

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ БИОЛОГИИ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА MULLIDAE ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ВЬЕТНАМА

ЕМЕЛЬЯНОВА Н.Г.⁽¹⁾, ПАВЛОВ Д.А.⁽¹⁾, ВО ТХИ ХА⁽²⁾, ДИНЬ ТХИ ХАЙ ИЭН⁽²⁾

1. ВВЕДЕНИЕ

В связи с повышающимся антропогенным влиянием на экосистемы существует необходимость исследования организмов прибрежной зоны для понимания их экологической роли и оценки возможности использования в качестве индикаторов состояния биотопов. Некоторые виды, рассматриваемые как ключевые, способны непосредственно или опосредованно модифицировать сообщество гидробионтов.

Барабулевы, или султанковые (Mullidae), являются ключевыми в прибрежных биотопах вследствие их особого пищевого поведения: донные осадки перемешиваются посредством пары усиков, расположенных на подбородке и у рта, и подвергаются “ресуспензии”. При этом биогены возвращаются в окружающую среду. Взмучивание грунта питающимися особями привлекает другие виды рыб и, таким образом, возникает пищевое сообщество, состоящее из многих видов. Вследствие этого барабулевы представляют важнейший компонент пищевых цепей, способствующий повышению видового разнообразия. Многие представители этого семейства характеризуются относительно высокой численностью, широким географическим распространением, устойчивостью к значительному диапазону факторов среды. В этой связи они рассматриваются как индикаторы изменений, происходящих в биотопах под воздействием разнообразных факторов, в том числе и антропогенного характера.

Семейство включает более 60 видов, которые распространены в тропической, субтропической и умеренной зоне Атлантического, Индийского и Тихого океанов между верхней частью литорали и верхней частью океанического свала. Обычно обитают на песчаных грунтах, прилегающих к коралловым рифам. Во многих прибрежных зонах имеют экономическое значение. Обладают высокими вкусовыми качествами. Используются как объекты рыболовства и аквариумного рыбоводства. Данные по биологии тропических представителей семейства крайне малочисленны. В связи с этим существует необходимость исследования жизненных циклов массовых видов барабулевых рыб тропических экосистем.

Целью работы явилось изучение особенностей биологии трех видов сем. Mullidae: *Parupeneus multifasciatus*, *Upeneus tragula* и *Upeneus margarethae*.

2. МЕТОД И МАТЕРИАЛЫ

Большая часть работ проведена на базе Приморского отделения Российско-Вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра (г. Нячанг, СРВ) на протяжении 2008-2016 гг.

Основную массу трех видов рыб для исследований отлавливали в зал. Нячанг. Кроме того, *Upeneus tragula* также в заливе Халонг, *Upeneus margarethae* - в центральном Вьетнаме (в районе Дананга) и в заливе Халонг. Биологический анализ проводили по общепринятой схеме. Анализ размерного состава ооцитов проведен посредством системы для анализа изображения, включающей микроскоп “Nikon Eclipse E-200” с аналоговой видеокамерой чёрно-белого изображения и компьютер. Измерения диаметра ооцитов проведены с использованием компьютерной программы “ImageJ”.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Parupeneus multifasciatus

В уловах, представленных преимущественно половозрелыми рыбами, преобладают самки - соотношение полов 1,37 : 1. Распределение самок и самцов по длине тела приближается к нормальному. Средняя длина по Смитту (*FL*) у самцов достоверно больше, чем у самок (критерий Стьюдента $p < 0,001$) - соответственно 155 и 143 мм ($n = 443$). Масса самцов колеблется от 14,3 до 218,0 г, составляя в среднем 72,6 г; масса самок 9,9-110,0 (54,3) г. Соотношение полов в уловах значительно варьирует, причём равное число самцов и самок или доминирование самцов описано для небольшого числа видов, например для *Pseudupeneus maculatus* [1]. Преобладание самок в популяциях пелагофилов наблюдается у многих морских рыб [2] и, очевидно, для *P. multifasciatus* является обычным.

Анатомическая дифференцировка гонад отмечена у особей *P. multifasciatus* при длине по Смитту (*FL*) около 5-6 см и массе около 1,5 г (рис. 1а), а цитологическая (у самок) - по достижении длины 6,0 см и массы 2,6 г (рис. 1б) с появлением ооцитов начала профазных изменений мейоза. У более крупных самок (*FL* > 7,0 см и масса > 5 г) яичники переходят на II стадию зрелости и основная масса половых клеток представлена превителлогенными ооцитами. Превителлогенные ооциты по мере роста рыб постепенно увеличиваются в диаметре, достигая 100 мкм. В более крупных клетках в околоядерной цитоплазме появляется кольцо мелких вакуолей. Они содержат липиды, что наблюдается у большинства рыб, обитающих в морях низких широт [3]. Практически одновременно в периферическом слое цитоплазмы формируются малочисленные вакуоли, предшественники кортикальных альвеол. Вскоре там же образуются гранулы желтка, быстро заполняющие цитоплазму (рис. 2а). Заполненные желтком ооциты имеют диаметр около 350 мкм. Такие клетки могут переходить к периоду созревания. На протяжении этого периода начинается миграция ядра к анимальному полюсу, слияние жировых капель и гранул желтка (рис. 2б). Ооциты, близкие к овуляции сильно оводняются и приобретают прозрачность. Подавляющее большинство половозрелых самок характеризуются нормальным состоянием ооцитов. В тоже время примерно 20% особей имеют аномалии в их строении. (рис.2в). Иногда выявляются стерильные фрагменты гонад (рис.2г) [4].

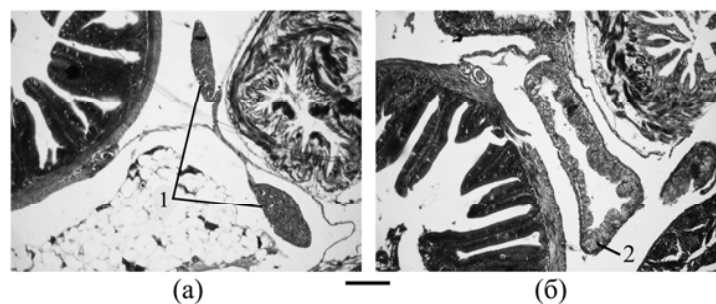


Рис.1. Дифференцировка гонад *Parupeneus multifasciatus*: а-анатомическая, б-цитологическая. 1-семенники, 2-яичник

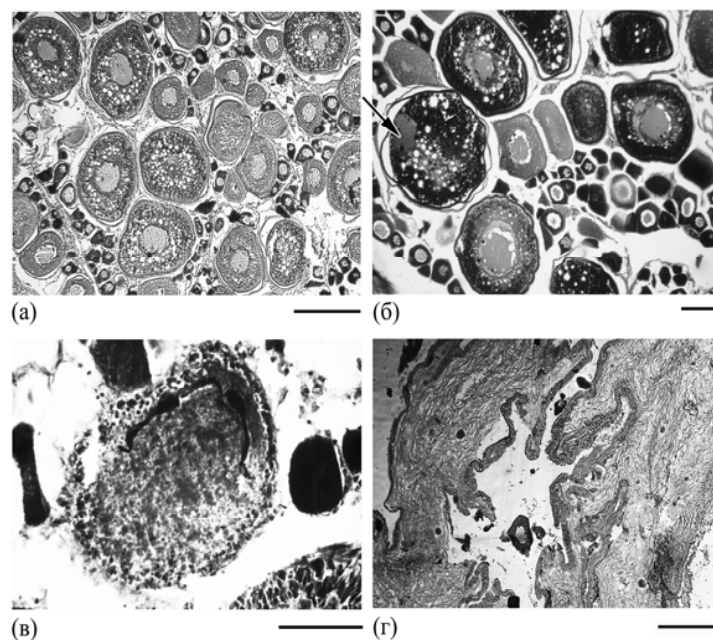


Рис.2. Состояние половых клеток у *Parupeneus multifasciatus*
(а, б- нормальное, в, г - аномальное)

а - ооциты периодов превителлогенеза и вителлогенеза

б - ооцит периода созревания с ядром на анимальном полюсе (стрелка)

в - ооцит с завершающимся процессом резорбции

г - стерильный фрагмент яичника

Распределение ооцитов по диаметру у половозрелых самок, отловленных на протяжении нерестового сезона, свидетельствует о численном преобладании клеток меньшего размера, и наличии клеток промежуточного размера между превителлогенными ооцитами и максимальными по размеру вителлогенными. Обособляются по диаметру лишь ооциты, готовые к овуляции. Это свидетельствует о непрерывном типе оогенеза и многопорционном икрометании [3, 5] чем, по-видимому, и обусловлено

постоянное присутствие в гонадах самок этого вида ооцитов, завершивших вителлогенез или уже вступивших в начало периода созревания. Число овулировавших яиц, отцеженных из тела нормально созревшей самки, варьирует в широких пределах (от 1537 до 26423 шт.), составляя в среднем 7929 шт. ($n = 18$ самок). Диаметр ооцитов, в среднем, 640 мкм ($\sigma = 39$, $n = 40$). Самки впервые становятся половозрелыми по достижении длины около 110 мм (рис. 3). Нерест у рыб происходит в течение всего года, без каких-либо перерывов.

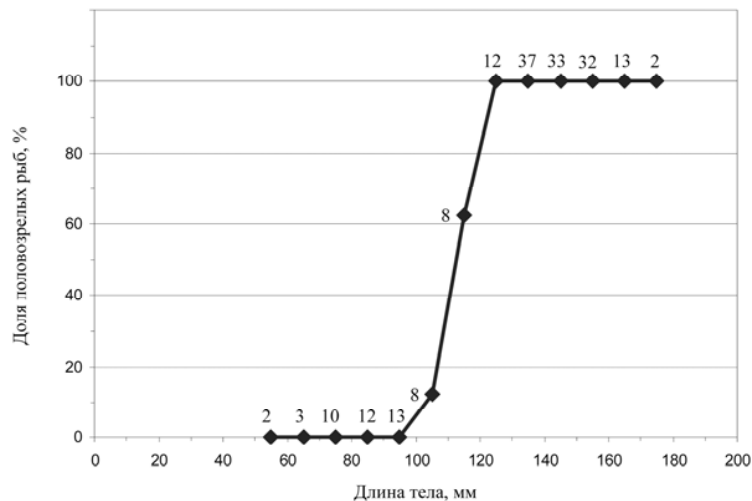


Рис.3. Доля самок *Parupeneus multifasciatus* достигших половой зрелости (указано число рыб)

Гонадосоматический индекс (ГСИ) самок с гонадами IV, IV-V и V стадий зрелости в течение года варьирует от 0,46 до 7,89%, составляя в среднем 2,4%. Наблюдается тенденция к снижению максимальных значений ГСИ с июня по октябрь. ГСИ самцов с гонадами III, IV и V стадий зрелости колеблется от 0,01 до 1,11%, составляя в среднем 0,11%.

Репродуктивная система рыб чутко реагирует на любые изменения условий окружающей среды [3]. Колебания и нарушения гидрологического и гидрохимического режимов водоёмов вызывают модификации годовых биологических циклов рыб и могут приводить к нарушениям процессов воспроизводства, в частности нормального развития гонад и половых клеток [6]. Состояние ооцитов и гонад - один из широко применяемых и надёжных индикаторов антропогенных изменений в экосистемах [3, 6].

Анализ микроструктуры отолитов показал, что максимальный возраст *P. multifasciatus* в зал. Нячанг не превышает 3 лет. Сравнительно высокий темп роста и раннее созревание (преимущественно до достижения возраста 1 года) свидетельствуют о том, что численность популяций может восстанавливаться в течение сравнительно короткого времени [7].

Upeneus tragula

Upeneus tragula - повсеместно встречается в прибрежной зоне Вьетнама и, по нашим наблюдениям, является массовым видом в южной части Центрального Вьетнама (зал. Нячанг) и в Южном Вьетнаме (Сиамский залив, о-в Фукуок). Сведения о биологии популяций в прибрежной зоне Вьетнама отсутствуют.

В заливе Начанг длина самок варьировала в уловах от 6,8 до 25,4 см составляя в среднем 13,8 см, самцов 6,5-21 см (13 см). Соотношение самки: самцы составляет 0,93:1. В выборке рыб из залива Халонг слегка преобладают самки: 1,2:1. Из кривой, характеризующей наступление полового созревания следует, что 50% самок созревают при длине около 10,2см [8].

В заливе Нячанг нерестящиеся самки, встречаются в течение всего года. Вместе с тем, имеется половозрелые рыбы, не участвующие в размножении на протяжении определенного времени (в среднем, 23,5%). Наибольшая доля рыб, участвующих в размножении приходится на период с февраля по июнь, а март, очевидно, можно рассматривать как пик размножения [8]. ГСИ самок, участвующих в размножении значительно выше (в среднем, 1,521% $n = 143$), чем не участвующих (0,15 $n = 44$).

Непрерывное размножение в течение года отмечено и у *P. multifasciatus* [9, 10] но особенности созревания ооцитов этих двух видов несколько различаются. По морфологии гонад *U. tragula* отличается от *P. multifasciatus*.

Все особи, отловленные в заливе Халонг, представлены половозрелыми рыбами, но во время сбора материала (ноябрь-декабрь) их размножение не наблюдалось (рис 4). Большинство самок имеет гонады II стадии зрелости. Очевидно, прекращение размножения этого вида в заливе Халонг связано с понижением температуры воды на протяжении зимнего сезона

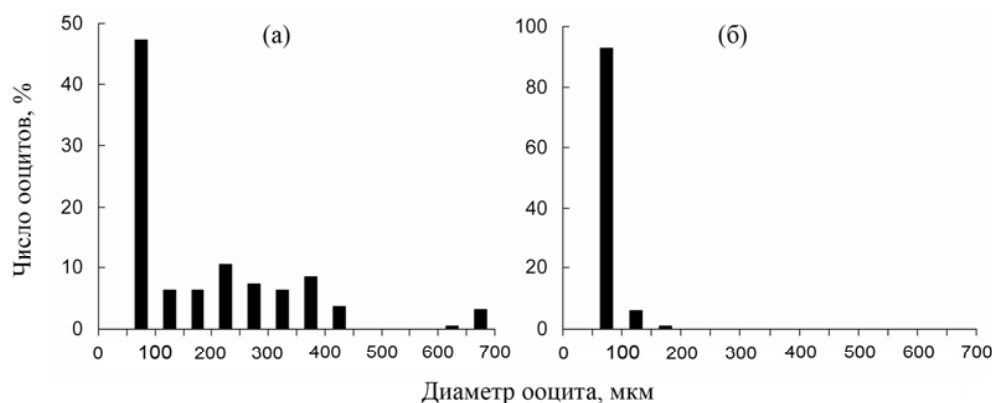


Рис.4. Диаметр ооцитов половозрелых самок *Upeneus tragula* в декабре-январе в заливах (а) Нячанг и (б) Халонг: (а) $n = 190$, (б) $n = 100$

Порционная плодовитость двух самок из зал. Нячанг с гонадами IV-V стадии зрелости FL 17,0 и 18,5 см и массой 69 и 115 г составила соответственно 5915 и 13663 ооцитов. Близкие значения числа овулировавших ооцитов получены и для *P. multifasciatus* [9].

Морфологические преобразования ооцитов в процессе оогенеза сходны с таковыми *P. multifasciatus* [10], поэтому здесь их не приводятся. Диаметр овулировавших ооцитов варьирует от 669 до 750 мкм, составляя в среднем 704 мкм ($\sigma = 19$, $n = 30$).

У подавляющего большинства исследованных самок зал. Нячанг ооциты характеризуются нормальным состоянием. У части самок (15%) обнаружены аномалии морфологии ооцитов периодов созревания и вителлогенеза, сходные с таковыми у *P. multifasciatus* [4].

Upeneus margarethae

Вид *Upeneus margarethae* впервые описан из западной части Индийского океана [11]. С начала работ авторов (2008-2009 гг.), посвящённых изучению биологии некоторых видов барабулевых рыб в прибрежной зоне Вьетнама, такие особи обнаружены в уловах местных рыбаков в зал. Нячанг, но были идентифицированы как *U. tragula*. В процессе последующих исследований, проведённых совместно с Францем Ублайном (Franz Uiblein, Институт морских исследований, Берген, Норвегия), оказалось, что вид *U. margarethae* широко распространён в прибрежной зоне Вьетнама от крайнего юга (о-в Фукуок, Сиамский залив) до крайнего севера (зал. Халонг).

В зал. Нячанг длина (FL) самок в уловах варьировала от 8,6 до 15,7 см, составив в среднем 11,8 см ($n = 115$), самцов - 8,5-16,7 (11,3) см ($n = 85$). В зал. Нячанг соотношение между самками, участвующими в размножении, и самцами составляет 1,1 : 1. В зал. Халонг самки в уловах имели FL 8,7-15,5 (11,0) см ($n = 46$), самцы - 7,7-15,7 (10,8) см ($n = 50$).

Представители этого вида мельче, чем особи *U. tragula* [8].

Самки *U. margarethae* созревают при несколько меньшей длине, чем самки *U. tragula*: средняя длина тела (FL) при достижении половой зрелости 50% самок составляет соответственно 9,8 и 10,2 см. При этом достижение половой зрелости у первого вида является более растянутым, чем у второго: все особи становятся половозрелыми при длине соответственно 13-14 и 11-12 см. В зал. Нячанг рыбы размножаются на протяжении всего года. Подавляющее большинство половозрелых самок из зал. Нячанг находилось в состоянии нереста или преднерестовом. После достижения полового созревания лишь немногие самки (4,3%) имеют перерывы в размножении: яичники находятся на стадии II, а значения ГСИ $< 1\%$.

В зал. Халонг в ноябре-декабре размножение рыб отсутствует, гонады самок находятся на II стадии зрелости, а значение ГСИ не превышает 1%. Вместе с тем в районе Дананга в январе размножение рыб продолжается: обнаружены особи с яичниками IV и IV-V стадий зрелости и сравнительно высокими значениями ГСИ. У самцов в заливах Нячанг и Халонг ГСИ составил соответственно 0,04-0,62% ($M = 0,24$, $\sigma = 0,13$, $n = 79$) и 0,01-0,54% ($M = 0,12$, $\sigma = 0,09$, $n = 50$).

Морфология ооцитов оказалась сходна с таковой *P. multifasciatus* и *U. tragula*, в связи с чем авторы не приводят этих данных. Аномальное строение ооцитов периодов вителлогенеза и созревания отмечено в большинстве клеток фрагментов гонад у 20% самок. Эти аномалии также сходны с таковыми *P. multifasciatus* и *U. tragula* [10, 12, 13]. Очевидно, они связаны с загрязнением среды обитания, что обусловлено, прежде всего, антропогенным влиянием. Диаметр овулировавших ооцитов, полученных от двух самок, варьирует в пределах 680-880 мкм, в среднем составляя 770 мкм ($\sigma = 0,046$, $n = 40$).

У половозрелых самцов сперматозоиды расположены обычно в дистальных частях семенных канальцев и, главным образом, в семяпроводах, имеющих камеры для их накапливания. Распределение ооцитов по диаметру у разных самок свидетельствует о непрерывном типе оогенеза, как и у *P. multifasciatus* и *U. tragula*.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. *P. multifasciatus*, *U. tragula*, *U. margarethae* имеют непрерывный тип оогенеза, многопорционное икрометание и пелагическую икру.
2. Морфологические изменения ооцитов в процессе оогенеза очень сходны.
3. Диаметр овулировавших ооцитов у *P. multifasciatus*, *U. tragula* и *U. margarethae* различен и составляет в среднем 640, 704 и 770 мкм.
4. У *U. tragula* и *U. margarethae* на севере Вьетнама (залив Халонг) размножение в зимний сезон отсутствует.
5. У 15-20% всех трех видов рыб наблюдается аномальное развитие ооцитов, очевидно связанное с антропогенным фактором.

Благодарности: авторы выражают искреннюю признательность руководству и сотрудникам Приморского Отделения Тропического Центра за постоянное внимание, помощь и поддержку в организации исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Munro J.L., *Aspects of the biology and ecology of Caribbean reef fishes: Mullidae (goat-fishes)*, J. Fish Biol. 1976, **9**:79-97.
2. Никольский Г.В., *Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов*, Изд. Пищ. Пром., Москва, 1974, 448 с.

3. Овен Л.С., *Специфика развития половых клеток морских рыб в период размножения, как показатель типа нереста и реакции на условия среды обитания*, Изд-во ВНИРО, Москва, 2004, 186 с.
4. Емельянова Н.Г., Павлов Д.А., Павлов Е.Д., Лыонг Тхи Бик Тхуан, Во Тхи Ха, *Аномалии в состоянии яичников полосатой зубатой барабули *Parupeneus multifasciatus* (Mullidae) из прибрежной зоны южной части Центрального Вьетнама*, *Вопр. ихтиологии*, 2014, **54**(1):1-9.
5. Götting K.J., *Beitrage zur Kenntnis der Grundlagen der Fortpflanzung und zur Fruchtbarkeitbestimmung bei marinen Teleosteen*, Helgoländ. Wiss. Meeresuntersuch., 1961, **8**(1):1-41.
6. Шатуновский М.И., Акимова Н.В., Рубан Г.И., *Реакция воспроизводительной системы рыб на антропогенные воздействия*, *Вопр. ихтиологии*, 1996, **36**(2):229-238.
7. Павлов Д.А., Емельянова Н.Г., Во Тхи Ха, Лыонг Тхи Бик Тхуан., *Возраст и рост полосатой зубатой барабули *Parupeneus multifasciatus* (Mullidae) в заливе Нячанг Южно-Китайского моря*, *Вопр. ихтиологии*, 2013, **53**(4):442-449.
8. Pavlov D.A., Emel'yanova N.G., Luong Thi Bich Thuan, Vo Thi Ha, *Reproduction of freckled goatfish *Upeneus tragula* (Mullidae) in the coastal zone of Vietnam*, *J. Ichthyology*, 2014, **54**(10):893-904.
9. Павлов Д.А., Емельянова Н.Г., Лыонг Тхи Бик Тхуан, Во Тхи Ха, *Размножение и начальное развитие полосатой зубатой барабули *Parupeneus multifasciatus* (Mullidae)*, 2011, **51**(5):628-641.
10. Емельянова Н.Г., Павлов Д.А., Лыонг Тхи Бик Тхуан, Во Тхи Ха, *Некоторые данные по состоянию гонад полосатой зубатой барабули *Parupeneus multifasciatus* (Mullidae) залива Нячанг Южно-Китайского моря*, *Вопр. ихтиологии*, 2013, **53**(5):603-612.
11. Uiblein, F., Heemstra, P.C., *A taxonomic review of the Western Indian goatfishes of the genus *Upeneus* (family Mullidae) with descriptions of four new species*, *Smithiana Bull.*, 2010, **11**:35-71.
12. Емельянова Н.Г., Павлов Д.А., Лыонг Тхи Бик Тхуан, Во Тхи Ха, *Состояние гонад, подвижность сперматозоидов и начальные стадии эмбрионального развития *Upeneus tragula* (Mullidae)*, *Вопр. ихтиологии*, 2015, **55**(2):196-206.
13. Pavlov, Emel'yanova, 2016, *Reproductive features of *Upeneus margarethae* (Mullidae), a species recorded in the coastal zone of Vietnam for the first time*, *Journal of Ichthyology*, 2016, **56**(4):600-612.

SUMMARY

SOME ASPECTS OF BIOLOGY OF THE SPECIES OF THE FAMILY MULLIDAE IN THE COASTAL ZONE OF VIETNAM

In the low latitudes, three species of the family Mullidae possess an extended spawning period associated with continuous development of new batches of mature oocytes. This spawning mode increases a probability of survival of the progeny in the conditions of local variation of abiotic and biotic environment. Oogenesis of the three species is described. Sexually mature females of *P. multifasciatus* are characterized by continuous recruitment of oocytes from reserve fund. In Nha Trang Bay, females of *U. tragula*, most likely, are capable to reproduction during each season of the year, but spawning interruptions are registered in all (or a part) of individuals. During these interruptions, ovaries are at maturity stage II. In North Vietnam (Halong Bay), the spawning of *U. tragula* and *U. margarethae* is absent during winter season. In the three species, the biological parameters have been assessed including body length at the first sexual maturation, batch fecundity, etc. In the studied species, a part of the females (15-20%) are characterized by abnormal development of sex cells that can be connected with the effect of anthropogenic factors.

Keywords: Oogenesis, oocytes, sexual maturity, reproduction, fecundity.

Nhận bài ngày 10 tháng 9 năm 2017

Phản biện xong ngày 9 tháng 10 năm 2018

Hoàn thiện ngày 15 tháng 10 năm 2018

⁽¹⁾ *Московский государственный университет, биологический факультет*

⁽²⁾ *Российско-Вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр, Приморское отделение*