_products](https://www.gebco.net/data_and_products) (Дата обращения: 25.05.2018)

GFW, 2018 Global Fishing Watch. Electronic resource / – Mode of access: <http://www.globalfishingwatch.org> (Дата обращения: 26.08.2018)

*Guillen O.* The «El Nino» phenomenon in 1965 and its relations with the productivity in coastal Peruvian waters // «Fertility of the Sea» Vol. 1. / D. Costlow (ed.). New York, London, Paris: Gordon and Breach Science Publishers, 1971. P. 187–196.

IERS, 2018 International Earth Rotation and Reference Systems Service. Electronic resource / – Mode of access: <http://hpiers.obspm.fr/eoppc/eop/eopc01> (Дата обращения: 23.05.2018)

IGOSS, 2018 Integrated Global Ocean Services System – IGOSS. Electronic resource / – Mode of access: <https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/IGOSS> (Дата обращения: 24.05.2018)

*Kerr R.* Signs of the success in forecasting El Nino // Science, 2002. V. 297. P. 497–498.

*Mazzarella A, Giuliacci A.* The El Niño events: their classification and scale-invariance laws // Annals of Geophysics, Vol. 52, № 5 October 2009. pp. 517–522

Multivariate ..., 2018. Multivariate ENSO Index (MEI). NOAA. ESRL. PSD. / Electronic resource / – Mode of access: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/> (Дата обращения: 14.06.2018)

Peru Annual National Report to the SPRFMO Scientific Working Group. 2009. URL: [http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/reportes/imarpe\\_injure\\_peru\\_natio\\_rep\\_auckland\\_swg\\_fin\\_311009.pdf](http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/reportes/imarpe_injure_peru_natio_rep_auckland_swg_fin_311009.pdf) (Дата обращения: 12.08.2018)

Physical ..., 2018. Physical Sciences Division of the Earth System Research Laboratory NOAA. PSD/ESRL/NOAA Electronic resource / – Mode of access: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/> (Дата обращения: 14.06.2018)

*Surfer Moving Average*, 2018. Electronic resource / – Mode of access: <https://support.goldensoftware.com/hc/en-us/articles/226504847-What-is-the-Matrix-smooth-command-equivalent-in-new-versions-of-Surfer-> (Дата обращения: 14.06.2018)

*Waluda C.M., Yamashiro C., Rodhouse P.G.* Influence of the ENSO cycle on the light-fishery for *Dosidicus gages* in the Peru Current: An analysis of remotely sensed data / Fisheries Research, 2006. Vol. 79. P. 56-63.

*Wolter K., Timlin M.* El Niño / Southern Oscillation behavior since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.ext) // International Journal of Climatology, 2011. Vol. 31. P. 1047–1087.