Секция 1. ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ И ЭКОЛОГИЯ, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

УДК 639.223.5:639.2.053.8(265.53)

МИНТАЙ ОХОТСКОГО МОРЯ: ЗАПАСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫСЛА
(Пленарный доклад)

О.А. Булатов, Б.Н. Котенев
Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Москва, Россия

В течение 1965-2009 гг. максимальные уловы минтая в Охотском море отмечались в середине 70-х и середине 90-х гг., достигая 2 млн т. В настоящее время вылов существенно возрос по сравнению с началом XXI в. Установлено, что периоды высокого уровня запасов имеют цикличность 10-12 лет. Высокие значения биомассы наблюдались при положительных аномалиях индекса PDO, а низкие значения биомассы отмечались при отрицательных значениях индекса PDO. В ближайшие годы прогнозируется снижение запасов минтая с достижением минимума в 2011-2012 гг.

Минтай (*Theragra chalcogramma)* является важнейшим объектом промысла в Охотском море. Отечественный промысел минтая начался в 60-х гг. прошлого века. Первый значительный вылов в объеме 35 тыс. т отмечен в 1962 г. (Фадеев, Веспестад, 2001). Эпоха широкомасштабного освоения ресурсов минтая ведет свое начало от 1965 г., когда было выловлено 293 тыс. тонн. Вылов быстро нарастал и в 1968 г. достиг внушительных объемов – 675 тыс. т. Первый исторический максимум уловов был отмечен в 1975 г. и составил значительную величину – 1,3 млн т. В эти годы промысел минтая осуществлялся исключительно в восточной части моря, у побережья Западной Камчатки. Затем произошло снижение уловов до 482 тыс. тонн. Второй период высоких уловов – 1 млн т и более (рис. 1) наблюдался в течение1984-1996 гг. Бурному росту вылова способствовало открытие нового района промысла, расположенного в северной части Охотского моря. Затем вновь наступил период низких уловов, минимум уловов был отмечен в 2004 г. и составил 394 тыс. т. В последующие годы произошло существенное увеличение вылова до 680 тыс. т, ОДУ в 2010 г. составил 1 млн т.

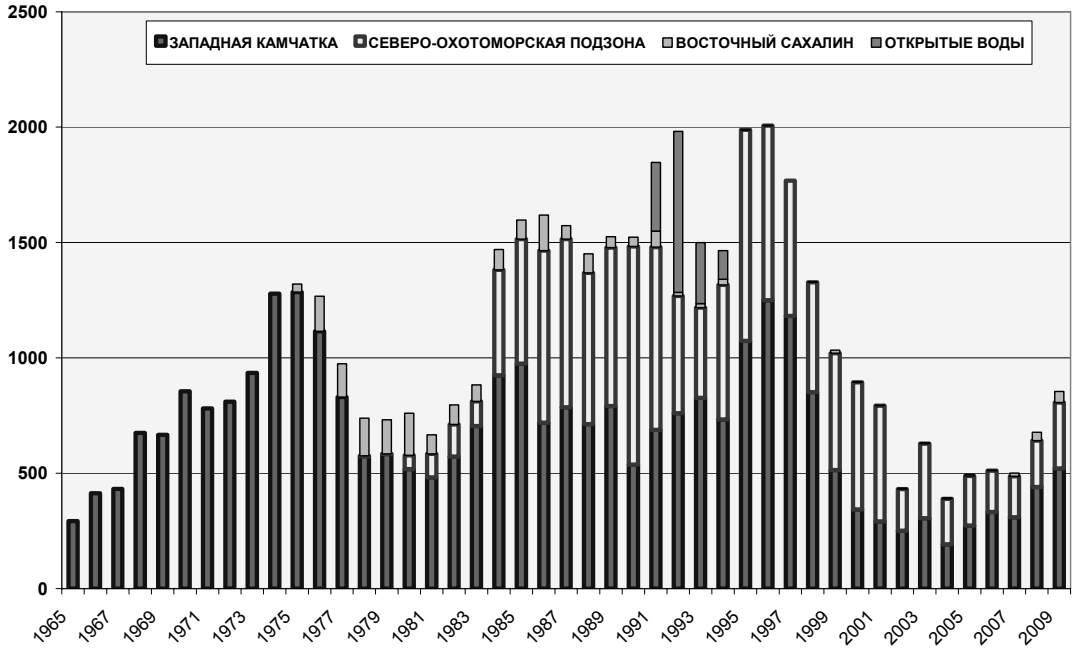


Рис. 1. Динамика вылова минтая в различных районах Охотского моря

История промысла минтая в открытой части Охотского моря насчитывает не так много лет, как в других районах. Первые сведения о вылове минтая иностранными судами в этом районе появились в конце 80-х гг., что совпало с периодом широкомасштабного нерегулируемого промысла минтая в открытой части Берингова моря. Масштабный промысел минтая в открытой части Охотского моря за

пределами 200-мильной экономической зоны осуществлялся в течение 1991-1994 гг., максимальный вылов составил 698 тыс. т. С учетом того, что данный промысел базировался на минтае российского происхождения, был нанесен значительный экономический ущерб России. Из приведенной выше истории промысла минтая в Охотском море следует, что значительная межгодовая изменчивость результативности лова вносит элемент неопределенности при планировании этого вида деятельности, что приводит к возрастанию рисков.

Известно, что вылов не отражает реальную динамику запаса, так как в значительной степени связан с интенсивностью рыболовства, т.е. с количеством промысловых усилий, а не с плотностью рыб в скоплениях. Таким образом, динамика запасов минтая является основной причиной успешного или неудачного ведения промысла. А если учесть экономическую значимость этого вида промысла для Дальнего Востока, то становится очевидной актуальность этого направления исследований. Учитывая это, автор поставил перед собой задачу сделать прогноз состояния запасов минтая Охотского моря на среднесрочную перспективу.

Вопросу динамики запасов минтая Охотского моря посвящено немало работ российских ученых (Фадеев, 1980; Качина, Сергеева, 1981; Васильков, Глебова, 1984; Шунтов, 1986; Шунтов и др., 1993; Авдеев и др., 2001; Фадеев, 2001; Смирнов, 2005; Varkentin, Sergeeva, 2004).

В настоящее время для оценки запасов минтая применяются как методы прямого учета: ихтиопланктонный, траловый и тралово-акустический, так и методы математического моделирования. Исследования ВНИРО по оценке запасов минтая (Бабаян и др., 2006), основанные на данных промысловой статистики с применением модели ISVPA показали, что в течение 1974-2003 гг. нерестовый и промысловый запасы минтая восточной части Охотского моря изменялись синхронно. На протяжении 30 лет были отмечены 4 максимума запасов (1974 г., 1984 г., 1994 г., 2003 г.) и 3 минимального уровня запасов (1978-1979 гг., 1990 г., 2000 г.). В течение всего периода наблюдений восстановление запасов от минимального до среднего уровня происходило достаточно быстро, в течение 3-4 лет, что свидетельствует об устойчивости запаса. Продолжительность процесса снижения запасов от максимального до минимального уровня составляла 5-6 лет.

Исследования ТИНРО-Центра, выполнявшиеся в течение 1983-2008 гг., основаны на учете выметанной икры минтая. Сбор проб осуществлялся в весенний период ихтиопланктонной сетью ИКС-80. Результаты исследований показали (Авдеев и др., 2001 с дополнениями), что нерестовая биомасса минтая в восточной части Охотского моря и в целом в Охотском море изменялась синхронно. За весь период наблюдений отмечены 3 максимума (1984-1987 гг., 1994-1995 гг., 2007-2008 гг.) и 2 минимума биомассы минтая (1991 г., 2000-2001 гг.).

Таким образом, оценки запасов минтая Охотского моря, полученные различными методами, показали очень близкие результаты. Самым важным наблюдением явилось то, что между максимумами запасов обнаружена 10-12 летняя периодичность.

Известно, что существенное влияние на успешность размножения минтая оказывают температурные условия (Смирнов, 2005). В холодные годы, как правило, появляются неурожайные поколения, в теплые годы – урожайные. Это, вероятно, происходит в связи с тем, что в теплые годы улучшается обеспеченность пищи, молодь имеет более высокую стартовую скорость роста, ускоряются обменные процессы, что положительно сказывается на ее жизнестойкости. В зависимости от численности пополнения происходит или рост или снижение промыслового и нерестового запасов. Изменчивость температурного режима Охотского моря определяется глобальными климатическими факторами, оказывающими влияние на температурные условия, одним из которых является Pacific Decadal Oscillation (PDO).

Авторы проанализировали ежегодную динамику отклонений среднемноголетнего промыслового (3315 тыс.т) запаса минтая в зависимости от ежегодных аномалий среднемноголетних значений PDO. Оказалось, что периоды высоких значений промысловой биомассы минтая отмечались, как правило, при положительных аномалиях PDO (рис. 2).

Минимальные значения биомассы наблюдались в основном в периоды отрицательных аномалий PDO. Достаточно высокий коэффициент корреляции ($r = 0,64$) обнаружен при сравнении изменения значений промысловой биомассы и PDO для периода 1976-2003 гг.

Как показали исследования, цикличность динамики запасов характеризуется 10-12-летним интервалом. Для того чтобы выработать некий алгоритм, в соответствии с которым станет возможным прогнозирование динамики запаса, данные по динамике промысловой биомассы минтая были сгруппированы в табличном виде по десятилетиям. Например, в таблице в первой колонке значение 4538 тыс. т относится к 1974 г., во второй колонке – 4442 тыс. т относится к 1984 г. и так далее. В последней колонке представлены осредненные данные за весь период наблюдений.

Более наглядно эти данные воспринимаются, если максимальный уровень запасов, наблюдаемый в каждом четвертом году десятилетия принять за 100 %. Из таблицы видно, что подъем и снижение запасов происходят достаточно плавно, что обеспечивается особенностями размерно-возрастной структуры и соотношения численности пополнение/остаток. Таким образом, исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что кульминация средних значений промысловой биомассы

минтая Охотского моря за 30-летний период наблюдений достигается в каждый 4-й год десятилетия. Минимумы наблюдаются в начале и конце десятилетия и составляют 59 % от максимального уровня запасов (таблица).

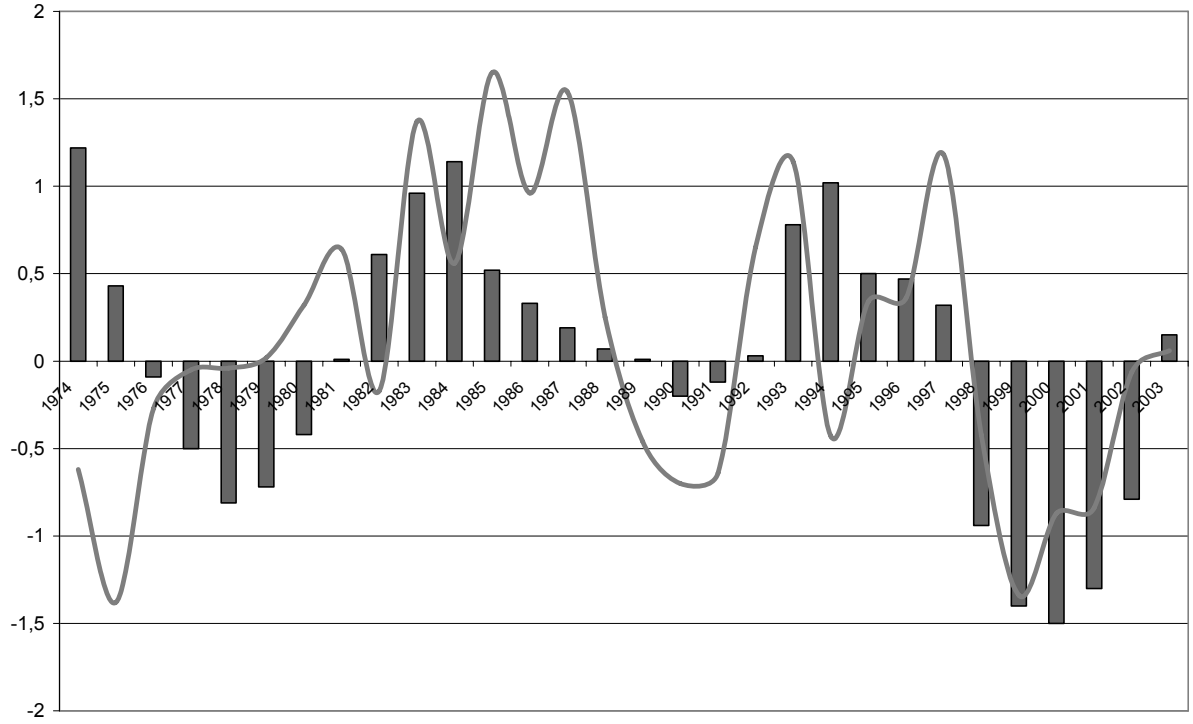


Рис. 2. Динамика отклонений от среднемноголетних значений промысловой биомассы минтая (гистограмма, млн т) и индекса PDO (сплошная линия)

Промысловый запас минтая восточной части Охотского моря, тыс. т (по данным Бабаян и др., 2006, метод ISVPA)

	1974-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2003	среднее	%
0	Н. д.	2870	3120	1817	2602	59
1	Н. д.	3327	3192	2019	2846	64
2	Н. д.	3930	3349	2525	3268	74
3	Н. д.	4276	4094	3464	3945	89
4	4538	4442	4338	Н. д.	4439	100
5	3750	3837	3815	Н. д.	3801	86
6	3228	3647	3757	Н. д.	3544	80
7	2812	3504	3539	Н. д.	3285	74
8	2508	3386	2371	Н. д.	2755	62
9	2596	3327	1912	Н. д.	2611	59

Таким образом, опираясь на инерционный прогноз динамики запасов можно ожидать, что минимальный уровень промысловой биомассы должен наступить в 2010 г. Однако, согласно данным ученых ТИНРО-Центра, с одной стороны, в весенний период 2009 г. наблюдалась кульминация запасов нерестового запаса минтая, а с другой стороны, в течение ряда лет не обнаружено урожайных поколений. С учетом имеющейся информации можно ожидать снижения биомассы минтая, начиная с 2010 г., причем не исключено резкое снижение запасов. Судя по приведенным данным, минимум запасов минтая Охотского моря ожидается в 2011-2012 гг., а восстановление запасов до среднего уровня произойдет не ранее 2014 г.

Библиографический список

1. *Авдеев Г.В., Смирнов А.В., Фронек С.Л.* Основные черты динамики численности минтая северной части Охотского моря в 90-е годы // Изв. ТИНРО, 2001. Т. 128, ч.1. С. 207-221.

2. *Бабаян В.К., Васильев Д.А., Варкентин А.И., Сергеева Н.П.* Методические особенности обоснования ОДУ минтая в условиях неопределенности: Тр. ВНИРО, 2006. Т.146. С. 13- 37.

3. *Качина Т.Ф., Сергеева Н.П*. Динамика численности восточноохотоморского минтая. Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: Изд-во ТИНРО, 1981. С.19-27.

4. *Смирнов А.В.* Влияние некоторых биотических и абиотических факторов на выживаемость охотоморского минтая в раннем онтогенезе // Вопр. рыболовства. Т.6, № 2 (22). 2005. С. 278-297.

5. *Фадеев Н.С.* Была ли "вспышка" численности минтая в северной части Тихого океана? // Биол. моря. Вып. 5. 1980. С. 66-71.

6. *Фадеев Н.С*. Урожайность поколений североохотоморского минтая // Вопр. Рыболовства. Т. 2, № 2 (6). 2001. С. 299-318.

7. *Фадеев Н.С., Веспестад В*. Обзор промысла минтая // Изв. ТИНРО. 2001. Т.128, ч.1. С.75-91.

8. *Васильков В.П., Глебова С.Ю.* Факторы, определяющие урожайность поколений минтая западной Камчатки // Вопр. Ихтиол. Т. 24, вып. 4. 1984. С. 561-570.

9. *Шунтов В.П.* Состояние изученности многолетних циклических изменений численности рыб дальневосточных морей // Биол. Моря. Вып. 3. 1986. С. 3-14.

10. *Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П.* Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: Изд-во ТИНРО, 1993. 426 с.

11. *Varkentin A.I., Sergeeva N.P*. The fisheries and current state of walleye pollock (Theragra chalcogramma) stock abundance in the eastern sea of Okhotsk. PICES Sci. Rep., No 26. P. 251-253. 2004.

THE SEA OF OKHOTSK POLLOCK: STOCK ASSESSMENT AND FISHERY

O.A. Bulatov, B.N. Kotenev
Russian Federal Research Institute of Fisheries & Oceanography, Moscow, Russia

During 1965-2009 the maximum landings of Pollock in the Sea of Okhotsk marked in 70-s and 90-s, when catch exceeded 2 millions ton. In the recent years landings sharply increased compare to 2000. The duration between high levels of biomass have 10-12 years. Analysis the variability in the Pollock fishable biomass in connection with the PDO anomalies show, that the high biomass values occurred during years of PDO positive anomalies. Minimum values of biomass were generally observed in periods of PDO negative anomalies. In recent years we forecast the minimum level of pollock stock in 2011-2012.

FISHERY RESOURCES CONSERVATION AND MANAGEMENT SYSTEM AND PRACTICE IN CHINA
(Пленарный доклад)

Tang Yi
College of Marine Science, Shanghai Ocean University, Shanghai, China P R

In China, the capture fisheries management system and measures mainly include: fishing licenses system, limit system of vessel and fishing gear, fishermen exiting and relocation, fishing vessel scrapping system, TAC system, fishing closed zones and closed seasons, fishery resources protection fees charging system, fishing methods and gears limit. On the other hand, aquatic environment protection and rehabilitation measures are also taken by Chinese government to conserve fishery resources. Nevertheless, there are many difficulties in conservation and management of fishery resources in China, which come from the lager of fishing fleet, multi-species, fisherman poverty, economic pressure, etc.

Since the 20th century, it is demonstrated and acknowledged in the world along with the rapid growth of fishing industry that the fisheries resources are limited and expansible. Fisheries resource conservation and management are strengthened by the world. For conservation and rational utilization of fishery resources, preventing excessive exploitation and promoting the sustainable development of fisheries, a policy that to specially emphasis on aquaculture is adopt in fisheries development in People's Republic of China[1], striving to meet the growing needs of aquatic products by primarily development of aquaculture. At the same time, Chinese government strengthened fisheries resources conservation and management legal systems development, and embarked on a series of conservation and management actions.

1. The basic policy of fishery industry development in China

The article 3 of China's Fisheries Act stipulates that, the state shall adopt a policy that calls for simultaneous development of aquaculture, capture fisheries and fish processing, with special emphasis on aquaculture and with priority given to different pursuits in line with local conditions. This is China's basic policy for the development of fisheries. Under guidance of this policy, Chinese aquaculture industry has been kept in quickly growing for decades, the Aquaculture production exceeded capture fisheries production since 1988, and maintain sustainable growth (see figure 1). China became only the country in the world which aquacul-

[1] Only refers to mainland China, not including Taiwan, Hong Kong and Macau in thispaper.

ture production is more than capture fisheries production. In 2007, 68 percent of China aquatic production is contributed by aquaculture, while China contributed 67 percent of the world's supply of cultured aquatic animals and 72 percent of its supply of aquatic plants in 2006 [1].

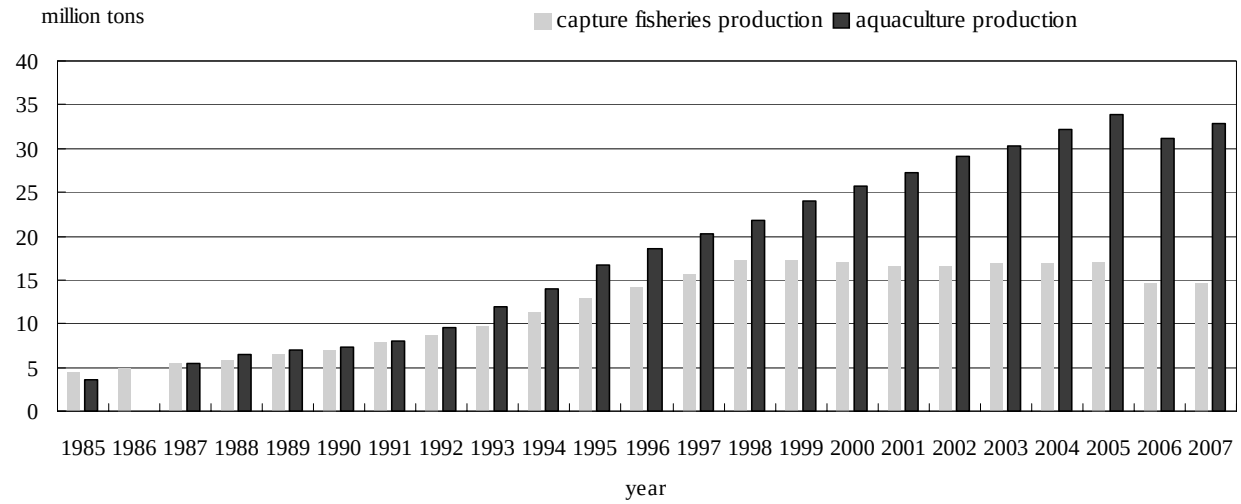


Figure 1. The aquaculture production and capture fisheries production in China in 1985-2007

Since 1999, the policy of "zero-growth" and "negative growth" of yield, are implemented in China on marine capture fisheries. Over the past 10 years, the total capture fisheries production in China has remained stable in slightly downward trend (see figure 1), while marine capture fisheries productions down to 12.44 million tons in 2007 from the historical peak of 14.98 million tons in 1999.

2. Major management system and measures of Chinese capture fisheries

According to the current fisheries regulations and the practice in China, the capture fisheries management system and measures mainly include as follows: fishing licenses system, limit system of vessel and fishing gear (mainly limit of quantity of fishing fleet and power of the main engine of fishing vessel), fishermen exiting and relocation, fishing vessel scrapping system, TAC system, fishing closed zones and closed seasons, fishery resources protection fees charging system, fishing methods and gears limit. In the terms of FAO's classification of fishery resources conservation and management system [2], Chinese capture fisheries management system can be summed up in four types: fishing input control, fishing output control, technical management measures, economic instrument (see table 1).

Table 1. Current major capture fisheries management system and measures in China

Type	System or measures	
Input control	Fishing licenses system	
	Limit system of vessel and fishing gear	
	Fishermen exiting and relocation system	
	Fishing vessel scrapping system	
Output control	TAC system	
	Policy of "zero-growth" and "negative growth" of marine fishing yield	
Technical management measures	Fishing closed zones/ seasons	Marine trawling closed zone
		Summer closed season for marine fishing
		Yangtze Rive fishing closed season in summer
		Fishing closed zones/seasons arranged by local government
	Limit of mesh size of fishing net	
	Size limit of allowed fishing target	
	Proportion limit of undersized fish in the catch	
	Banned fishing methods: fishing by explosion, with poison or with electricity	
Economic instruments	Fishery resources protection fees charging system	

2.1. Fishing licenses system

As one of the basic capture fisheries management systems in China, fishing licenses system is implemented since 1981. Any fishing activities in the waters under the jurisdiction of China, or fishing activities on the high seas with the vessel flying the flag of China, should be licensed by the Chinese Government, and should complies with the provisions in the fishing license on type of fishing operation, fishing ground location, fishing time limit, quantity of fishing facilities.

2.2. Limit system of vessel and net facilities for marine fishing

Based on fishing licenses system, a limit system on the size of fishing vessel fleet and fishing gears to control fishing inputs, was implemented step by step in China since 1987, which currently focused on the number of fishing vessels and power of the main engine of the vessels. The total number of fishing vessels and power of the main engine are determined by the Ministry of agriculture, and after approval by the State Council, are allocated to the provinces, autonomous regions or municipalities. The fishing licenses issued for fishing operations on the sea should not exceed the quota limit by the State on the control of vessel and the power of main engine. In China, manufacture, purchase, renewal and transformation, imported marine fishing vessels, should not be carried without the quota of vessel and the power of main engine. Since 2003, the implementation of this control system has been strengthened, and the total number of fishing vessels and the size of host engine power has got to be decreased. The total marine fishing vessel number and power of main engine power were respectively 222, 390 and 1.27 million Kw in 2002, which got down to 195, 921 and 1.15 million Kw in 2007 [3], to the end of 2009, the vessel number further dropped to 178,551.

2.3. Fishermen exiting and relocation and fishing vessel scrapping system

Since 2002, fishermen exiting and relocation, and fishing vessel scrapping system are put in full implementation by government subsidies in the coastal fishing area in China, to promote fishermen in capture fisheries exiting fishing and transferring to aquaculture, aquatic products processing and marketing, or other industries out of fisheries. At the same time, according to the material, size, type, and navigation or fishing waters area, some of the fishing vessels were scrapped by government subsidies, to reduce the capacity of fishing fleet, and to protect the safety of fishing vessels.

2.4. Fishing closed zones/ seasons

In China, fishing closed zones/seasons are the earliest measures for the fishery resources conservation.

(1) Marine trawling closed zone

Since 1955, after several times of supplementary broadening, marine trawling closed zone had been a National fishing closed zone from 1981 to protect the coastal marine fisheries resources, which formed from the Yalu River mouth to Beilun Estuary. The external boundary of the fishing closed zone is consisted by several lines which is apart a certain distance from the coast. All trawling are closed all of the year round in the area from the external boundary to the coast. Figure 2 is parts of the marine trawling closed zone.

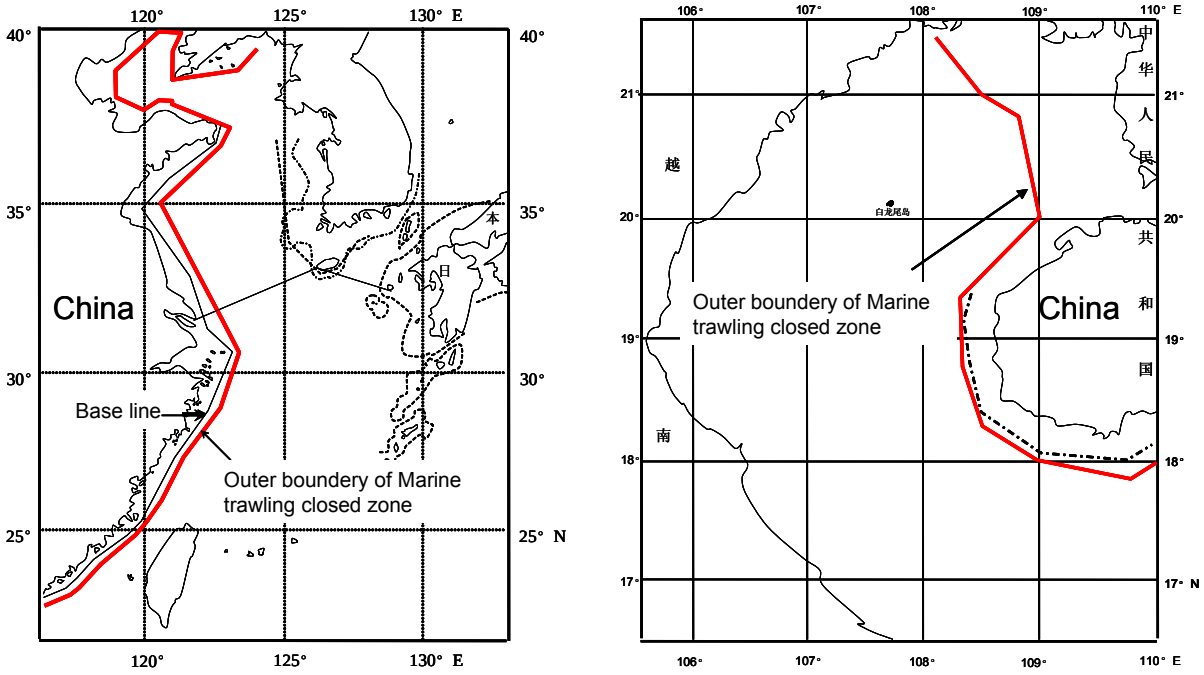


Figure 2. Parts of the marine trawling closed zone

(2) Summer closed season for marine fishing

Summer closed season for marine fishing was established in 1995. in the closed season, all trawling, fishing with canvas-spreading stow net are closed at the Bohai Sea, Yellow Sea, East China Sea and the South China Sea for 2-3 months in sections, while purse seine fishing with light is also closed at South China Sea and Taiwan strait. In addition, the provincial Government also closed all stake net fishing in the coast area for not less than 2 months.

(3) Spring closed season for fishing in the Yangtze River

Since the spring of 2003, Spring closed season for fishing in the Yangtze River was put into implementation. Fishing in the trunk stream and main tributaries of the Yangtze River from Deqin County following to the

Yangtze River estuary, and Dongting Lake, Poyang Lake is closed for 3 months in section divided by GE, dam. The river in which fishing is closed has a total length of more than 8000 km, drainage area of about 44 million km^2. About 10 000 fishing boats of 400 Countys of l0 provinces (City) along the River are involved [4].

2.5. Fishery resources protection fees charging system

In the early 1980s, Chinese Government began to charge fisherman for fishery resources protection fee gradually. In China's Fisheries Act, it is stipulated that, departments of fishery administration of local governments shall work out plans and take measures to enhance fish stocks in the fishery waters under their jurisdiction, and may charge fishermen who profited by fishing in such waters, and devote to spending on fish stocks conservation and enhancement.

2.6. TAC system

A TAC system is established in China's Fisheries Act in 2000. But because of several difficulties, such as multi-species fisheries, large capacity of fishing fleet, etc, TAC system has not been implemented in China up to now.

3. Aquatic environment protection and rehabilitation

3.1. Aquatic environment protections

(1) To protect the ecological environment of fishery waters and prevent pollution, Chinese Government enacted several regulations, such as Water Criteria of Fisheries Waters, Fisheries Waters Pollution Accident Investigation Procedures, and Assessment Methods for Fisheries Loss of Water Pollution Accidents.

(2) According to China's Fisheries Act, for building sluices or dams on the migration routes of fish, shrimp or crabs, which may have serious impact on fishery resources, fish passages building or other remedial measures should be taken.

(3) Reclaim land from lakes is prohibited in China. Without approval from a government, it is prohibited to enclose tidal flats for cultivation.

(4) With respect to conducting underwater explosions, exploration and construction that may have serious impact on fishery resources, the conductor shall consult in advance with the department of fishery administration of government, and take measures to prevent or minimize the damage to fishery resources. In case any damages to fishery resources occur there from, the responsible person should be ordered to bear compensation by government.

3.2. Aquatic environment and ecosystem rehabilitation

In recent years, much effort in conserving and ecological restoring the aquatic environment was made by fisheries administrations of government at all levels which mainly focus on fish releasing and construction of artificial reefs (nest). According to the statistics, It is estimated that, 851.2 billion tail (grain) fries and larval of fish, shrimp and shellfish were released into the natural water in 2001-2007[4-7], 136 artificial reefs (nest) of various types construction were completed in 2004-2007[5-7].

4. Discussions

Over the past 30 years, fisheries production got rapid developed in China. China has remained the global leader for 20 years with the highest aquatic products. Nevertheless, there are many difficulties in conservation and management of fishery resources in China, because of the conflict between the rigid limits of fishery resources and the requirement of fisheries development.

(1) Subject to the influence of history, the fishery resources conservation and management system was initially formed in 1980s, and mainly focused on the fishing license system, and technical measures like fishing closed zone/season. and the same period, TAC system, fishing quota system and other output control, technology management measures and fishery resources conservation and management system has been integrated used in many developed countries such as USA, Australia, New Zealand and Europe [8]. Until 2000, a TAC system is stipulated in China’s Fisheries Law, and the relatively comprehensive fishery resources conservation and management system was established. Therefore, from the point of view of history, the development of fishery resources conservation and management in China significantly behind the development in developed countries, even which in international fishery management.

(2) Quite a large number of vessels are engaged in fishing in China offshore waters, which nearly 180 000 according to statistics [9]. For such a large fishing fleet, the cost of management and supervision enforcement will be very high. It surely will make a big economic pressure for government of any country, much more for China, a developing country.

(3) The capture fishery in China have a significant characteristics of multi-species. Small vessels, which are less than 24m in overall length, dominate the marine fishing fleet in China, with almost 80 percent of them, while the vessels less than 12m in length accounted for more than 50%. Marine fishing operations are extremely decentralized at the sea waters around China. All of these make fisheries monitoring and management very complex and difficult in China.

(4) Because of these difficulties, fishery resources conservation and management system in China are still deficient. The TAC system is not implemented, and the fishery resource allocation system also failed to establish up to now. In addition, considering that China's market economy system is still in transforming, how to conserve and manage fishery resources, which has strong public resource properties, under the new economic system conditions, is a challenge for China, and there is no successful experience from other countries to to use for reference.

Comparatively, China maybe faced more difficulties than any one country of the world in fishery resources conservation and management. The Chinese Government has fully recognized the urgency, also is actively working to make improved fisheries management. In 2006, the Chinese State Council released Program of Action on the Conservation of Living Aquatic Resources of China, which specified the medium-term objectives: by 2020, aquatic environment should be gradually rehabilitated, the trend of declining of fishery resources and increase of endangered species should be basically kept within limits, and fishing capacity and catch from marine capture fisheries should generally accommodate the supporting ability of fishery resources [10].

However, how to balance the need of fisherman poverty reduction, employment and fishery resources conservation? there are many practical problems and difficult to solve.

Reference

1. FAO Fisheries and Aquaculture Department 2008. The State of World Fisheries and Aquaculture. Electronic Publishing Policy and Support Branch, Communication Division, FAO, Rome, 2009.
2. FAO. Fisheries Management[M]. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. Rome, Italy: 1997.
3. ZHANG Xinan. The “double contronl system” reduced fishing effort effectively, the fishing fleet in China is reduced by more than 26000 vessels and 1240 000 kW in 5 years[N]. China Fishery News. 2008-7-30(1).
4. Ministry of Agriculture and State Environment Protection Administration of China. Report on the State of the Fishery Eco-environment in China. 2006: 34-35.
5. Ministry of Agriculture and State Environment Protection Administration of China. Report on the State of the Fishery Eco-environment in China. 2005: 33, 39.
6. Ministry of Agriculture and State Environment Protection Administration of China. Report on the State of the Fishery Eco-environment in China. 2004: 31.
7. Ministry of Agriculture and State Environment Protection Administration of China. Report on the State of the Fishery Eco-environment in China. 2007: 33.
8. John P. Input and output controls: the practice of fishing effort and catch management in responsible fisheries[A]. Management measures and their application. Fisheries technical paper,424 [C]. Rome: FAO Fisheries Department, 2002: 75-93.
9. Bureau of Fisheries, Ministry of Agriculture. China Fisheries Yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press. 2007, 4.
10. The State Council. A State Council notice of issue of Program of Action on the Conservation of Living Aquatic Resources of China [J]. China Fisheries. 2006(3): 18-19.

РЫБОЛОВНЫЕ РЕСУРСЫ: ПРАКТИКА СОХРАНЕНИЯ И СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ В КНР

Тан И

Колледж Морских Наук, Шанхайский Океанологический Университет, Шанхай, КНР

В Китае система управления рыболовством и соответствующие меры включают: систему выдачи разрешений на ведение рыбного промысла, систему ограничения количества судов и орудий лова, смену мест вылова рыбных ресурсов, систему утилизации рыболовных судов, введение максимальных размеров ежегодных уловов для важнейших видов рыб и методов рыболовства, систему взимания платежей, направленных на охрану рыбных ресурсов, введение запретных зон для рыбного промысла, а также периодов времени, в течение которых запрещена рыбная ловля. С другой стороны, китайским правительством также предпринимаются меры по охране и восстановлению водной среды. Тем не менее, существуют большие трудности по управлению и сохранению рыбных ресурсов, которые связаны с большим количеством рыболовных судов, большой разновидностью ресурсов, бедственным положением рыбаков, экономическим давлением и др. факторами.

THE STATUS OF MARICULTURE IN NORTHERN CHINA
(Пленарный доклад)

Chang Yaqing*, Zhang Suping**

*Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Agriculture,
Dalian Fisheries University, Dalian, China
**Institute of Ocenanology, Chinese Academy Of Science, Qingdao, China

The People's Republic of China has a long history of mariculture production. The mariculture industry in China has achieved breakthroughs in the hatchery, nursery and culture techniques of shrimp, molluscs and fish of high commercial value since the 1950s.

The first major development was seaweed culture during the 1950s, made possible by breakthroughs in breeding technology. By the end of the 1970s, annual seaweed production had reached 250 000 tonnes in dry weight (approximately 1.5 million tonnes of fresh seaweed). Shrimp culture developed during the 1980s because of advances in hatchery technology and economic reform policies. Annual shrimp production reached 210 000 tonnes in 1992. Disease outbreaks since 1993, however, have reduced shrimp production by about two-thirds. Mariculture production increased steadily between 1954 and 1985, but has been growing exponentially since 1986, mostly driven by mollusc culture. Mollusc culture in China began to expandbeyond the four traditional species (oyster, cockle, razor clam and ruditapes clam) in the 1970s. Mussel culture was the first new industry to emerge, followed by scallop aquaculture in the 1980s. Abalone culture has become a major industry in the 1990s.Traditional oyster and clam culture has also advanced and expanded in recent years. Now more than 30 species of marine molluscs are cultured commercially in China. Because of the rapid development in recent years, mollusc culture has become the largest sector of the Chinese mariculture industry, accounting for 81 percent of thetotal production by weight.

Therefore, the industrialization level and culture techniques for the major species in China have reached an advanced international level, with some leading the world aquaculture sector. China is also the largest country in mariculture. Marine aquaculture has grown rapidly over the last decade. Marine cultivable areas in China, which include shallow seas, mudflats and bays, are estimated to occupy more than 1.33 million ha, as most marine plants and animals can be cultivated within the 10m isobath using current culture technologies. In 2002 the area under cultivation and the output reached 1 352 000 ha and 12.1 million tonnes, respectively.

The principal species cultured in northern China are listed in Table 1.

Table 1

Marine species cultured in northern China

Molluscs	*Crassostrea gigas, Chlamys farreri, Argopecten irradians, Patinopecten yessoensis, Mytilus edulis ,Ruditapes philippinarum, Meretrix meretrix,Cyclina sinensis, Mercenaria mercenaria, Mactra antiquata, M. veneriformis, Saxidomus purpuratus, Tegillarca granosa, Scapharca subcrenata, S. broughtonii, Sinonovacula constricta, Haliotis discus hannai, Rapana venosa, Bullacta exarata*
Marine fish	*Pagrus major, Lateolabrax japonicus, Fugu* sp.*, Paralichthys olivaceus, Scophthalmus maximus, Cynoglossus semilaevis, C. trigrammus, Kareius bicoloratus, Verasper variegates, Sebastodes fuscescens, Mugil cephalus, Liza tade, Hexagrammos otakii, Seriola lalandi*
Crustaceans	*Fenneropenaeus chinensis, Penaeus monodon, P. japonicus, P. merguinsis, Litopenaeus vannamei, Eriocheir sinensis, Callinectes sapidus, Scylla serrata*
Seaweeds	*Laminaria japonica, Undaria pinnatifida, Porphyra yezoensis*
Echinoderms	*Apostichopus japonicus, Strongylocentrotus intermedius, S. nudu*

Hatchery seedling production technology of main cultured species

Molluscs

Many species of molluscs (e.g. scallop, oyster and abalone) can be hatchery reared with well-developed technology. The following sections describe the scallop and abalone hatchery procedures.

Scallop (Patinopecten yessoensis)

Breeding and larval rearing

Broodstock culture: Broodstock are selected in late winter or early spring. They are then transferred to conditioning tanks where water temperature is initially 2-3.Water temperature is then increased daily by 0.5 or 1 until it reaches 7. This temperature is kept stable until spawning. During conditioning, broodstock are fed either on artificial diet or unicellular algae, mostly *Phaeodactylum tricornutum, Chaetoceros muelleri, Monochrysis simplex, Isochrysis galbana, Tetraselmis tetrathele* and *Nannochloropsis oculata.*

Spawning, fertilization and hatching: Before spawning occurs, the water is prepared with the temperature at 10.5℃. When the density of eggs reaches about 30 per ml, the aeration must be stopped and the parent scallops removed from the tanks. After the spawning is over, the water in the hatching tanks should be stirred with swing boards for 30 min to prevent the eggs from sinking to the bottom.

Larval cultivation: The rearing density depends on the rearing technique, food supply, capacity of the tanks and the quality of larvae. It ranges from 5-15 larvae per ml. During the period of larval rearing, the feeding behaviour and growth of the larvae are observed every morning before the water is renewed. In general, the normal larvae are usually swimming in the upper and middle layers of the water. The feeding ration can be adjusted according to the food content in the stomach of the larvae. The number of larvae should be counted and their shell lengths measured every two or three days.

The growth and development of larvae are closely related to salinity, temperature, rearing density, water quality and food supply. Under suitable rearing conditions as mentioned above, the eyespot, which is located in the stomach region, will appear 18 days after fertilization, with the shell height at 190-200μm

Spat collection: The appearance of the eyespot is an indication that the larvae are approaching the settling stage. Once the eyespot appears, the larvae should be sieved and transferred to another well-cleaned tank. The spat collectors are then put into the tank for larvae to settle on as soon as the transfer is completed. Two kinds of collectors are commonly used in northern China. One is made of palm fibre rope and the other of pieces of polyethylene net.

Nursery culture

Nursery or intermediate culture involves transfer of the spat to the open sea and rearing them until they attain 7 mm in shell height. Before transfer, the temperature of the rearing water should be lowered by 1-2 every day to approximate the temperature of the sea. This is important for increasing the survival. Each transfer leads to better survival and better growth rate. The water temperature of the sea area must reach 5 when the spat are transferred.

Because of the differences in the size of spat, condition of the sea area, culture materials and management, high mortality occurs after the spat are transferred to the open sea. At present, the survival rate in nursery culture ranges from as low as 10 percent to 30-40 percent.

Two kinds of material are used at present. One is a plastic pipe, 60 cm long and 25 cm in diameter, covered with plastic net (mesh smaller than the shell height of the spat) at both ends. The other, which is more common, is made of polyethylene bags. The size of the bag depends on the size of the spat collectors and is generally 30x40 cm. Every ten bags are strung together on a rope.

Abalone (e.g. Haliotis discus hannai)

Commercial abalone seed production was accomplished in 1987 in Dalian, Liaoning. From 1987, abalone aquaculture in China grew steadily, with most research focused on the development of hatchery seed production techniques and grow-out modes. A series of key techniques involving spawning, larval rearing and juvenile and seed nursing were established. Sufficient seed supply is crucial to the development of abalone mariculture. All abalone seed are hatchery produced with sophisticated technology The technology to produce hybrid and triploid abalone has been successfully developed by researchers and is ready to be introduced to the commercial production sector.

Seed hatchery production

Broodstock selection and conditioning: Seed production typically begins in early spring with broodstock conditioning and gradually elevated temperatures and stabilization at 20. The most widely used and effective method for abalone to ripen is by effective accumulative temperature (EAT) control. Meanwhile, plenty of algal food (*Laminaria japonica, Undaria pinnatifida* and *Ulva pertusa*) should be provided with this conditioning method.

Spawning and hatching: To induce spawning, well-developed abalones are exposed to air for desiccation and then subjected to ultra-violet-irradiated seawater. Adult spawning is usually induced by combined thermal shock and UV-treated seawater exposure. Males usually are induced one hour later than females because they are more sensitive to inducement. Fertilized eggs are incubated at 21-22 ℃.

Larval cultivation: Approximately 60 hours postfertilization, *H. discus hannai* larvae are ready for settlement. Eyed larvae are set on the collecting plates made of transparent corrugated plastic that is diatom-precoated for *H. discus hannai*. The diatoms must be supplied in sufficient quantities as well as be of good quality to ensure the growth and survival of postlarvae. Water quality and light level should be carefully controlled during this critical period.

Juvenile nursery: Juveniles are manually moved from settlement plates to nursery culture plates at the size of 3-7 mm. For H. discus hannai, spat are usually transferred to large punctured plastic plates with dark colour. During early juvenile stages, an artificial diet is exclusively used as food supply. Several commercial diets from various feed manufacturers are available to aquaculturists. The major ingredients of artificial diets are dried kelp powder and fish meat powder. Fresh kelp is the principal food for older juveniles. The quality of artificial diet plays an important role in post-settlement survival.

Echinoderms

Sea cucumber

Apostichopus japonicus is the only species of sea cucumber to be cultured in northern China. This is due to its high meat quality and the success of commercial hatchery techniques.

In the early 1980s, the shortage of sea cucumber seed was a bottleneck for developing aquaculture. The Ministry of Agriculture prioritized setting up hatcheries for sea cucumber (*A. japonicus*) and improving techniques for seed production. Since then, sea cucumber farming has become a vigorous sector in mariculture.

The procedure for artificial reproduction of sea cucumber is as follows:

Broodstock condition and spawning

● Broodstock collection: Broodstock are collected from late May to early July.

● Broodstock care in land-based tanks: Broodstock are held at 30 individuals per m^3, with dissolved oxygen (DO) over 5 mg/liter, and a feeding rate about 5-10 percent of body weight.

● Spawning stimulation: Spawning is induced by thermal shock (water temperature raised by 3-5) and desiccation followed by seawater jet for 10-15 min.

● Fertilization: Artificial spawning allows the hatchery operator to better control the concentration of spermatozoa and the stocking density of eggs. The maximum density is 1 million eggs per m^3 in hatchery tank.

● Hatching: The hatching rate may exceed 90 percent.

Larval rearing

Rearing the pelagic stages of *A. japonicus* requires considerable attention and constant monitoring of the culture medium.

Larval density: In order to ensure fast growth and a high metamorphosis rate, larval density should be maintained at between 3 to $4x10^5$ individuals/m^3.

Feeding: The use of different species of microalgae is crucial for the development of the larvae. *Dunaliella euchlaia, Chaetoceros gracilis, C. muelleri, Nizschia closterium* and *Phaeodactylum tricornutum* can be used to feed the larvae. The most important species are *D. euchlaia*, *C. gracilis* and *C. muelleri*, whereas *Dicrateria zhanjiangensis*, *Isochrysis galbana* and *Chlorella sp*. are usually added as a supplement but are never used alone. For a balanced diet, a mixture of two to three species is highly preferable. The microalgae are fed at a concentration ranging between 10 000 and 40 000 cells/ml. Food levels are increased gradually as the larvae develop. In order to enhance larval growth and decrease the rate of malformation of the young sea cucumbers, marine yeast and/or photosynthetic bacteria (PSB) are often supplied.

Water quality: High-quality seawater in a sea cucumber hatchery is an important prerequisite. Research findings indicate that numerous physical and chemical factors (e.g. temperature, pH, salinity, ammonia, DO, heavy metal concentration, turbidity, etc.) will influence the success of culture. As these parameters tend to vary significantly from one region to another, careful monitoring of the seawater quality is essential.

Selection and use of settling bases: The traditional substrates used for the settlement of the sea cucumber juveniles are frames fitted with fine polyethylene (PE) or polypropylene (PP) cloth. In recent years, some hatcheries have started to use PE corrugated plates measuring 50×50 cm fixed together in stacks of 8-10 pieces. This latter method has been used with some success. In the traditional method, benthic diatoms need to be cultivated on the settling bases before they can be used. Currently, some hatcheries no longer cultivate benthic diatoms, but rather provide a food supply soon after the juvenile sea cucumbers have settled. This method has two advantages: no equipment is needed to rear benthic diatoms and the settling plates are easier to clean during routine hatchery operations. The settled sea cucumbers are fed with benthic diatoms that have settled on specifically designed mesh bags or other materials placed in the rearing tanks and with a powdered macroalgae soup typically prepared using *Sargassum* spp. such as *S. thunbergii*. The correct feeding rate is essential to ensure a high survival rate of the juveniles.

Juvenile rearing

Rearing juvenile sea cucumbers may take several months, but may require as long as six months if the rearing conditions are not favourable.

Food: The food must be free of contamination, be of the right particle size and contain all the essential nutrients. A balanced diet not only accelerates the juvenile sea cucumbers' growth rate, but also increases their survival rate.

Transfer of the juveniles: Juvenile sea cucumbers are particularly vulnerable during the early rearing stages. High mortality rates are caused by high density, overfeeding, faeces on the settling plates and competition for space among themselves and with other opportunistic organisms such as *Ciona intestinalis*. This species of tunicate can also secrete a toxin that can kill juvenile sea cucumbers. Therefore, juveniles should be regularly transferred to new settling plates, sorted by size and injured individuals transferred to separate tanks. Light anaesthesia is usually used to reduce stress and facilitate handling of the sea cucumbers. *Microsetella sp*. (Ectinosomatidae) is commonly found in rearing tanks and can form large colonies in a short time, killing all the sea cucumber juveniles in 1-2 days when the situation gets out of control. Trichlorfon was formerly used to kill *Microsetella sp*., but the copepods have developed a strong resistance to this biocide and therefore have become difficult to eradicate. In 2003 a new and effective pesticide known as *Mei Zao Ling* was developed by the author. This product has little side effect on sea cucumbers.

Nursing of juvenile sea cucumbers: As the juveniles grow, the water quality and DO must be maintained at the optimal level. Increasing aeration and water exchange rates becomes necessary. The oxygen level has to be maintained above 5 mg/ litre. It is also important to use formulated feed that can be digested and absorbed easily. Experimental results have shown that the growth rate of juveniles fed on the formulated feed is at least two times higher than that of individuals fed on traditional feed during the 20 to 30 day period. In recent years, studies on a series of formulated diets revealed that diet is a key factor for improving the survival and growth rates of juveniles in the nursing stage.

As the accumulation of excess food and faeces increases, harmful germs tend to multiply rapidly and can cause very serious disease outbreaks among juvenile sea cucumbers, including what is known as "stomach ulcer". Another disease is "white muscle syndrome", in which muscle tissues turn white and become rigid. More applied research is urgently required to find effective remedies to these problems.

Sea urchin

Broodstock management

Broodstock should be 3-4 years of age and 6-7 cm in test diameter. The shell of broodstock shouldn't be damaged. Photoperiod and water temperature are considered to be important in the control of reproductive maturation. Experimental broodstock cultivation has shown that multiple spawning is possible when well-fed sea urchins are cultivated in darkness in relatively warm water. So after being caught, the mature sea urchins are placed into dark tanks and reared with filtered seawater (8.0-15.5 and about 31.5 ‰ salinity). The density of broodstock is less than 20 sea urchins per m^2 and the sea urchins are fed with *Laminaria japonica*. Airstones are used to provide the oxygen to the broodstock. One half of the water in the tanks is changed daily, and every four days, all the water in the tank should be changed to remove any debris from the bottom.

Induction of spawning, fertilization and hatching

There are three ways to induce spawning:

- injection of 1-2 ml of 0.5M KCl solution easily induces mature sea urchins to spawn;
- putting the sea urchin in the shade and in running seawater; and
- removal of the mouthparts.

After spawning induction, the female and male sea urchins are placed separately into seawater to spawn. After enough eggs and sperm are released, the eggs are collected into a plastic barrel and mixed with some sperm to fertilize them. The quantity of the sperm is enough if there are 10.100 sperm around each egg. The fertilized eggs hatch at 20.30 eggs/ml in the hatching barrel and rinsed of excess sperm once an hour. Before hatching, the water should be mixed twice an hour to avoid the fertilized eggs becoming deposited on the bottom of the barrel. The hatching temperature should be between 16 and 18. After approximately 16 hours, the fertilized eggs will hatch.

Larvae rearing

Culture vessel: A pond (10-20 m^3) or aquarium (1-4 m^3) can be used as the culture vessel.

Planktonic microalgae for larviculture: Many species of cultured algae support rapid growth and development through metamorphosis. The planktonic microalgae's size, concentration, flavor and the stage of larval development will all influence larval feeding rate and microalgae selection. The planktonic microalgae are reared at 15-30 and 7 000-10 000 Lux as measured by photometer. The nutrient salts included 5-20 mg $NaNO_3$, 0.5-1 mg KH_2PO_4 and 0.05-0.2 mg $Fe(NH_4)_3(C_6H_5O_7)_2$ in a 1000 ml volume. During the rearing process, the water should be maintained at a suitable quality and not polluted by other algae. After the density increases to 1 million cells/ml, it can be fed to the larvae.

Larvicuture management: After the blastulae float with little active movement at the surface of the water, the healthy larvae should be selected, the quantity estimated and the larvae transferred to the culture pond. The water should be changed twice daily, with half of the water each time,.

Larval development involves growth and elaboration of the larval body. After three to four days, the larvae have developed to the early pluteus stage, which requires planktonic microalgae as food. The four to eight-armed larvae should be fed with planktonic microalgae four times per day at 5 000-40 000 cells/ml/day.

The density is initially 1.0 larvae per ml, but decreases to 0.4-0.7 individuals per ml at the end of the eight-armed larval stage. The photometer should show a light level of less than 300 Lux. The salinity of the seawater is 30-31.5ppt, temperature is 16-18, DO is 6.5-8.0mg/liter and pH is 7.9-8.3.

Benthic diatom cultivation and settlement

Settlement presents a variety of problems for echinoid larvae. Larvae must detect suitable habitat to switch from planktonic living to benthic living. Induction of settlement and metamorphosis occurs in response to environmental factors that signal the availability of suitable benthic habitat. A solution of 0.5M KCl can also be used to induce metamorphosis.

The attachment that induced the settlement uses polyvinyl chloride wavy plates (42x33 cm, each group having 20 plates) covered with the benthic diatom that serves as the food source for the juvenile sea urchin. The plates should be inoculated with the benthic diatom on both sides 20-30 days in advance of providing them to the sea urchins. Nutrient salts are added to stimulate algal growth. When the podium or thorn appears on the larvae, they should be put into the tanks with the plates covered with benthic diatoms. The larvae should be stocked at around 300-500 larvae per plate. The water in the tanks should be changed twice a day with half of the water removed at each time.

Early juvenile rearing

After all the larvae are metamorphosed, the sea urchins should be reared withcontinuous flow seawater to exchange water around three times per day (water flow of 100.500 percent). The photometer should indicate less than 3 000 Lux. The water should be aerated to provide enough oxygen for the sea urchin. Nutrient salts are added to the tanks every day to stimulate diatom growth. When the juveniles reach 2-3 mm in size, they should be transferred to the netcage and fed with Ulva sp. And *Laminaria japonica*.

Seaweed (*Undaria pinnatifida*)

Undaria pinnatifida is the main seaweed species under cultivation in Dalian. The Dalian area contributes more than 80 percent of the yield from Chinese cultivation.

Collecting zoospores: Collection of zoospores begins in April to June when the plants become fertile. The matured sporophylls are kept in a dark, moist container for several hours to induce mass discharge of the spores. The spores attach themselves to the substrate and develop into male and female gametophytes.

Nursing of young sporelings: As young sporelings 3 to 5 cm long become overcrowded in their breeding station, they are moved to grow-out sites when seawater temperature drops below 20℃. e.g. around mid-October in northern China. The purpose of such a move is to stimulate their growth to a length of 10 to 25 cm before their transplantation. During this nursing period, young sporelings grow very rapidly.

Transplantation of young sporophytes: At the end of the nursing period, young seedlings are transplanted to kelp-culture ropes for final grow-out on floating rafts. The procedure is similar to the transplantation of young rice plants in paddy culture. The outgrowing of sporelings starts in the autumn when the water temperature is below 20.

Growout methods

Several grow-out methods are being practiced in northern China.

Floating raft culture

There is a long history of using floating rafts for shallow-sea farming. This system can be used for a variety of species such as seaweeds (kelp and laver), filtering organisms (scallop, oyster, and mussel) and abalone, combined with culture in lantern cages. The major advantages of this culture method are better growth rates and quality.

The survival rate is also better when compared to bottom-culture methods, mainly due to the fact that bottom-dwelling predators (e.g. starfish and drills) are unable to reach the cultured oysters. However, with this method the rafts and cages can be easily damaged by storms and the cages fouled by a number of benthic organisms and seaweeds. The cages are periodically cleaned to avoid becoming blocked.

Pond culture

A high proportion of the area under cultivation is devoted to pond culture in marine and brackishwaters. Often, fishers culture shrimp, crab or marine finfish. Some benthic species such as Manila clam and razor clam are also cultured in the ponds. In recent years, pond culture of sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) has developed in Liaoning and Shandong provinces, mainly centered in the Dalian area. The details are described below.

Mud flat culture

Mud flat culture is very popular in China because it does not require large quantities of food and it does not pollute the environment. This system is especially suitable for farming benthic species such as Manila clam (*Ruditapes philippinarum*), hard-shelled clam (*Meretrix meretrix*), blood cockle (*Tegillarca granosa*), razor clam (*Sinonovacula constricta*) and seaweeds such as *Porphyra* spp.

Net-cage culture

In China, marine fish farming entered a new era in the 1990s, following the great advances made on understanding the biology and rearing technologies of cultured species. The principal culture method for marine fish is net-cage culture. In northern China, the main species cultured are *Lateolabrax japonicus, Paralichthys olivaceus, Sciaenops ocellatus, Sebastodes fuscescens, Hexagrammos otakii* and *Fugu sp.*

Inshore cage culture is very popular world-wide, especially in China. Advantages include low investment and easy routine management. However, this system is one of the main sources of inshore pollution and a contributor to red tides. As most farmers use trash fish to feed high-value cultured fish, it does not take long before a great quantity of faeces and food residues accumulate on the sea floor and pollute the entire area. Another problem is that floating cages cannot resist strong winds and waves. The losses from such problems can be very serious.

Large-sized, current-resistant submerged netcages have been recently developed using fairly high-tech systems. These may help promote the sustainable development of marine fish farming. Meanwhile, mariculture using submerged cages has become a major aquaculture activity for utilizing the wider ocean for fish production.

Intensive indoor culture

This system is especially suitable for abalone and flounder culture. Abalone can be considered as one of the gastropods that have a high potential for commercial exploitation in the Asia-Pacific region. They command a high price and are highly relished in a number of Asian countries, particularly in China, Japan, the Republic of Korea and the Democratic People's Republic of Korea. In this system, concrete tanks of around 3-50 m^3 are used. A dark PVC basket of 40x30x13 cm is commonly used, usually in a stack of 8-12 tiers arranged in rows in a tank. The baskets occupy 40-70 percent of the tank capacity. Fresh kelp, mostly *Laminaria japonica*, is the primary food during growout, and artificial diets are used when algae are not available. The major husbandry measures include adequate feeding, control of water flow, periodic elimination of abalone wastes and adjustment of the culture density. Usually this grow-out system has a high running cost, including the costs for pumping water, heating and aeration.

Polyculture

Polyculture has a long history in freshwater aquaculture in China and could be applied more often in the marine environment. In marine polyculture, bivalves, seaweed and marine finfish are produced together. By

using such complementary species, the wastes of one species can be converted to protein by the others. In finfish production, for example, feed that is not consumed filters down to suspension-feeding bivalves or mixes with faecal waste and is taken up by primary producers such as seaweed (harvested directly) or phytoplankton, which is then consumed by bivalves.

Bivalve and seaweed raft polyculture system

This form of culture shows much promise in increasing sustainability in many types of aquaculture, since it maintains a balance of nutrients in the environment and increases the efficiency of protein production.

In northern China, for example, kelps cultured on rafts provide shading, create sheltered areas less exposed to current flows, release oxygen as a product of photosynthesis and generally improve water fertility. Overall, *Laminaria* plants create a "mini-ecosystem" in otherwise open shallow seawater, making conditions more favourable for commercial production of scallops and other marine organisms. In turn, scallops and other cultured marine organisms in a polyculture system produce metabolic byproducts, especially dissolved N, P and CO_2, which act as natural fertilizers to meet the nutrient requirements of seaweed plants.

Polyculture in ponds

The main polyculture modes in ponds are shrimp-fish (e.g. mullet, tilapia, *Fugu* spp., perch, seabream and others), shrimp-sea cucumber, and shrimp-crab. The shrimp-fish system is the most successful. Some experts infer that there are two factors involved in the healthy growth of shrimp in the shrimp-fish system: predatory fish eat sick or morbid shrimp, thus reducing the spread of disease in the ponds; and there is an improved balance in the mini-ecology of shrimp ponds. Effluents rich in organic matter from shrimp culture can also be utilized by bivalves. Many species can filter out small particles and utilize microalgae from the effluent. These can be commercially valuable species for harvest or non-valuable species for use as fish-meal.

Another polyculture mode is crab-shrimp-bivalve, and this system is successful in Shandong and Jiangsu provinces; the crab is blue crab (*Callinectes sapidus*), the shrimps are *Penaeus chinensis, P. japonicus or Litopenaeus vannamei*; and the bivalves are *Ruditapes philippinarum, Argopecten irradians* or *Sinonovacula constricta.*

Marine enhancement

The capture fishery is unable to provide further increase to the total yield to meet the increasing demand for seafood for human consumption, particularly for the high-valued species that are either depleted or overfished. Thus the enhancement of fishery resources is an important measure that can be used to rebuild depleted stocks. Stock enhancement has been used for more than 20 years and has recently developed very quickly in China. The main species involved are high-value species as shown in Table 2.

Table 2

Aquatic species used in marine enhancement trials in northern China

Crustaceans	*Penaeus chinensis, P. japonicus, Litopenaeus vannamei*
shellfish	*Patinopecten yessoensis, Haliotis discus hannai, Scapharca subcrenata, S. broughtonii*
Marine Fish	*Paralichthys olivaceus, Chelon haematocheila, Pagrus major, Pseudopleuronectes yokohamae, Larmichthys crocea, Acanthopagrus schlegelii schlegelii*
Echinoderms	*Stichopus japonicus, Strongylocentrotus intermedius S. nudus, Hemicentrotus pulcherrimus*
Jellyfish	*Rhopilema esculentum*

Shrimp

Penaeus chinensis is mainly distributed in the Bohai Sea and Yellow Sea. It has supported a very important fishery in the north. During 1985 to1992, 8.645 billion juvenile shrimp were released in the Bohai Sea. Shandong Province released 200 million juvenile shrimp into the waters around Shandong Peninsula in 2004.The recapture rate ranged from 0.001 percent to 1.88 percent.

Fish

Many fish species have been released into coastal waters in order to increase their stock size, but often intermittently, such as red seabream (*Pagrus major*), marbled flounder (*Pseudopleuronectes yokohamae*), So-iny mullet *(Chelon haematocheila)*, black porgy (*Acanthopagrus schlegelii schlegelii*) and bastard halibut (*Paralichthys olivaceus*). Although the benefit is high, the input required is also high. In recent years, croceine croakers (*Larmichthys crocea*) have been released into the East China Sea to help rebuild the depleted stock.

Jellyfish

Following the depletion of some jellyfish fishing grounds, institutions in Liaoning, Shandong, Tianjin and Hebei started the experimental release of ephyra in the 1980s. Between 1994 and 2003, an average of 69.6 million ephyra were released annually into the bays around Shandong Peninsula by the province, resulting in an average catch of 4 994 tonnes per year. The abundance of jellyfish is closely related to environmental conditions; therefore, the economic benefit is highly variable. The recapture rate was 0.68-2.65 percent.

Shellfish and others

Seabed seeding is used to enhance shellfish and other resources, including scallop, clam, abalone, sea cucumber, trumpet shell, sea urchin, etc. This method is usually difficult to distinguish from mariculture, but it

has the advantage of reducing disease compared with mariculture. The recapture rates for abalone and sea cucumber are much more predictable than that of shrimp. According to data recorded from commercial captures, the recapture rate for abalone may be as high as 50.70 percent. For sea cucumber, the rate depends more on site selection and improvement, with sheltered areas being more favourable.

In general, sea ranching is a good system to enhance or to re-establish a population that has declined, but numerous factors influence results. There is still a long way to go to reach the desired goals.

Problems and solutions in mariculture development

Major problems

There are three main limiting factors influencing mariculture development in China.

Seed quantity and quality

Two major constraints should be considered:

● Stable seed supply is not available for all major mariculture species.

● Mariculture seed available is not based on a good system of selective breeding and the genetic material available is still equivalent to the wild species. Selective breeding is needed to improve growth, disease-resistance and quality.

Many mariculture species have been or are being developed in China, the breeding techniques for most have been developed, and seed can be provided to farmers and cooperatives. However, relatively limited systematic research has been conducted on artificial selection and genetic improvement. This situation contrasts with investments in agriculture and livestock, and should be remedied.

Aquatic animal and plant diseases

In China the aquaculture industry developed quickly, and the variety of marine aquatic products has surpassed 40. The scale of cultivation also expands unceasingly and the output increases on a large scale. In the last few years, however, disease has occurred continually in aquaculture, with the country suffering economic losses of billions of Yuan every year. Shrimp disease losses have been serious since 1993. Fish disease, sea scallop disease, kelp disease, abalone disease and so on have occurred unceasingly. Improvements in disease control are, therefore, critical to future mariculture development in the region; and governments, researchers and farmers all have an important role to play.

Suggestions for continued development

Develop intensive cultivation and enhance output.

In the twenty-first century, Chinese seawater cultivation will convert from extensive to intensive farming. Intensive cultivation has the virtues of high output, stable production, potentially minimal impacts on the environment if conducted efficiently, water saving and so on, with significant developmental potential.

Through the development of high-value cultured species, the seawater cultivation standard can be enhanced significantly. The present task is to develop modern aquaculture systems and technologies, such as new anti-storm cage techniques, economical and practical water treatments, automatic feeders, environmental monitoring, etc.

Application of biotechnology

The application of biotechnology in mariculture is a key issue, including the use of new species, gender control, germplasm preservation, disease prevention and control, etc. With the support of the hi-tech “863” project, Chinese researchers have obtained important breakthroughs in cellular engineering breeding techniques. Triploid and hybrid oyster, scallop and abalone; all-female prawn and flounder; and kelp, *wakame* and laver have been developed through hi-tech approaches and will soon enter the industrial stage. Biotechnology research should receive high priority in mariculture research and development.

Develop healthy aquaculture and prevent diseases

Reasonable farm layout, proper scientific management and developing healthy cultivation techniques and management are vital steps to prevent disease occurrence. Something must be done to optimize the ecological environment of the culture system and provide good survival for the cultivated species. Research on disease epidemiology should be strengthened to determine the ecology of the pathogens and to find ways to prevent their spread in the environment. Other areas that need to be addressed include immunity, technology and management practices for prevention and control of disease, and development of new medicines. Rapid examination and diagnostic systems should be established to enable early action to be taken and reduce the associated losses.

Feeds and feed management

The use of high quality feed enhances product quality, reduces cost and disease occurrence by minimizing water pollution and improves economic efficiency. Technical improvements in feed and feeding plays a major role in increasing the output value of aquaculture. The use of high quality feed is an indication of progress in aquaculture technology. Research on nutrition and feed development needs to catch up with the demand from a rapidly industrializing aquaculture sector. Most of the aquatic products rely on natural animal feed, which results in high cost, low efficiency and poor sanitation. To promote the healthy development of the mariculture industry, we should energetically develop artificial feeds with high quality, good stability, good attractability, good absorbency and low FCR.

ДОСТИЖЕНИЯ В РАЗВИТИИ МАРИКУЛЬТУРЫ В СЕВЕРНОМ КИТАЕ

Чан Яцин*, Чжан Супин**

*Главная лаборатория марикультуры, Министерство сельского хозяйства, Китайская Академия Наук, Даляньский Рыбохозяйственный Университет, Далянь, КНР
**Институт Океанологии, Китайская Академия Наук, Циндао, КНР

В КНР уже на протяжении долгого периода времени активно развивается марикультура. Данная отрасль достигла выдающихся успехов в области создания рыбоводных заводов, выпускающих молодь без выращивания, садков для рыб и технологий выращивания креветки, моллюсков и рыб, имеющих огромное промысловое значение. Все эти технологии получили развитие с 1950-х гг.

Первым крупным достижением стало выращивание морских водорослей в 1950-х гг. Это стало возможным благодаря прорыву в развитии технологий выращивания. К концу 1970-х гг. ежегодное производство морской водоросли достигло 250 т в сушеном виде (приблизительно 1,5 млн. т свежих водорослей). Выращивание креветки получило развитие в 80-х гг. прошлого столетия за счет создания технологий выращивания на рыбоводных заводах и проведения экономических реформ. Ежегодное производство креветки в 1992 г. достигло 210 000 т. Однако вспышки инфекций с 1993 г. сократили производство креветки на 2/3. Производство марикультуры постепенно увеличилось с 1954 по 1985 гг., а с 1986 г. начало развиваться ускоренными темпами, главным образом за счет выращивания моллюсков.

В КНР помимо традиционных видов моллюсков (устриц, съедобных моллюсков, морского черенка и др.) начали выращивать и другие виды в 70-х гг. прошлого столетия. Культивирование двустворчатых моллюсков стало одним из первых направлений, за которым последовало выращивание гребешка в 1980-х гг. В 1990-х гг. первостепенное внимание уделяется выращиванию морского ушка. За последнее время культивирование таких традиционных видов, как устрицы и съедобные моллюски также вышло на новый уровень, и их производство значительно расширилось. В настоящее время в КНР в большом количестве выращивают более 30 видов морских моллюсков. В связи с ускоренными темпами развития в последние годы культивирование моллюсков превратилось в крупнейший сектор развития китайской марикультуры, на который приходится 81 % от общего объема продукции.

Таким образом, развитие индустриализации и технологий достигли международного уровня, а в области аквакультуры Китай занял лидирующие позиции в мире. КНР также является крупнейшей страной по уровню развития марикультуры. За последнее десятилетие были достигнуты значительные успехи в области морской аквакультуры. Зоны выращивания объектов марикультуры в Китае, включающие мелководные моря, берега морей, заливаемые при приливе и обнажаемые при отливе, а также заливы, занимают более 1,33 млн га, хотя с использованием существующих технологий большинство морских растений и животных могут быть выращены при 10-метровой изобате. В 2002 г. площадь культивирования и выход продукции составили 1 352 000 га и 12,1 млн т соответственно.

Подсекция 1.1. Водные биоресурсы и аквакультура

УДК 593.9:591.3

УЛЬТРАСТРУКТУРА НАЧАЛЬНЫХ ОТДЕЛОВ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У ТРЕХМЕСЯЧНЫХ ОСОБЕЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА *APOSTICHOPUS JAPONICUS*

Д.А. Андреев[*], И.Ю. Долматов[**], А.В. Корнейчук[*], Е.А. Захарова[*]
[*]ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз»
**Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток, Россия

Впервые исследована ультраструктура начальных отделов пищеварительного тракта у трехмесячных особей дальневосточного трепанга. Показано, что в этот период кишечник голотурии хорошо развит и способен функционировать. В кишечном эпителии имеются два типа клеток. Целомический эпителий хорошо развит. Входящие в его состав миоэпителиальные клетки и нервные отростки обеспечивают перистальтику кишечника.

Культивирование морских гидробионтов, или марикультура – перспективное направление хозяйственной деятельности в Приморье. Она ставит перед собой цель получения дополнительной товар-

ной продукции моллюсков и иглокожих, а также восстановление подорванных популяций ценных видов. В последние годы в Приморье развивается культивирование ценного в промысловом отношении вида – дальневосточного трепанга, *Apostichopus japonicus*. Высокая рыночная стоимость и современное состояние популяции стали стимулом для начала таких работ. Низкая численность трепанга в заливе Петра Великого отмечается, начиная с 90-х гг. прошлого столетия. В последние годы крайне редки случаи обнаружения личинок трепанга в планктоне бухт, что не позволяет надеяться на быстрое восстановление его численности (а соответственно и промысла) и задействовать коллекторный способ культивирования.

Интенсивная (заводская) технология разведения может стать в настоящее время действенным способом восстановления численности популяции этого вида и возможностью для получения товарной продукции. Одним из этапов биотехники является выращивание полученной в заводских условиях молоди до товарного размера. В настоящее время различные методы товарного выращивания молоди трепанга разработаны в Китае; работы в этом направлении ведутся в Японии и Корее.

Интенсивная технология подразумевает глубокое изучение различных биологических характеристик культивируемого вида животных. В этой связи дальневосточный трепанг активно исследовался (Левин, 1982; Малахов, Черкасова, 1991, 1992). Были описаны основные стадии развития, выявлено анатомическое строение личинок. Одним из важных периодов жизненного цикла данного вида для культивирования является период между метаморфозом и помещением животных во внешнюю среду. Это наиболее длительный этап культивирования, в течение которого происходит формирование основных дефинитивных органов, таких как кишечник, водные легкие (органы дыхания) и гонада. Тем не менее, развитие и строение молоди трепанга после метаморфоза до сих пор не было изучено. В этой связи нами начаты работы по изучению ультраструктуры пищеварительной системы у молоди дальневосточного трепанга.

Исследования проводились на голотурии *Apostichopus japonicus* (Holothuroidea, Aspidochirotida). Молодь трепанга получали в летний период 2009 г. в мини-заводе Научно-экспериментального центра марикультуры Дальрыбвтуза в б. Северной. Трехмесячных особей фиксировали в течение 24 ч в 2,5%-м растворе глутарового альдегида, приготовленном на 0,05 М какодилатном буфере (pH 7,4), и затем дофиксировали 1 ч 1%-м раствором OsO_4. Материал обезвоживали в этиловом спирте и ацетоне и заливали в смесь аралдита и эпона. Срезы изготовляли на ультрамикротоме Ultracut E (Reichert). Ультратонкие срезы контрастировали 1%-м раствором уранилацетата на 10%-м этаноле и цитратом свинца по Рейнолдсу и просматривали на трансмиссионном электронном микроскопе Libra 120 Karl Zeiss.

Трехмесячные особи трепанга достигают размера 2-6 мм, при средней длине около 3 мм. Они имеют несколько амбулакральных ножек и хорошо развитые щупальца. Стенка тела полупрозрачная, содержит многочисленные округлые спикулы. Пищеварительная система хорошо выражена. Кишечник дифференцирован на отделы, средняя часть изгибается и формирует петлю. Задний отдел, клоака, несколько расширен.

На данном этапе развития начальные отделы пищеварительной системы хорошо развиты. Стенка кишки имеет трехслойное строение и состоит из наружного (целомического) эпителия, соединительной ткани и внутреннего (пищеварительного) эпителия. Пищеварительный эпителий имеет складки, образующие ворсинки. Такое строение увеличивает поверхность эпителия и, соответственно, увеличивает интенсивность всасывания питательных веществ.

Пищеварительный эпителий образован столбчатыми пищеварительными клетками (энтероцитами). Они имеют цилиндрическую форму. Клеточное строение выстилающего эпителия достаточно однообразное. Нами было выделено только два типа клеток (рис. 1). Основу эпителия составляют клетки, содержащие большое число узких цистерн шероховатого эндоплазматического ретикулума (ШЭР). Они расположены стопками в цитоплазме и вытянуты в базально-апикальном направлении. Среди цистерн ШЭР обнаруживаются крупные округлые митохондрии. Ядра клеток располагаются в средней части. Они имеют неправильную форму и содержат крупные глыбки хроматина. Иногда в ядрах видно небольшое ядрышко.

Другой тип клеток кишечного эпителия более редок. Эти клетки характеризуются светлой цитоплазмой, которая содержит большое количество свободных рибосом. Кроме того в ней имеются митохондрии и редкие цистерны ШЭР. Ядро расположено в средней части клетки. Оно имеет округлую форму и содержит деконденсированный хроматин и крупное ядрышко.

Все клетки кишечного эпителия располагаются на хорошо выраженной базальной мембране. Она образована многочисленными волокнами коллагена. В апикальной части клеток кишечника обнаруживаются крупные липидные капли, которые имеют вид округлых электроноплотных образований. Апикальная поверхность клеток несет многочисленные микроворсинки. Ресничек у энтероцитов обнаружено не было. В апикальной цитоплазме имеются многочисленные микропузырьки. Энтероциты соединяются друг с другом посредством двух типов межклеточных контактов. У самой апикальной поверхности располагаются короткие десмосомы. Они переходят в длинные септированные контакты, формирующие сложный замковый комплекс у поверхности клеток.

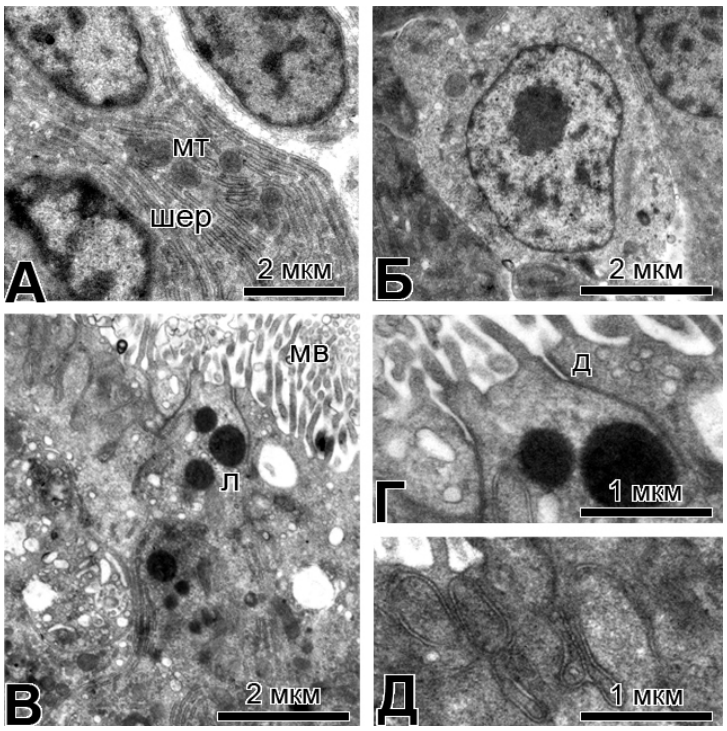


Рис. 1. Пищеварительный эпителий: А – энтероцит с хорошо развитым шероховатым эндоплазматическим ретикулумом; Б – энтероцит со светлой цитоплазмой; В – апикальная часть энтероцитов с микроворсинками; Г – десмосомы; Д – комплекс септированных контактов; д – десмосома; л – липидная капля; мт – митохондрии; ШЭР – шероховатый эндоплазматический ретикулум

Соединительнотканный слой очень тонкий, толщина его составляет около 5-7 мкм. Он располагается между базальными мембранами целомического и кишечного эпителиев. Соединительная ткань представлена сетью коллагеновых волокон и аморфным веществом. Коллагеновые волокна имеют разную толщину и расположение, у наиболее толстых видна поперечная исчерченность.

Наружный, целомический, эпителий образован двумя типами клеток, перитонеоцитами и миоэпителиальными клетками (рис. 2). Перитонеоциты представляют собой невысокие ресничные клетки с расширенной апикальной частью и узкой базальной ножкой. Последняя прикрепляется к базальной мембране посредством полудесмосом. Крупное ядро неправильной формы располагается в средней части клеток. Оно содержит мелкие глыбки гетерохроматина. В апикальной части располагается хорошо развитый аппарат Гольджи, редкие цистерны ШЭР и лизосомы.

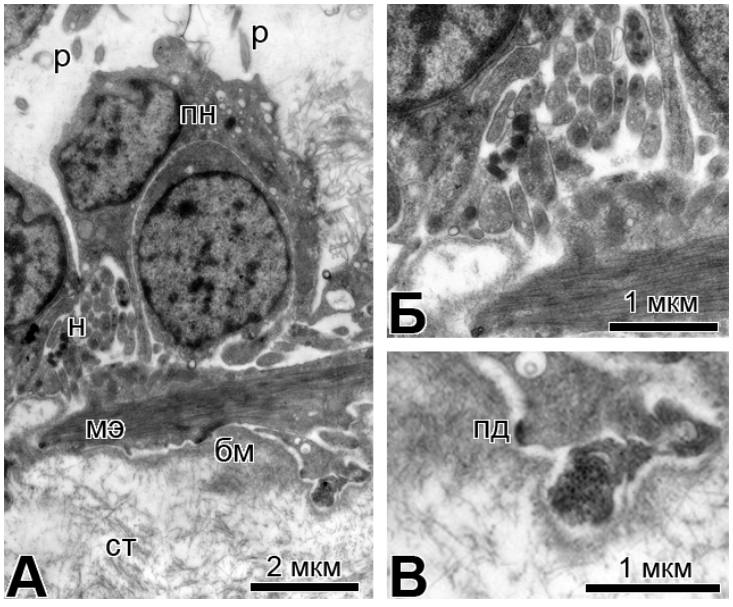


Рис. 2. Целомический эпителий: А – общий вид; Б – пучок нервных отростков; В – поперечный мышечный пучок; бм – базальная мембрана; мэ – миоэпителиальная клетка; н – нервный пучок; пд – полудесмосома; пн – перитонеоцит; р – ресничка; ст – соединительная ткань

В пространствах между базальными ножками перитонеоцитов располагаются миоэпителиальные клетки. Они также прикрепляются к базальной мембране посредством полудесмосом. Миоэпителиальные клетки содержат крупные округлые ядра с мелкими глыбками гетерохроматина. Базальная часть клеток имеет длинные отростки, заполненные миофиламентами. Отростки формируют два слоя мускулатуры кишечника. Наружный слой располагается продольно. Он развит сильнее. Внутренний слой состоит из отдельных радиально расположенных отростков, которые глубоко погружены в соединительную ткань стенки кишки.

Между перитонеоцитами и миоэпителиальными клетками располагаются пучки нервных отростков. Они содержат различные нейропузырьки.

Исследование показало, что у трехмесячных особей трепанга пищеварительная система хорошо развита и активно функционирует. Это выражается в наличии складок и ворсинок кишечника, хорошо развитой системы микроворсинок, формирующих настоящую щеточную кайму, и микропузырьков в апикальной части энтероцитов. Последнее указывает, что энтероциты дальневосточного трепанга способны не только к внеклеточному, но и внутриклеточному пищеварению. Это свойственно и другим голотуриям (Feral, Massin, 1982; Машанов и др., 2004).

Нами было выделено два типа энтероцитов. Первый из них характеризуется наличием большого числа уплощенных цистерн ШЭР. Хорошее развитие шероховатого ретикулума указывает на то, что данные клетки активно продуцируют белковые продукты, вероятно пищеварительные ферменты или слизь. Однако в апикальной части белковых гранул обнаружено не было. По-видимому, данные клетки находятся в самом начале своей специализации. Сходные по морфологии клетки выявляются на поздних стадиях регенерации кишки у некоторых иглокожих (Долматов, Машанов, 2007). Второй клеточный тип отличается наличием большого числа рибосом. Вероятно, данные клетки еще не дифференцированы.

Целомический эпителий, выстилающий пищеварительную трубку снаружи, у трехмесячных особей хорошо развит и имеет типичное для иглокожих строение (Garcia-Arraras, Dolmatov, 2010). Входящие в его состав миоэпителиальные клетки формируют два слоя мышц, кольцевой и продольный. Их координированное сокращение позволяет кишке сокращаться и перемещать пищевые комки от передних отделов к задним. Для иннервации мышц в эпителии сформировались крупные пучки нервных волокон.

Библиографический список

1. *Долматов И.Ю., Машанов В.С.* Регенерация у голотурий. Владивосток: Дальнаука, 2007. 212 с.

2. *Левин В.С.* Дальневосточный трепанг. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1982. 191 с.

3. *Малахов В.В., Черкасова И.В.* Эмбриональное и раннее личиночное развитие голотурии *Stichopus japonicus* var. Armatus (Aspidochirota, Stichopodidae) // Зоол. ж. 1991. Т. 70, № 4. С. 55-67.

4. Малахов В.В., Черкасова И.В. Метаморфоз голотурии *Stichopus japonicus* (Aspidochirota, Stichopodidae) // Зоол. ж. 1992. Т. 71, № 9. С. 11–21.

5. *Машанов В.С., Фролова Л.Т., Долматов И.Ю.* Строение пищеварительной трубки у голотурии *Eupentacta fraudatrix* (Holothuroidea, Dendrochirota) // Биол. моря. 2004. Т. 30, № 5. С. 366–374.

6. Garcia-Arraras J.E., Dolmatov I.Y. Echinoderms: potential model systems for studies on muscle regeneration // Current Pharmaceutical Design. 2010. V. 16, № 8. P. 942–955.

7. *Feral J.P., Massin C.* Digestive system: Holothuroidea // Echinoderm nutrition. Rotterdam: Balkema. 1982. P. 192–212.

ULTRASTRUCTURE OF THE ANTERIOR PART OF THE DIGESTIVE TRACT IN THREE-MONTH-OLD SEA CUCUMBERS *APOSTICHOPUS JAPONICUS*

D.A. Andreev[*], I.Yu. Dolmatov[**], A.V. Korneichuk[*], E.A. Zakharova[*]

*Far-Eastern State Technical Fishery University (Dalrybvtuz)

**A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology FEB RAS, Vladivostok, Russia

Ultrastructure of the anterior part of the digestive tract in three-month-old sea cucumber *Apostichopus japonicus* was studied for the first time. It was shown that the gut of the sea cucumber is morphologically and functionally well developed at this period of time. Two types of the cells were found in gut epithelium. Coelomic epithelium was well developed too. Myoepithelial cells and nerve processes belong to the epithelium. They supply intestinal peristalsis.

УДК 639.2

ИХТИОФАУНА НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ПЕЧОРЫ

А.А. Батманов, М.С. Королькова
ФГОУ СПО «Дмитровский рыбопромышленный колледж», Москва, Россия

В состав ихтиофауны бассейна р. Печоры, в Усть-Цилемском районе Республики Коми, входит 36 видов рыбообразных и рыб. К ценным видам можно отнести сёмгу, омуля, сига. Основу промысла в районе составляют язь, плотва, ряпушка и щука. Помимо вышеперечисленных видов рыб в промысле присутствуют лещ, карась, окунь, ерш, налим.

Вследствие своего географического расположения Республика Коми издревле славилась своими реками и озерами. Усть-Цилемский район расположен на северо-западе Республики Коми, площадь района – 42511 км^2. В пределах района находится 450 рек, имеющих длину более 10 км с общей протяженностью около 14200 км, которые относятся к бассейну реки Печоры. Печора – это самая большая по водности и вторая по площади водосбора река Крайнего Севера. Берёт начало на Северном Урале и впадает в Печорскую губу Баренцева моря, длиной 1809 км, площадь бассейна 322 тыс. км^2. В пределах района ее протяженность около 260 км, ширина реки от 1 до 3 км, поймы 5-10 км, средняя глубина 4-5 м. Пойма изрезана многочисленными протоками ("шарами") и старицами, летом образуется большое число заливов – "курей", где нагуливается молодь рыб. Начало ледостава в третьей декаде октября, начало ледохода во второй декаде мая.

В Усть-Цилемском районе в состав ихтиофауны бассейна р. Печоры входит 36 видов рыбообразных и рыб. Из рыбообразных – ледовитоморская, или тихоокеанская (проходная) и сибирская (туводная) миноги; лососеобразных – семга, арктический голец, таймень, нельма, ряпушка, пелядь, омуль, сиг, чир, хариусы сибирский и европейский, корюшка, щука; карпообразных – плотва, язь, гольян озерный, гольян пестрый, уклейка, лещ, карась золотой и карась серебряный, голец усатый; тресковых – налим; колюшковых – колюшка девятииглая; окуневых – окунь и ерш; рогатковых – подкаменщик. С 1928 по 1950 гг. проводились работы по вселению стерляди, но в нашем районе она встречается крайне редко. Была попытка вселить в Печору и сибирского осетра, известны случаи поимки его в низовьях реки. Начиная с 1956 г. в реки Баренцева и Белого морей интродуцирована горбуша, которая заходит на нерест в притоки Печоры.

Одним из наиболее ценных видов является атлантический лосось или семга – это проходная рыба, имеет осенние и яровые расы, нерестится в притоках Нижней Печоры: Нерице, Пижме, Цильме. Еще один проходной вид – печорский омуль, нагуливается в Печорской губе, зимует на ямах нижнего течения и в соединенных с ним озерах. На нерест по Печоре в массовом количестве поднимается в конце августа – первой половине сентября. К полупроходным рыбам относятся нельма, сиг и ряпушка (зельдь), которые образуют и озерно-речные формы.

Промысловые рыбы района:

Ряпушка (*Coregonus sardinella Val.*). Обитает в Печоре и в водоемах поймы, где образует большое число форм, отличающихся размерами, формой тела, спектром питания, образом жизни, темпом роста, сроками нереста и др.

Сиг (*Coregonus lavaretus L.*) имеет две формы: весенний сиг, так называют сига, вылавливаемого в период с распаления льда до спада воды и осенний – полупроходная форма сига, обитающая в Печоре в июле – ноябре. Он несколько крупнее весеннего.

Пелядь (*Coregonus peled G.*). От других сиговых отличается более высоким телом. Различают пелядь пойменно-речную и озерную. Первая, весной при подъеме воды в реках, уходит на нагул в курьи, протоки, шары и пойменные озера, при спаде воды выходит в реки. Нерестится пойменно-речная пелядь в реках, а озерная жилая форма не выходит из системы озер, там и нерестится.

Хариус (*Thymalus thymalus L.*). Отличается высоким спинным плавником и узорчатой чешуей. Встречается как в самой Печоре, так, и почти во всех малых реках и ручьях.

Важный объект промысла и спортивного любительского рыболовства

Щука (*Esox lucius L.*) . Озерно-речная рыба, обитает практически во всех водоёмах, за исключением мелких ручьёв и озёр, избегает участки рек с быстрым течением.

Язь (*Leuciscus idus L.*). Одна из самых массовых рыб района. Обитает во всех водоёмах за исключением мелких заморных озёр, мелких ручьёв и верховий быстрых рек, но предпочитает крупные реки и озёра.

Плотва (*Rutilus rutilus L.*). Вместе с язём одна из самых массовых рыб района. Обитает практически везде, за исключением самых малых ручьёв, быстрых участков рек, некоторых отдаленных изолированных озёр.

Основу промысла в районе составляют язь, плотва, ряпушка и щука.

Размерно-весовой состав уловов основных промысловых рыб представлен в таблице. Помимо вышеперечисленных видов рыб в промысле присутствуют лещ, карась, окунь, ерш, налим

Размерно-весовой состав основных промысловых рыб

№№ п/п	Вид рыб	Длина рыб в уловах, см	Вес рыб в уловах, г
1	Сиг весенний	30,7-33,8	404-607
2	Сиг осенний	33,1-34,6	491-650
3	Пелядь	30,9-31,8	517-607
4	Ряпушка	15,8-17,7	49-65
5	Щука	46,3-54,5	1053-1822
6	Плотва	19,6-22,2	161-236,3
7	Язь	27,0-29,5	407-407

Условия, сложившиеся в водоёмах района в результате хозяйственной деятельности человека, привели к уменьшению объема воспроизводства и, как следствие, промысла ценных видов рыб. Основной причиной снижения запасов явилось нерациональное ведение промысла. Для восстановления численности промысловых рыб в районе необходимо наряду с проведением мероприятий по учету и прогнозированию объёмов вылова, улучшению условий естественного размножения, эффективной охране от браконьерского лова, заниматься искусственным разведением особо ценных видов рыб, таких как сёмга и сиговые.

Библиографический список

1. Атлас пресноводных рыб России: В 2 т. / Под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука, 2002. Т. 1. 379 с.

2. *Соловкина Л.Н.* Рыбные ресурсы КОМИ АССР Сыктывкар: Коми кн. изд-во,1975. 168 с.

THE FISH FAUNA OF THE LOWER REACH OF THE PECHORA RIVER

A.A. Batmanov, M.S. Korolkova
Federal State Educational Institution of Intermediate Vocational Education “Dmitrov Fishing College”, the settlement of Rybnoye, Moscow region

The fish fauna of the Pechora’s basin in Ust-Tsilemsky District in the Komi Republic includes 36 species of fish and fish-like vertebrate. Atlantic salmon, Arctic cisco and whitefish are referred to valuable species of fish. The source of the fishery in the district are ide, roach, vendace and pike. Besides above-listed species of fish there are also bream, crucian, perch, ruff and burbot in the fishery.

УДК 577.15:[597-113.32:597.443]

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДНЫХ ИОНОВ НА УРОВЕНЬ АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ БЕЛУГИ, СТЕРЛЯДИ И ИХ ГИБРИДА (БЕСТЕРА)

Д.А. Бедняков, В.Ю. Новинский, А.Н. Неваленный
ФГОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань, Россия

Проведено исследование влияния концентрации водородных ионов на характеристики некоторых ферментов, осуществляющих мембранный гидролиз пищи у белуги (Huso huso L.), стерляди (Acipenser ruthenus L.) и бестера (Huso huso L.×Acipenser ruthenus L.). Установлено, что для белуги и бестера максимальный уровень активности для α-амилазы, мальтазы, казеинлитических протеиназ и щелочной фосфатазы находится в диапазонах pH от 7,0 до 9,0; от 7,0 до 8,0; от 10,0 до 11,0; от 7,0 до 9,0 соответственно. Для стерляди максимальный уровень активности для α-амилазы, мальтазы и казеинлитических протеиназ найден в диапазонах pH от 7,0 до 10,0; от 7,0 до 8,0; от 8,0 до 11,0 соответственно, для щелочной фосфатазы отмечен четкий оптимум при pH 9,0.

Изучение процессов адаптации к влиянию основных абиотических факторов представляется одной из важнейших задач современной биологии. Одним из наиболее важных факторов, особенно для пойкилотермных организмов, в частности гидробионтов, являются концентрация водородных ионов в воде, в связи с тем, что она может оказывать значительное влияние на уровень активности ферментов, вследствие контакта пищеварительного тракта рыб с внешней средой.

В настоящее время в литературе имеется много данных по пищеварительным ферментам лососевых, карповых видов рыб. Сведений же, касающихся характеристик пищеварительных ферментов осетровых, недостаточно (Уголев, Кузьмина, 1993; Неваленный и др., 2003; Коростелев, 2005; Левченко, 2005).

В связи с этим целью данной работы являлось исследование влияния концентрации водородных ионов на уровень активности некоторых пищеварительных ферментов слизистой оболочки кишечника белуги, стерляди и их гибрида – бестера.

Материал был собран и обработан в 2007-2009 гг. Были использованы годовики белуги, стерляди и бестера, полученные и выращенные в искусственных условиях. Определение влияния pH проводили в широком диапазоне: 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0.

Уровень активности α-амилазы (КФ 3.1.1.1) определялся по убыли крахмала модифицированным методом Смита и Роя, уровень активности мальтазы (КФ 3.2.1.20) модифицированным глюкозооксидазным методом, щелочной фосфатазы (КФ 3.1.3.1) – по степени гидролиза n-нитрофенилфосфата. Казеинлитическую активность протеиназ (КФ 3.4.21) в нейтральной (pH = 7,4) среде определяли модифицированным методом Лоури. (Неваленный и др., 2005). Активность фермента выражали в мг или мкмоль продуктов гидролиза, образующихся за 1 минуту инкубации в расчете на 1 г влажной массы ткани. Статистическая обработка данных проводилась по общепринятым методикам (Глинский, Ионин, 2002).

При исследовании влияния концентрации водородных ионов на уровень активности пищеварительных ферментов слизистой оболочки кишечника белуги и бестера (рисунки 1, 3) было установлено, что максимальный уровень активности для α-амилазы, мальтазы, казеинлитических протеиназ и щелочной фосфатазы находится в диапазонах pH от 7,0 до 9,0; от 7,0 до 8,0; от 10,0 до 11,0; от 7,0 до 9,0 соответственно. Как видно из полученных результатов, оптимальные значения концентрации водородных ионов для α-амилазы, мальтазы и щелочной фосфатазы близки к нейтральным, а оптимум казеинлитических протеиназ смещен в сторону щелочных значений pH.

Для стерляди (рис. 2) максимальный уровень активности для α-амилазы, мальтазы и казеинлитических протеиназ найден в диапазонах pH от 7,0 до 10,0; от 7,0 до 8,0; от 8,0 до 11,0 соответственно, для щелочной фосфатазы отмечен четкий оптимум при pH 9,0. Оптимальные значения для α-амилазы и мальтазы близки к нейтральным, для щелочной фосфатазы и казеинлитических протеиназ оптимумы pH смещены в сторону щелочных значений.

Таким образом, продемонстрировано, что оптимальные значения pH у исследованных видов близки к таковым у лососеобразных, для которых в среднем для α-амилазы, мальтазы, казеинлитических протеиназ и щелочной фосфатазы они составляют от 8,0 до 9,0; от 7,0 до 9,0; от 10,0 до 11,0; от 8,0 до 10,0 соответственно (Левченко, 2005). Также выявлены видоспецифичные особенности адаптации пищеварительной системы исследованных осетрообразных к действию pH, которые оказались характерны и для гибридных особей. Следует отметить, что наиболее приближенно они были переданы по материнской линии.

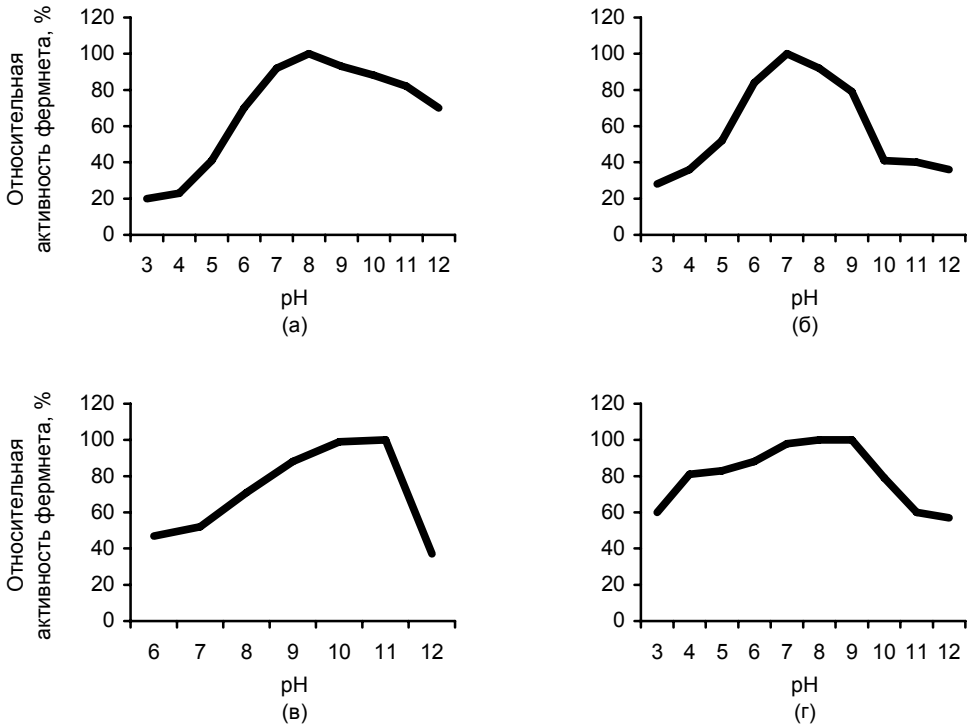


Рис. 1. Влияние концентрации водородных ионов на уровень активности: а – α-амилазы (мг/(г·мин)); б – мальтазы (мкмоль/(г·мин)); в – казеинлитических протеиназ (мкмоль/(г·мин)); г – щелочной фосфатазы (мкмоль/(г·мин)) слизистой оболочки кишечника белуги (в % от контроля, принятого за 100 %).

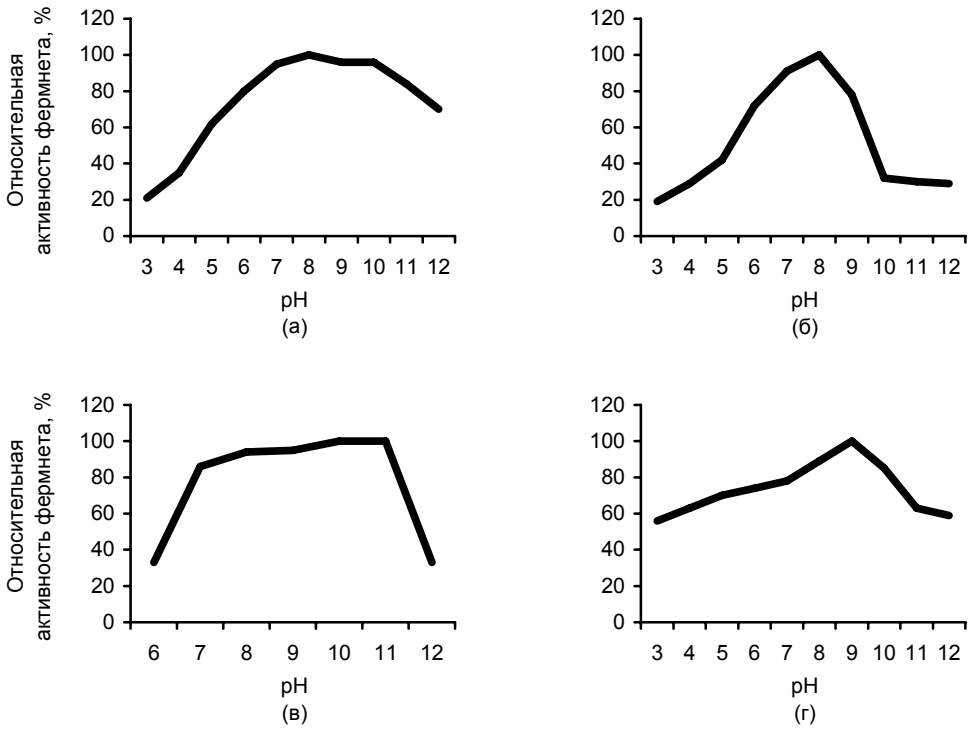


Рис. 2. Влияние концентрации водородных ионов на уровень активности: а – α-амилазы (мг/(г·мин)); б – мальтазы (мкмоль/(г·мин)); в – казеинлитических протеиназ (мкмоль/(г·мин)); г – щелочной фосфатазы (мкмоль/(г·мин)) слизистой оболочки кишечника стерляди (в % от контроля, принятого за 100 %)

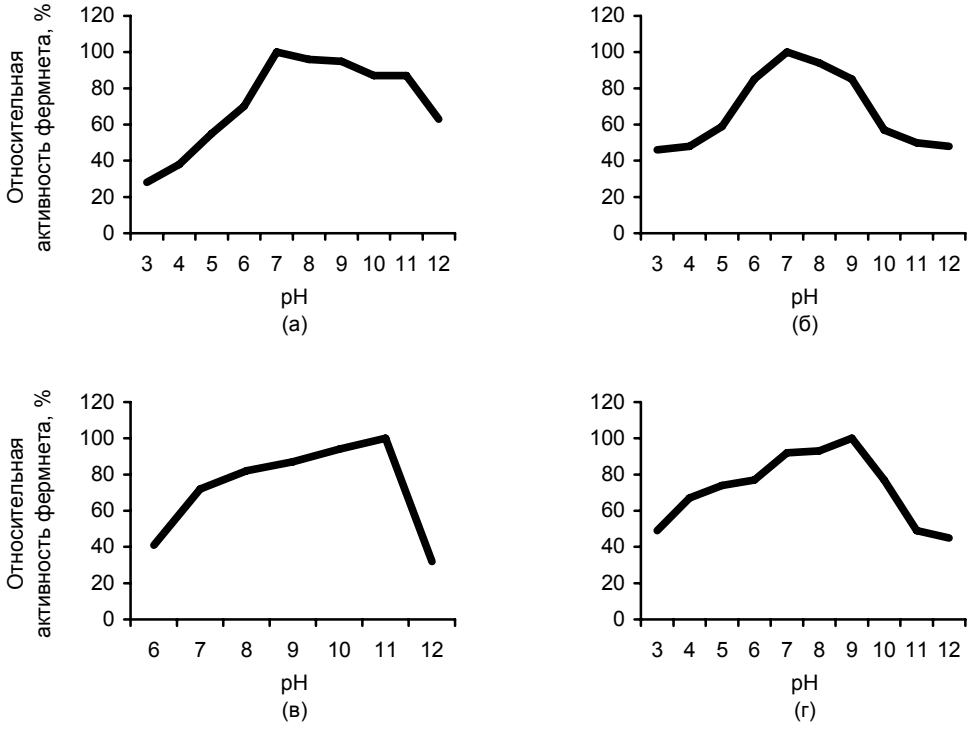


Рис. 3. Влияние концентрации водородных ионов на уровень активности: а – α-амилазы (мг/(г·мин)); б – мальтазы (мкмоль/(г·мин)); в – казеинлитических протеиназ (мкмоль/(г·мин)); г – щелочной фосфатазы (мкмоль/(г·мин)) слизистой оболочки кишечника бестера (в % от контроля, принятого за 100 %)

Библиографический список

1. *Глинский В.В., Ионин В.Г.* Статистический анализ: Руководство по обучению. М.: ИНФРА-М, Новосибирск: Сибирское соглашение, 2002. 241 с.

2. *Коростелев С.Г.* Особенности мембранного пищеварения у рыб различных таксономических и экологических групп: Автореф. дис. … д-ра биол. наук. Астрахань, 2005. 30 с.

3. *Кузьмина В.В*. Физиолого-биохимические основы экзотрофии рыб / В.В. Кузьмина [отв. ред. В.Н. Яковлев]; Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина. М.: Наука, 2005. 300 с.

4. *Левченко О.Е.* Влияние температуры и концентрации водородных ионов на уровень активности пищеварительных ферментов некоторых лососеобразных рыб: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Астрахань, 2005. 24 с.

5. *Неваленный А.Н., Бедняков Д.А., Дзержинская И.С.* Энзимология: учеб. пособие / Астрахан. гос. техн. ун-т. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2005. С. 74–79.

6. *Неваленный А.Н., Туктаров А.В., Бедняков Д.А*. Функциональная организация и адаптивная регуляция процессов пищеварения у рыб: Моногр. Астрахань: АГТУ, 2003. 152 с.

7. *Уголев А.М., Кузьмина В.В.* Пищеварительные процессы и адаптации у рыб. СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. 283 с.

EFFECT OF CONCENTRATION OF HYDROGEN IONS ON THE LEVEL OF ACTIVITY OF SOME DIGESTIVE ENZYMES OF BELUGA, STARLET AND THEIR HYBRID (BESTER)

D.A. Bednykov, V.Yu. Novinskyy, A.N. Nevalennyy
Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Was investigated the influence of hydrogen ion concentration on the characteristics of some enzyme, which carry membrane hydrolysis of food of beluga (Huso huso L.), starlet (Acipenser ruthenus L.) and bester (Huso huso L. × Acipenser ruthenus L.). It was found that for beluga and bester maximum level of activity for α-amylase, maltase, caseinlytic activity of proteinase, and alkaline phosphatase in the range of pH from 7,0 to 9,0; from 7,0 to 8,0, from 10.0 to 11,0; from 7,0 to 9,0, respectively. For starlet maximum level of activity for α-amylase, maltase and caseinlytic activity of proteinase found in the pH range from 7.0 to 10.0, from 7,0 to 8,0; from 8,0 to 11,0 respectively, for alkaline phosphatase was a clear optimum at pH 9.0.

УДК 597.2/5

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕРЕСТОВОГО СТАДА ЕНИСЕЙСКОЙ НЕЛЬМЫ

М.А. Белов, В.А. Заделенов
ФГНУ «Научно-исследовательский институт экологии рыбохозяйственных водоемов», Красноярск, Россия

Нельма – ценный полупроходной вид семейства сиговых. Современное состояние нерестового стада енисейской популяции нельмы в значительной степени определяется режимом промысловой эксплуатации прошлых лет. За 30-летний период исследований средние значения длины тела и массы производителей нельмы практически не меняются. Отмечено омоложение нерестового стада и, как следствие, – уменьшение значений плодовитости. В половом составе нерестового стада нельмы преобладают самцы – 62,9 %. У полупроходной нельмы в Енисее отмечен факт питания во время нерестовой миграции.

Современное состояние енисейской популяции нельмы в значительной степени определяется режимом промысловой эксплуатации прошлых лет. Наиболее высокий вылов – 170,8 т наблюдался в 1944 г. Вследствие чего повышенная интенсивность промысла для поддержки народного хозяйства СССР в нелегкое время отечественной войны повлекла за собой ярко выраженное снижение численности нельмы (Численность нерестовых популяций полупроходных рыб и пути ее увеличения. Красноярск.: Красноярск. отд. СибНИИРХ, 1966). Специализированный промысел нельмы запрещен с 1968 г., добыча в качестве допустимого прилова к другим видам рыб разрешена с 1974 г (Оценка рыбных запасов в водоемах восточной Сибири и прогноз на 1988 г. Улан-Удэ: Вост.-СибРыбНИИпроект, 1987). Необходимо отметить, что браконьерский вылов нельмы в 90-е гг**.** значительно возрос и наносит ощутимый урон в настоящее время. В следствии чего, среднегодовой, официальный вылов нельмы в 2003-2008 гг. составил 13.4 т (Биологическое обоснование к оценки состояния запасов водных биологических ресурсов, прогноз оду и возможный выловов на 2010 г. в пресноводных водоемах зоны ответственности ФГНУ «НИИ ЭРВ», Красноярск, 2009).

В сложившейся ситуации изучение биологических характеристик нельмы является важной задачей, для разработки программ восстановление численности и рационального использования рыбных ресурсов. В настоящей работе представлено современное состояние нерестового стада нельмы за четыре года исследования.

Для подготовки публикации использованы результаты наблюдений за нерестовым стадом нельмы енисейской популяции 2006-2009 гг. (Туруханский район, деревня Сумароково). Сборы проведены согласно стандартным ихтиологическим методикам (Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищепромиздат, 1966). Для исследования роста использовано 473 экз. нельмы, на плодовитость – 110 экз., для характеристики питания – 52 желудка (наполненных пищевыми компонентами).

Нерестовая миграция полупроходной нельмы из низовьев р. Енисея начинается после распаления льда, максимум хода в районе г. Дудинки наблюдается во второй-третьей декадах июля, нерестилищ (Сумароково) производители достигают спустя 2,0-2,5 месяца – в сентябре-начале октября.

В районе д. Сумароково производители появляются в начале сентября. Температура воды во время хода по нашим данным изменяется от 14-15 ^{0}С в начале сентября до 10-6 ^{0}С в третьей декаде и 5-3 ^{0}С к середине октября. Обычно наибольшая интенсивность хода производителей совпадает с падением температуры воды (ниже 10 ^{0}С) и некоторым повышением её уровня (Заделёнов В.А. Характеристика структуры нерестового стада и условий воспроизводства енисейской нельмы: Проблемы и перспективы рационального использования рыбных ресурсов Сибири. Красноярск: Изд-во КГПУ, 1999).

В 2006-2008 гг. число отлавливаемых в контрольных целях производителей по сравнению с данными прошлого столетия сократилось практически на порядок. Но интенсивность хода осталась прежней. Так, во 2-й декаде сентября вылавливается до 19 % от общего числа рыб, 3-й декаде сентября – до 41 %, 1-й декаде октября – до 35 % от всех выловленных особей (Заделёнов В.А., Белов М.А. Антропогенное влияние на нельму Stenodus leucichthys nelma (Pallas) енисейской популяции / Современное состояние водных биоресурсов: Матер. Междунар. конф. Новосибирск, 2008.).

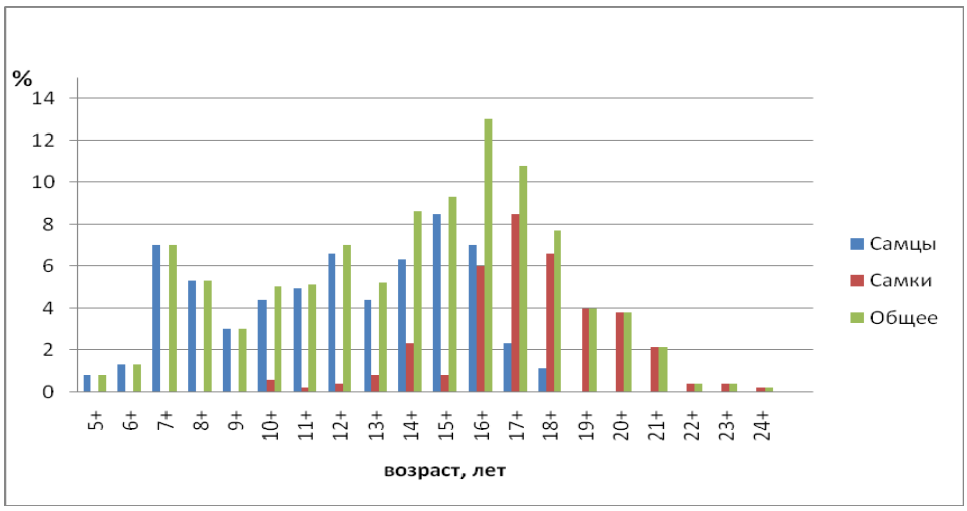
В 2006-2009 гг. в районе нерестилищ (о-в Сумароковкий) выловлено (плавные сети ячеей 80 мм) и проанализировано 473 экз. половозрелой нельмы. Зрелые рыбы составили свыше 85 % по числу, соотношение самок и самцов близко к 1:2. Длина рыб в нерестовом стаде изменяется в пределах 56-109 см, масса – 1850-15800 г, возраст – 5+ – 24+ лет. Размеры рыб по возрастным группам представлены в таблице.

Основная масса производителей в нерестовом стаде образуется особями от 14+ до 18+ лет, в уловах доминирует группа 16+лет -13% (рисунок). Промысловая длина данных особей варьирует от 75 до 104 см, масса от 4,5 до 15 кг. Существенная доля самцов приходится на возраста 7+, 12+, 15-16+ лет (35,4 %), самок 16+ -18+ лет (21 %). Следовательно, основу нерестового стада составляют самцы длиной 68-94 см, массой 3,5-8,2 кг и самки размерами 87-104, массой 7,5-15 кг.

Максимальный возраст самцов – 18+ лет, самок 24+ лет. Возрастной состав нельмы на нерестилищах (о-в Сумароковский) с 1978 по 1982 гг. представлен 24 возрастными группами – 4+ -28+ лет. Основную долю в уловах 1978-82 гг. составляли рыбы в возрасте от 6+ до 21+ лет. Наиболее массовая возрастная группа 18+ лет – 9,6 %. Максимальный возраст самцов – 25+ лет, самок 28+лет. В 90-е гг. возрастной состав представлен практически теми же группами основная масса рыб приходится на группы от 12+ до 18+ лет, доминируют в уловах рыбы в возрасте 15+ лет – 14 %. Максимальный возраст самцов – 21+ лет, самок 28+ лет.

Линейно-весовые характеристики нерестового стада енисейской нельмы (2006-2009 гг.)

Возраст, лет	Длина промысловая, см		Масса общая, г		N
	Колебания	Среднее	Колебания	Среднее	шт.
5+	58,5-68,6	63,5±26,7	2296-4000	2974±415,6	4
6+	62,5-72,8	65,9±14,8	3376-3680	3543,3±51,2	6
7+	56,0-74,2	68±7,0	1850-4962	3455,3±121,4	33
8+	58,8-76,0	70,1±8,7	2450-5500	3709±156,8	25
9+	64,8-77,6	70,6±11,5	2800-5350	3815±191,6	14
10+	68,3-82,8	74±7,9	3000-6900	4565,1±202,3	24
11+	68,0-85,7	76,6±7,7	3600-8450	5201,9±193,8	24
12+	69,3-92,4	80,8±8,3	4000-7800	5908,9±152,1	33
13+	74,2-87,6	81,9±7,0	3600-8400	6062,8±226,5	25
14+	74,9-97,0	83,8±7,2	4500-10650	6544,6±197,3	41
15+	76,8-96,3	84,1±5,5	4550-9350	6571,2±125,6	44
16+	80,0-95,7	88±5,4	5700-9750	7758±145,5	61
17+	57,2-102,0	90±9,1	5600-11850	8629,1±200,6	51
18+	83,5-104,0	93,1±7,4	6000-15000	9560,3±296,8	36
19+	86,4-102,3	95,4±9,3	7700-12500	10479,2±292	19
20+	91,0-103,5	96,1±8,3	9300-12750	10765,3±230,1	18
21+	91,0-106,8	97,7±15,5	7400-15100	11090±1688,3	10
22+	95,0-104,0	-	10300-11600	-	2
23+	103,0-109,0	-	12300-15800	-	2
24+	-	105,7	-	13050	1
Всего	56,0-109,0	83,4	1850-15800	6883,9	473



Возрастная и половая структура нерестового стада енисейской нельмы (2006-2009 гг.), %

Следует отметить, что современное стадо нельмы представлено только 20 возрастными группами (5+-24+ лет), т.е. стадо нельмы подвержено омоложению по причине выпадения старшевозрастных групп рыб.

По нашим данным самцы созревают в возрасте 5+ лет, самки в 10+ лет, самцы при достижении длины 63,5 см и массы 3 кг, самки при длине 78,6 см и массе 6,3 кг. По данным 1978-1996 гг. половое созревание нельмы впервые происходит у самцов в возрасте 5-6 лет при достижении длины 60 см и массы 3,0 кг, самки в 8-9 лет при длине 75 см и массе 5,5 кг. В массе самцы созревают в 7+ лет, самки в 13+, 15+ лет. Длина самцов нельмы в нерестовом стаде в районе нерестилищ – от 56 до 97 см, средняя – 77,7 см., масса варьирует от 1,9 до 8.2 кг в среднем – 5,3. Самки значительно крупнее самцов: длина – от 76,2 до 109 см, средняя – 92,9 см; масса -5,8-15,8 кг, средняя – 9,5 кг.

Средние значения длины тела (промысловой) и массы производителей нельмы на подходе к нерестилищам за 30-летний период практически не меняются. В половом составе нерестового стада нельмы во все годы исследований наблюдается преобладание самцов, составляя 59 % в 1978-1982 гг., 62,5 % в 90-е гг., 62,9 % в 2006-2009 гг.

Индивидуальная абсолютная плодовитость (ИАП) нельмы по обобщённым материалам 1978-1982 гг. колеблется от 53 до 416 тыс. икринок, она функционально зависит от длины и массы тела самок [4]. По материалам 1994 г., ИАП нельмы колебалась от 130 тыс. (длина самки 80 см) до 395 тыс. (длина самки 110 см) в среднем – 180 тыс. Плодовитость нельмы в 2006-2009 гг. составляла от 73 до 341 тыс. и в среднем составляет 149 тыс. икринок. Наиболее высокие значения плодовитости нельмы наблюдаются в начале 80-х гг. В современное время абсолютная индивидуальная плодовитость нельмы по отношению к прошлым периодам исследования имеет довольно низкие характеристики.

До настоящего времени отсутствовала информация о питании нельмы во время нерестовой миграции. Наблюдения 2006-2008 гг. показали, что мигрирующая нельма питается. Из 195 половозрелых особей зарегистрировано 52 экземпляра, в желудках которых обнаружены кормовые объекты. Основным компонентом питания нельмы во время нерестовой миграции является ряпушка (48 %), вид, у которого совпадают сроки нереста с нельмой. Следующие по значимости объекты питания – тугун, плотва, елец.

Наряду с сокращением уловов произошло качественное изменение нерестового стада. Если в 1994 году уловы состояли из рыб в возрасте от 5+ до 29+ лет, то в 2006-09 гг. возрастной ряд был представлен рыбами в возрасте 5+ – 24+ лет. Как следствие омоложения стада происходит и уменьшение значений плодовитости. За 30-летний период исследований средние значения длины тела и массы одновозрастных производителей нельмы практически не меняются. В половом составе нерестового стада нельмы наблюдается преобладание самцов 59-62,9 %.

Установленно, что полупроходная нельма в Енисее питается во время нерестовой миграции.. Кормовые объекты – наиболее массовые представители ихтиофауны, т.е. можно утверждать, что в районе нерестовых путей какого либо предпочтения в пище нельмы нет.

Библиографический список

1. Биологическое обоснование к оценке состояния запасов водных биологических ресурсов, разработке рекомендации по их рациональному использованию, прогнозу ОДУ и возможного вылова на 2010 г. в пресноводных водоемах зоны ответственности ФГНУ «НИИ ЭРВ». Красноярск, 2009. С. 276.

2. *Заделёнов В.А*. Характеристика структуры нерестового стада и условий воспроизводства енисейской нельмы // Проблемы и перспективы рационального использования рыбных ресурсов Сибири. Красноярск: Изд-во КГПУ, 1999. С. 41-47.

3. *Заделёнов В.А., Белов М.А.* Антропогенное влияние на нельму Stenodus leucichthys nelma (Pallas) енисейской популяции // Современное состояние водных биоресурсов: Матер. Междунар. конф. Новосибирск, 2008. С. 228-233.

4. *Куклин А.А., Лопатин В.В.* Структура нерестовой части популяции енисейской нельмы // Биологические проблемы Севера: Тез. 10-го всесоюз. симпозиума. Магадан, 1983. Ч. 2. С. 187-188.

5. Оценка рыбных запасов в водоемах восточной Сибири и прогноз на 1988 г. /ВостСибНИИпроект. Улан-Удэ: Минрыбхоз, 1987. 279 с.

6. *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб. М.: Пищепромиздат, 1966. 376 с.

7. Численность нерестовых популяций полупроходных рыб и пути ее увеличения. Красноярск. отд. СибНИИРХ. Красноярск, 1966. С. 1-21.

THE CHARACTERISTIC OF THE BASIC BIOLOGICAL INDICATORS OF SPAWNING HERD YENISEI INCONNUA

M.A. Belov, V.A. Zadelenov
FGNU «Scientitic research institute of ecology of fisheris water», Krasnoyarsk, Russia

Inconnua valuable kind of family semithrough passage white fishes. The Current state of spawning herd of the Yenisei population нельмы is substantially defined by a mode of trade operation of last years. For the 30-year-old period of researches average values of length of a body and weight of manufacturers Inconnu practically do not vary. The rejuvenation of spawning herd, and as consequence, reduction of values of fruitfulness is noted. In sexual structure of spawning herd Inconnu males – 62,9 % prevail. At a semicheckpoint Inconnu in Yenisei the fact of a food is noted during spawning migration.

EXPLOITATION AND APPLICATION OF DNA MARKERS IN THE BREEDING PROGRAM OF CHINESE FLESHY SHRIMP, *FENNEROPENAEUS CHINENSIS*

Jie Kong, Xian-hong Meng, Jian Li, Qing-yin Wang
Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences

The fleshy shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*, also called *Penaeus orientalis* and *P. chinensis*, used to be of economic importance for Chinese farming industries in the past (Ye et al., 1999; Wang et al., 2006). But, the outbreak white spot syndrome viral (WSSV) disease destroyed a large number of shrimp farms and almost collapsed the whole shrimp industry in China in 1993 (Yang et al., 2001). So far there is no effective method to prevent the disease from happening in the shrimp culture. Thereafter, disease-resistance shrimp breeding became an important approach for Chinese fleshy shrimp culture industry in China. “Huanghai No. 2” is a new variety with strong disease resistance selected by Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) method. During the selective breeding, a number of molecular markers were employed to facilitate the approach. Here we summarized briefly the achievements of different molecular trechnologies as follows.

1. The evaluation of genetic variation

For a breeding program, to investigate the genetic variation is necessary which can provide theoretical and practical guidance to establish base populations. Random amplified polymorphism of DNA (RAPD) (Ma et al., 2004) and simple sequence repeats (SSR) (Liu et al., 2006; Meng et al., 2009) were applied to evaluate the genetic variation of natural populations of *F. chinensis* which were collected in seven geographic locations in the Yellow and Bohai Seas: Liaodong Bay (LD), Bohai Bay (BH), Haizhou Bay (HZ), Rushan Bay (RS), Haiyangdao fishing ground (HYD), the west coast (KW), and the south coast of the Korean Peninsula (KS). The investigation results of RAPD and SSR are identical and support the conclusion that *F. chinensis* are composed of three natural populations in different geographical areas: the Bohai and Yellow Seas along the China coast, the west coast of Korea peninsula, and the south coast of Korea peninsula. The results is of critical importance for the construction of base population which can help to obtain the highest selective progress during the breeding program.

2. The pedigree tracing of offsprings

The offspring from different parentages should be cultivated together to minimize the environmental variance during the performing of the breeding program. Whereas, the problem is how to distinguish the offspring belonging to each parentage from each other. SSR markers were shown to be very useful for verifying pedigrees in prawn lines (Moore et al., 1999) and regarded as a valuable tool in the investigation of genetic diversity and pedigree tracing of hatchery populations (Herbinger et al., 1995). Therefore we developed SSR markers to provided an essential tool for identifying parentage relationships among individuals and obtaining pedigree information.

Through analyzing SSR characters from the random genome sequences of *F. chinensis*, we obtained some markers with rich genetic polymorphic information (Liu et al., 2004; Meng et al., 2006). The large variability exhibited by 8 microsatellite loci resulted in a high power for parentage assignment (Dong Shi-rui, et al., 2006). Probabilities of exclusion per locus ranged from 0.374 to 0.730 when only information of offspring was available (Fig 1: Excl 1) and from 0.551 to 0.844 when one parent was known (Fig. 1: Excl 2). Total exclusion values in the hypothetical population were calculated for different subsets of the polymorphic loci. The combined exclusion power for the 8 microsatellite loci was higher than 0.99 both for Excl 1 and Excl 2 (Fig. 1). Simulations demonstrated that 4 loci were required to assign 95% of progeny to both parents and 5 loci to assign 97%. The total exclusionary power would be over 99% if the loci were up to 6. The ability to establish the pedigree means that it does not require individual family tanks, time-consuming external family and/or individual marking. It also suggests that this use of microsatellites may greatly improve breeding selection effect in communal environment.

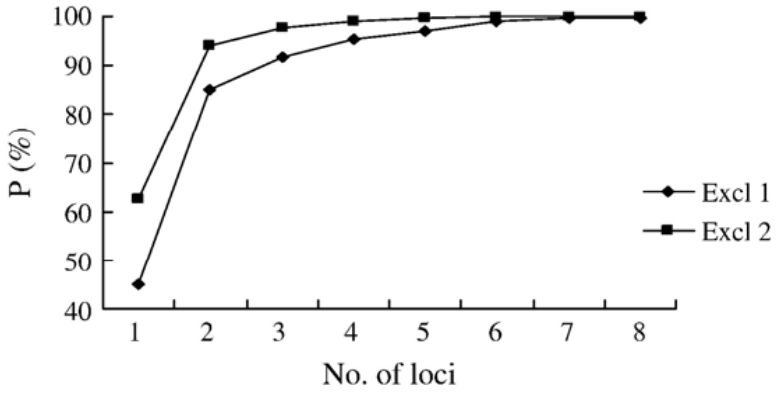


Fig. 1. Combined probabilities of exclusion calculated over eight polymorphic loci analyzed for no parent known (Excl 1) and one parent known (Excl 2)

A more efficient method, triplex PCR system was then set up to identify the parentages of *F. chinensis*. Three SSR markers, RS1101, RS0683 and H081 were selected to establish a triplex PCR technique using a touch-down PCR method. The probabilities of paternity exclusion (PPE) is 0.968, and the discrimination power (DP) is 0.999(Gao et al., 2007). By the comparative analysis on genotypes between parents and offspring, the results showed that the offspring of seven half-sibs and sixteen full-sibs could be identified from each other (Kong et al., 2007). Fig. 2 presented the amplification results of the triplex PCR in the parentage 35191 of *F. chinensis*.

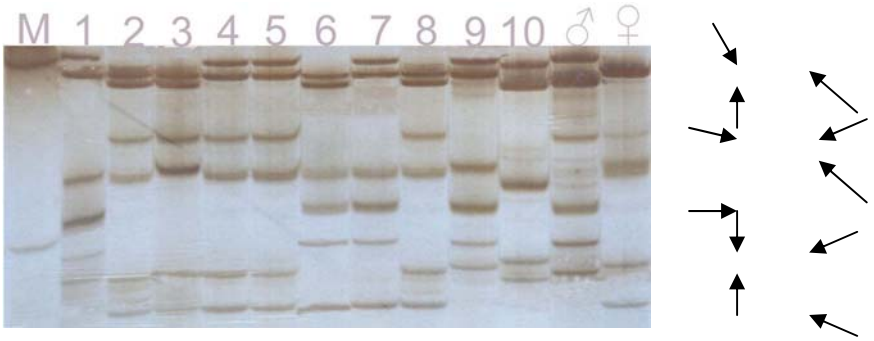


Fig. 2. Amplification results of the triplex PCR in the parentage 35191. M was the DL2000Marker, and the arrows showed the 500 bp (top) and 250 bp (bottom) . For male and female parents, the arrows from top to bottom showed the amplified bands of RS1101, RS0683 and H081 in turn

3. Construction of genetic linkage map

RAPD, SSR and amplified fragment length polymorphism (AFLP) were used for genetic linkage map construction based on F_2 family, including parents and 110 progenies of *F. chinensis*. Two genetic linkage maps were constructed using markers segregating in the female or the male parent. The female framework map was composed of 236 markers in 44 linkage groups, covering 1715.06 cM (63.98% coverage of ideal map) with an average interval of 8.93 cM. The male framework map contained 255 markers in 50 linkage groups, spanning 2076.53 cM(63.40% coverage of ideal map) with an average marker density of 10.13 cM (unpublished data). Five putatively quantitative trait loci (QTLs) (LOD>2.5) of growth traits and one of WSSV-resistance trait were located in the map which can explain 19.7%-33.5% phenotypic variation. The QTLs may provide a basis for marker-assisted selection (MAS) to improve disease-resistance ability in *F. chinensis* breeding.

4. EST analyses

In order to obtain enough molecular markers to enrich the density of genetic linkage map and to find markers related to target traits, a high throughput pyro-sequencing approach-Roche 454 GS FLX system was applied to sequence the transcritptome of WSSV-sensitive (group S) and WSSV-resistant (group R) shrimp of "Huanghai No. 2" in 2008. A total of 451,637 high-quality reads and 95,583,417 bases are obtained averaging 212 bp per read. A total of 48,681 unigenes, including 18,560 contigs and 30,121 singletons are assembled with CAP3 software. Of these, 71.23% sequences are new. There were 16,790 specific contigs in group R and 12,573 in group S based on comparison of BLASTN. Out of 968 contigs with annotation and 427 with GO in group R and 1156 with annotation and 465 with GO in group S if not considering singletons. All these specific contigs were considered very meaningful in analyzing the mechanism of WSSV resistance in shrimp. A total of 71,724 putative SNPs are detected, in which there are 53,449 and 18,275 SNP in coding region and non-coding region, respectively. Different SNP types of same sense, mis-sense and nonsense is 17,329, 34,642 and 1,478, respectively, in coding region. Once discovered, SNPs have a wide variety of applications in biological research, such as construction of high dense genetic linkage map, association analysis of growth or disease-resistance traits and so on. Especially those mis-sense and nonsense types of SNPs may reveal the truth of WSSV resistance in shrimp.

Table 1

Basic result of 454 sequencing of *F. chinensis*"Huanghai No. 2"

ESTs	Group R	Group S
Reads No.(ave len)	268,511 (205 bp)	229,335 (235 bp)
Reads No. after trimming (ave len)	240,871(200 bp)	210,766 (225 bp)
Total bases (bp)	48,231,158	47,352,259
reads assembled in contigs	220,652	195,637
Contigs No.	11,750	11,218
Max length of Contig	3,588 bp	3,919 bp
Mean length of Contigs	321 bp	355 bp
Singletons No.	20,219	15,129

We hope based on the high throughput EST sequence, molecular mechanism or genetic markers of WSSV-resistance can be revealed to assist new variety breeding in future.

5. Conclusion

Genetic breeding for shrimp is becoming more and more important, especially for traits relating to disease-resistance. Because of the inefficiency of traditional breeding technology, MAS is believed to be a promising way to select desirable traits fast and efficiently. To realize MAS in shrimp genetic improvement, at the premise of the target QTL and linked co-dominant markers are detected, one of the feasible strategies is to develop the marker-breeding value evaluation system, which could accelerate the favorable allele concentration in limited selective generations. Challenges exist and much more efforts were needed for further development.

Reference

1. *Dong S R, Kong J, Zhang T S, Meng X H, Wang R C*, 2006. Parentage determination of Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*) based on microsatellite DNA markers. Aquaculture, 258: 283-288.

2. Gao H, Kong J, Liu P, Meng X H, Luan S, Zhang T S, 2007. Establishment of microsatellite-based triplex PCR for parentage analysis of Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis*. Acta Oceanologica Sinica. 26(2): 65-74.

3. *Herbinger C M, Doyle R W, Pitman E R, Paquet D, Mesa K T, Morris D B, Wright J M, Cook D*, 1995. DNA fingerprint based analysis of parental and maternal effects on offspring growth and survival in communally reared rainbow trout. Aquaculture 137, 245–256.

4. *Kong J, GAO H, Yu F, Luo K, Meng X H, Liu P, Zhang T S,* 2007. Parentage identification of Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*) using microsatellite based triplex PCR Genescan technology. Journal of Fishery Sciences of China,14(1): 59-66(in Chinese).

5. *Liu P, Meng X H, Kong J, Zhuang Z M, He Y Y, Wang Q Y.* 2006. Polymorphic analysis of microsatellite DNA in *Fenneropenaeus chinensis*. Aquaculture Research, 37: 556-56.

6. *Liu P, Meng X H, Kong J, Zhuang Z M, Ma C Y,Wang Q Y,* 2004. The polymorphism of microsatellite DNA in *Fenneropenaeus chinensis*. Prog. Nat. Sci. 14 (3), 333–338 (in Chinese).

7. *Ma C Y, Kong J, Meng X H, Liu P,Zhang X M.* RAPD analysis of five geographic stocks of *Fenneropenaeus chinensis*. Journal of Fisheries of China, 2004, 28(3): 245-249.

8. *Meng, X H, Kong, J, Liu, P, Gao, H,* 2006. SSR primer screening and optimization of *Fenneropenaeus chinensis*. Mar. Fish. Res. 27 (1), 35–37 (in Chinese).

9. *Meng X H, Wang Q Y, Jang I K, Liu P, Kong J,* 2009. Genetic differentiation in seven geographic populations of the fleshy shrimp *Penaeus* (*Fenneropenaeus*) *chinensis* based on microsatellite DNA. Aquaculture, Aquaculture 287, 46-51.

10. *Moore S S, Whan V, Davis G P, Bryrne K, Hetzel D J S, Preston N*, 1999. The development and application of genetic markers for the Kuruma prawn *Penaeus japonicus*. Aquaculture 173, 19-32.

11. *Wang QY, Zhuang Z M, Deng J Y, Ye Y M* , 2006. Stock enhancement and translocation of the shrimp *Penaeus chinensis* in China. Fish. Res. 80, 67-79.

12. *Yang F, He J, Lin X.* Complete genome sequence of the shrimp white spot bacilliform virus. J viro1, 2001, 75: 118l1-11820.

13. *Ye C C, Li P J, Liu H Y*, 1999. Stock enhancement of *Penaeus chinensis* prawn in the north Yellow Sea. J. Fish. Sci. China 6, 83–88 in Chinese.

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ДНК-МАРКЕРОВ В ПРОГРАММАХ ПО РАЗВЕДЕНИЮ КИТАЙСКОЙ КРЕВЕТКИ FENNEROPENAEUS CHINENSIS

Цзе Кун, Сянь Хунмэн, Цзянь Ли, Цинн Инь Ван

Институт рыбного хозяйства Желтого моря Китайской рыбохозяйственной академии наук
Ул. Наньцзин, Циндао, Провинция Шаньдун, КНР

Мясистая креветка Fenneropenaeus chinensis, также называемая Penaeus orientalis и P. Chinensis, в прошлом имела огромное экономическое значение для китайского рыбного хозяйства. Но вспышка синдрома белых пятен уничтожила огромное количество хозяйств по выращиванию креветки и практически разрушила данную индустрию КНР в 1993 г. До сих пор не существует эффективного метода предупреждения заболеваний при культивировании креветки. С тех пор развитие устойчивости к заболеваниям стало важнейшим подходом в индустрии выращивания креветки в КНР. Разновидность «Хуанхай №2» – это новый вид с сильнейшей сопротивляемостью заболеваниям, отобранный методом наилучшего линейного несмещенного прогноза. Во время отбора определенное количество молекулярных маркеров было использовано для продвижения этого подхода. В данной работе мы резюмировали достижения различных молекулярных технологий.

УДК 551.464

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА МОЛОДЬ ГИДРОБИОНТОВ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Л.А. Гайко
ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия
ТОИ им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

В связи с признанным фактом глобального изменения климата выявлено, что в зал. Посьета, по данным гидрометеорологической станции, за последние 75 лет средняя годовая температура воды увеличилась на 0,59 ºС, а температура воздуха – на 1,33 ºС. В работе исследуется влияние климатических изменений на циклы развития молоди приморского гребешка Misuchopecten yessoensis (Jay) в хозяйствах марикультуры, расположенных на юге Приморского края в зал. Посьета за период с 1970 по 2008 гг.

Как известно, на современном этапе произошли заметные изменения глобального климата. В то же время отмечается, что этот процесс проявляется по-разному в различных частях земного шара. Для надежного анализа возможного влияния изменений климата на агроклиматические (применительно к марикультуре) факторы необходимы серьезные региональные исследования. Факторы среды влияют на любой этап годового цикла моллюска и варьируют из года в год [5]. К основным климатическим факторам, определяющим продуктивность гидробионтов, относятся термические (температура воды и воздуха), гидрохимические, ледовые условия, световые факторы (освещенность), влагообеспеченность (осадки), неблагоприятные гидрометеорологические явления.

В представляемой работе предпринята попытка оценить динамику гидрометеорологических показателей, в первую очередь термических ресурсов климата, и их воздействие на стадии развития приморского гребешка в южных районах Дальнего Востока на примере хозяйства марикультуры, расположенного в бух. Миноносок, зал. Посьета (зал. Петра Великого). Основные положения исследования изложены в работах автора [3; 4].

Приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis* (Jay) является ценным пищевым продуктом и одним из наиболее традиционных объектов марикультуры. Первое опытно-промышленное морское хо-

зяйство в Приморье (и вообще в России) по культивированию гребешка было организовано в 1971 г. в б. Миноносок (зал. Посьета, зал. Петра Великого). Для выявления влияния факторов окружающей среды на молодь приморского гребешка и для создания научно-обоснованных методов долгосрочного прогноза урожайности моллюсков необходимо знать влияние гидрологических параметров как на биологический объект, так и на технологию по его выращиванию. Одним из факторов, значение которого неизменно велико на любой стадии развития моллюсков, является температура. Основные, термические ресурсы климата для развития моллюсков определяют такие показатели, как: среднегодовая и среднепериодная (для каждого периода развития моллюсков) температура воды и воздуха; средние значения температуры воды и воздуха за холодный и теплый периоды года; разность между средними значениями температуры воды и воздуха для различных периодов; суммы температур для каждого периода развития моллюсков; даты переходов через основные температурные пределы (0 ºС весной и осенью, 14 °С осенью).

В качестве исходной информации при изучении влияния факторов окружающей среды на молодь приморского гребешка приняты данные наблюдений над моллюсками в хозяйствах марикультуры в полузакрытой б. Миноносок на юге Приморского края [1] (рис. 1). В работе рассмотрен период наблюдений над гребешком с 1970 по 2008 гг. (таблица).

Для характеристики термических ресурсов климата в прибрежной зоне юга Приморского края использовались данные о среднемесячной температуре воды и воздуха на гидрометеостанции (ГМС) Посьет, расположенной в зал. Посьета, за период 1970-2009 гг. (рис. 1).

Культивирование моллюсков осуществляется экстенсивным методом, т.е. в естественных условиях, на плавучих промышленных установках, представляющих собой систему основных и рабочих канатов.

Статистические характеристики данных наблюдений разных авторов по спату гребешка

№ п/п	Данные	Среднее, экз./м^2	Me, экз./м^2	σ, экз./м^2	Период, гг.
1	Исходный ряд (автора)	476,19	300	441,26	1970-1990, 1999-2008
2	Е.А. Белогрудова (ТИНРО-Цннтр)	1137,27	450	1611,99	1970-1980
3	ЭМБ «Посьет» [6]	271,77	220	241,74	1974-1990
4	Д.Д. Габаева (ИБМ ДВО РАН) [2]	270,16	176	250,34	1970-1988
5	ОАО «ТЕМП»	791,67	792	441,92	1996, 1999-2003
6	ООО «Зарубинская база флота»	642,31	525	381,30	1996, 1998-2004, 2006-2008

Примечание. Me – медиана, σ – стандартное отклонение.

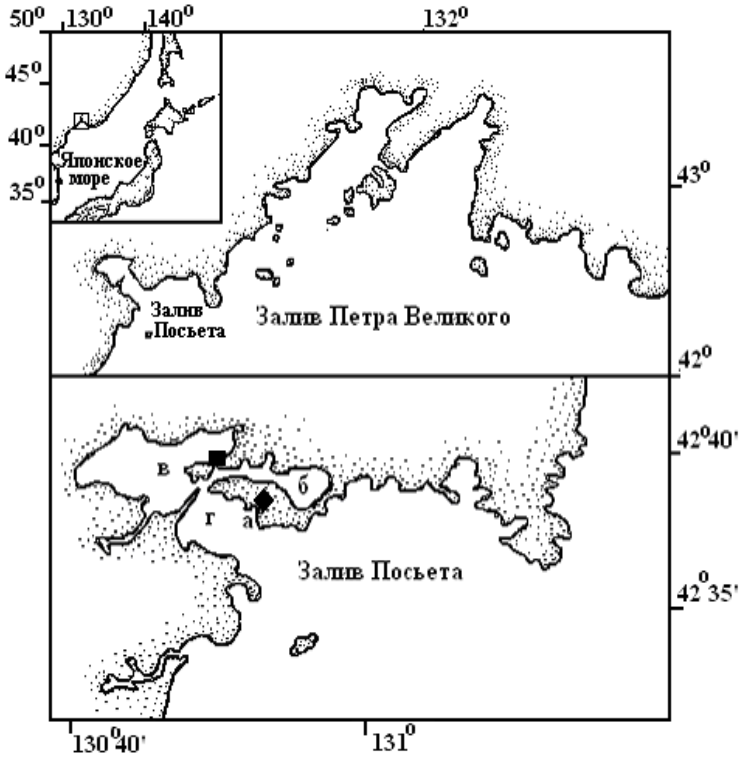


Рис. 1. ГМС Посьет (•); марикультурная установка в б. Миноносок (♦); а-б – Миноносок, в-б – Новгородская, с-б – Экспедиции, d-б – Рейд Паллада

Под термином «урожайность» понимается плотность осевшего на коллекторы спата гребешка, выраженная в экземплярах на квадратный метр (экз./м^2). Другими словами – это количество полученного посадочного материала, который в дальнейшем подращивается подвесным или донным способом.

Для оценки термических ресурсов акватории и потребности культивируемых моллюсков в тепле использовался метод построения диаграмм, таблиц.

Климат Приморского края относится к муссонному типу климата умеренных широт с хорошо выраженными сезонами года. Зимой над материком располагается область высокого давления атмосферы – азиатский антициклон, обеспечивающий холодную малоснежную, но солнечную погоду. Для летнего муссона характерен перенос морского воздуха вглубь материка и распространение циклонической деятельности на материк. Годовой ход температуры воды и воздуха имеют один минимум и один максимум. Экстремальные значения отрицательной температуры воды приходятся на январь–февраль, положительной – на август, реже – на июль или сентябрь. Минимальные температуры воздуха наблюдаются в январе, максимальные – в августе. Отрицательные температуры воды и воздуха на ГМС Посьет наблюдаются в течение 4 месяцев (с декабря по март. Анализ многолетних наблюдений на ГМС Посьет позволил проследить в этом районе следующие особенности в распределении аномалий температуры: до 1988 г. идет квазиравномерное колебание и температуры воды, и температуры воздуха, около нормы с размахом от -1,8 до 1,0 °С, а с 1989 г. отмечаются только положительные аномалии. За последние 75 лет в Посьете температура воды выросла на 0,59 ºС, а воздуха – на 1,33 ºС, так что можно говорить о потеплении климата на юге Приморского края за этот период времени.

Материалы наблюдений за жизненным годовым циклом моллюсков на Экспериментальной морской базе (ЭМБ) «Посьет» позволили для дальнейших исследований выделить следующие периоды развития моллюсков:

I период – вторая половина гаметогенеза (от даты устойчивого перехода температуры воды через 0 °С весной до начала нереста); II период – период планктонного развития; III период – период оседания личинок; IV период – начало гаметогенеза (от даты перехода температуры воды через 14 °С до даты устойчивого перехода через 0 ºС осенью). Отсюда следует, что температуры воды выше 0 °С и 14 °С являются пороговыми, и связаны с биологическими потребностями конкретного моллюска. Так, периоды:

- ниже 14 °С осенью и до 0 °С – характеризует тепловые ресурсы первой фазы гаметогенеза (осень-зима);
- от 0 °С осенью до 0 °С весной – характеризуется отсутствием роста гамет;
- выше 0 °С весной и до 9 °С – характеризует тепловые ресурсы преднерестового периода или периода завершения гаметогенеза (весна).

Март, май, июнь и октябрь являются ключевыми месяцами для периодов жизненного цикла гребешка.

Динамику урожайности гребешка в б. Миноносок можно представить в виде графика (рис. 2). На графике представлены также и ее трендовые составляющие, полученные путем различного рода сглаживания ряда урожайности. Средняя многолетняя урожайность за весь период наблюдений составила 640 экз./м^2. Если сравнить урожайность за период с 1970 по 1990 (476 экз./м^2) и а за период 1999-2008 гг. (950 экз./м^2), то можно отметить, что урожайность выросла почти в два раза.

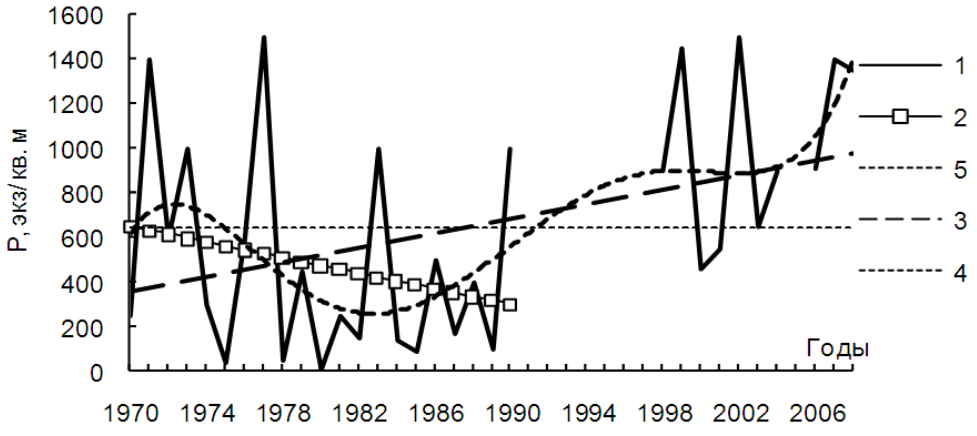


Рис. 2. Динамика урожайности гребешка в б. Миноносок (1) и ее трендовая составляющая, аппроксимированная: 2, 3 – прямой; 4 – полиномом пятой степени; 5 – средняя многолетняя урожайность (640 экз./м^2)

Высокоурожайные и низкоурожайные годы были выделены на основании анализа распределения отклонений урожайности от тренда. К высокоурожайным годам относятся 1971, 1973, 1977, 1983, 1986, 1996, 1999, 2002, 2004, 2007 и 2008; к низкоурожайным – 1970, 1974, 1975, 1978, 1980, 1984, 1985 и 1989.

Далее были вычислены длительности периодов (сут); среднепериодные значения температуры (°С), сумма градусодней (°С) для каждого периода от даты начала периода до даты его окончания, коэффициенты вариации. Построены графики связи урожайности с этими параметрами. Между урожайностью и длительностью преднерестового периода отмечена зависимость со сдвигом по фазе на 1 год. Аналогичная картина наблюдается со среднегодовой температурой воды.

Как было отмечено ранее, с 1989 г. отмечаются только положительные аномалии, но, к сожалению, с 1990 по 1997 гг. нет данных по урожайности, и мы имеем как бы два ряда: с 1970 по 1990 и с 1998 по 2008 гг. Был проведен сравнительный анализ средних величин этих временных периодов: средних температур, кумулятивной температуры и среднепериодной вариабельности температуры воды. На рис. 3 представлены графики изменчивости длительности четырех периодов годового цикла развития приморского гребешка (с 1970 до 1990 гг. и до 2003 г.).

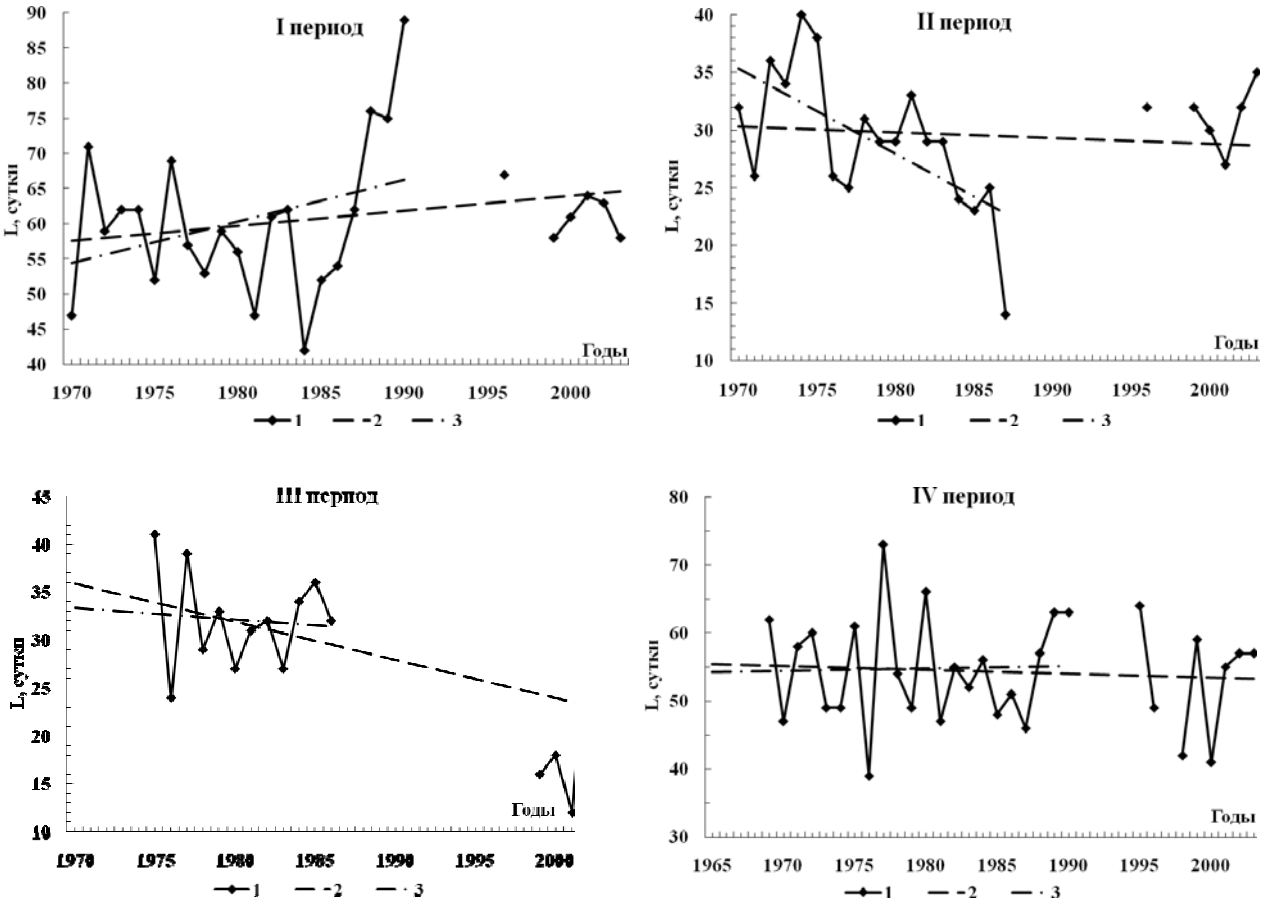


Рис. 3. Изменчивость длительности четырех периодов годового цикла развития приморского гребешка

При сравнении длительности всех четырех периодов развития приморского гребешка наблюдается увеличение продолжительности I периода, на отрезке 1970-1990 гг. тренд значим на 5%-м уровне. Прослеживается тенденция сокращения длительности личиночного (II) периода, но тренд выявлен только для промежутка 1970-1990 гг. Длительность периода оседания (III период) сокращается, тренд значим на 5%-м уровне. Продолжительность IV периода подвержена наименьшей вариабельности, тренд не выявлен. Можно отметить, что уменьшился разброс между минимальными и максимальными значениями. Границы периодов как бы сблизились, максимальные значения стали меньше, а минимальные – больше. Можно также отметить, что почти для всех периодов (за исключением III) уменьшилась величина стандартных отклонений и дисперсии. Средняя температура периодов изменилась незначительно. При сравнении экстремальных температур периодов выявлено, что их верхняя граница осталась прежней, с разницей меньше 1 ºС, за исключением I периода, где максимальное значение температуры понизилось на 1,5 ºС. Нижняя граница температуры для всех периодов повысилась. Уменьшилась величина стандартных отклонений и дисперсии, за исключением IV периода, который приходится на осень. Следовательно, в весенне-летний период температура стала стабильнее, а осенью – наоборот. Для кумулятивной температуры можно отметить, что она несколько понизилась, за исключением II периода.

Разброс значений внутри периодов уменьшился, судя по уменьшению величин стандартных отклонений и дисперсии, за исключением III периода. Максимальное значение сумм температур понизилось для всех периодов, а минимальное, наоборот, повысилось, за исключением III периода. Среднепериодная вариабельность температуры практически не изменилась, но стандартные отклонения для I и II периода уменьшились, а для III и IV периода немного увеличилась. Максимальное значение понизилось для всех периодов, а минимальное, наоборот, повысилось, за исключением III периода. Таким образом, можно отметить, что рассматриваемые параметры для временных периодов 1970-1990 и 1999-2003 гг. несколько отличаются, а характеристики среды стали более устойчивыми.

Наши исследования подтверждают данные по диагностике глобального климата, что 1989-2000 гг. является самым теплым периодом двадцатого века и для исследуемого района, так как с 1989 г. по настоящее время отмечаются практически только положительные аномалии. За последние 75 лет в Посьете температура воды выросла на 0,59 ºС, а воздуха – на 1,33 ºС.

В годы с хорошей урожайностью спата приморского гребешка, как правило, продолжительность биологических периодов около нормы; среднепериодная температура около или чуть ниже нормы; вариабельность температуры воды I и II периодов ниже, а III и IV периодов – выше нормы.

Длительности II, III и IV периодов находятся в квазипротивофазе к длительности I периода, то есть, чем длительнее второй период гаметогенеза, тем короче периоды нереста и оседания. В то же время, чем короче период начальной стадии гаметогенеза, тем длиннее завершающей.

Прослеживается тенденция сокращения длительности личиночного (II) периода, но тренд выявлен только для промежутка 1970-1990 гг. Длительность периода оседания (III период) также сокращается, тренд значим на 5 % уровне. Продолжительность периода начала гаметогенеза (IV периода) подвержена наименьшей вариабельности, тренд не выявлен.

При сравнении длительности всех четырех периодов развития приморского гребешка за 1970–1990 и 1990—2003 гг. отмечено уменьшение размаха между максимальным и минимальными значениями границ периодов.

Средняя многолетняя урожайность за весь период наблюдений составила 640 экз./м^2. При этом за последнее десятилетие (1999-2008 гг.) она выросла почти в два раза (950 экз./м^2), по сравнению с урожайностью за период с 1970 по 1990 гг. (476 экз./м^2).

Библиографический список

1. *Белогрудов Е.А.* Культивирование // Приморский гребешок. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. С. 201-211.

2. *Габаев Д.Д.* О долгосрочном прогнозировании обилия оседающих на коллекторы промысловых двустворчатых моллюсков // Третий Всесоюз. съезд океанол.: Тез. докл. Л.: ААНИИ, 1987. Ч. 1: Биол. океана. С. 99-100.

3. *Гайко Л.А*. Марикультура: прогноз урожайности с учетом воздействия абиотических факторов. – Владивосток: Дальнаука, 2006. 204 с.

4. *Гайко Л.А*. Особенности гидрометеорологического режима прибрежной зоны залива Петра Великого (Японское море). Владивосток: Дльнаука, 2005. 151 с.

5. *Касьянов В.Л., Крючкова Г.А., Куликова В.А., Медведева Л.А.* Личинки морских двустворчатых моллюсков и иглокожих. М.: Наука, 1983. 216 с.

6. *Коновалова Н.Н., Поликарпова Г.В.* Промышленный сбор спата приморского гребешка // Рыб. хоз-во. 1983. № 9. С. 27.

INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE ON THE SPAT OF HYDROBIONTS IN THE NORTHWEST PART OF THE SEA OF JAPAN

L.A. Gayko

Far-Eastern State Technical Fishery University (Dalrybvtuz), Vladivostok, Russia

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

In the world a proven fact of global climate change. In the Possyet Bay according to hydrometeorological station for last 75 years the average annual water temperature has increased on 0,59ºC, and air temperature – on 1,33ºC. In paper it is investigated influences climatic changes on the development of cycles spat Iceland scallop Misuchopecten yessoensis (Jay) in mariculture farm, located in the south of Primorski Krai in the Possyet Bay.

УДК 551.464

ПРОГНОЗ УРОЖАЙНОСТИ МОЛОДИ МОЛЛЮСКОВ В ХОЗЯЙСТВАХ МАРИКУЛЬТУРЫ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ ФИЗИКО-СИНОПТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Л.А. Гайко
ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия
ТОИ им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

Для нормального функционирования хозяйств марикультуры важное значение имеет возможность планирования урожайности. В работе предпринята попытка разработки методики долгосрочного прогноза урожайности моллюсков физико-синоптико-статистическим методом на примере приморского гребешка. Составлены схемы прогноза с различной заблаговременностью (от 9 до 1 месяца). Разработаны правила статического и динамического комплексирования прогноза. Полученные результаты позволяют применить данный метод в практике.

В настоящее время перспективным направлением исследования прибрежной зоны моря является поиск путей к увеличению биологических ресурсов. Одним из таких путей является марикультура – разведение морских животных и растений. Наличие закрытых бухт и заливов, высокая продуктивность прибрежных вод и их сравнительная чистота позволяют считать Приморский край регионом, весьма перспективным для развития марикультуры. Одним из традиционных объектов культивирования является приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis* (Jay).

Первое опытно-промышленное морское хозяйство было создано в зал. Посьета в 1970 г. для товарного выращивания приморского гребешка Mizuhopecten yessoensis (Jay). Приморский гребешок является наиболее перспективным видом (из моллюсков) для искусственного выращивания на Дальнем Востоке, так как обладает высокими темпами роста и прекрасными вкусовыми качествами. За основу культивирования приморского гребешка был принят японский опыт разведения моллюсков путем сбора личинок и последующего их подращивания на искусственных субстратах – коллекторах [5]. Это экстенсивный метод выращивания, т.е. выращивание в естественной среде.

Для рентабельного функционирования хозяйства марикультуры большое значение приобретает возможность планирования урожайности. Существующие методики прогнозирования плотности спата приморского гребешка в основном разработаны на Экспериментальной морской базе «Посьет» и основаны на выявлении эмпирических зависимостей между биологическими и гидрологическими показателями, которые в различных комбинациях использовались при составлении прогнозов. [1, 2, 8].

По заблаговременности все прогнозы, применяемые в марикультуре для предсказывания урожайности, можно разделить на три группы: долгосрочные, краткосрочные и текущие. *Долгосрочные* прогнозы имеют заблаговременность до четырех месяцев и составляются на основе многолетних биологических, гидрометеорологических и фенологических наблюдений. Точность долгосрочных прогнозов зависит от длительности ряда наблюдений и объема собранного многолетнего материала. *Краткосрочные* прогнозы охватывают период в несколько суток до начала нереста. Для составления такого прогноза из природных популяций делается выборка половозрелых моллюсков и производится биологический анализ. *Текущие* прогнозы выполняются после начала оседания личинок на коллекторы. В случае появления в планктоне новых генераций личинок можно рекомендовать дополнительный сбор спата или предлагать меры, предохраняющие коллекторы от избыточного оседания.

Такой подход к прогнозированию плотности спата приморского гребешка, основанный на выявлении эмпирических зависимостей, целиком локален в пространстве и времени. При этом основное внимание уделяется поиску прямых эмпирических связей между средой и объектом, и используются общеизвестные методы формального статистического анализа. Но применение прогноза только в этом аспекте значительно ограничивает возможности гидрометеорологического обслуживания хозяйств марикультуры и не позволяет составить прогнозы с большой заблаговременностью. Для решения задачи прогнозирования урожайности моллюсков необходим принципиально новый подход, основанный на использовании для хозяйств марикультуры в прогностических целях климатической информации, который давно используются при составлении прогнозов в агрометеорологии [7, 10]. Новая методология должна базироваться на моделировании причинно-следственных связей между гидрометеорологическими условиями и продуктивностью марихозяйств, т.е. необходимо соединение описательного гидробиологического подхода и агрометеорологического, с присущей ему комплексностью и глубиной анализа явлений и процессов на количественной основе.

В данной работе применен принципиально новый подход к прогнозированию урожайности молоди приморского гребешка. Предлагается новое направлением агрометеорологии – морское, включающее также изучение влияния факторов морской среды на объекты марикультуры. Предлагаемый метод прогноза урожайности учитывает реально существующие связи между погодой и особенностями атмосферной циркуляции в предшествующий период с одной стороны и урожайностью, форми-

рующейся под влиянием этой погоды, с другой стороны. Такой подход к проблеме прогнозирования нами заимствован из агрометеорологии [6, 11]. Эти методы позволяют составлять прогнозы урожайности биологических объектов различной заблаговременности. Синоптико-статистические методы прогноза урожайности сельскохозяйственных культур разрабатывались на основе методов долгосрочных прогнозов погоды [9], учитывающих множество факторов, являющихся источниками долговременных аномалий погоды, поэтому целесообразно строить многопараметрические схемы. В долгосрочном прогнозировании урожаев в сельском хозяйстве, помимо погодных условий, учитываются и факторы, связанные с биологическими особенностями культуры и технологией ее выращивания. Эти методы позволяют составлять прогнозы урожайности различной заблаговременности.

Временной ряд урожайности как в сельскохозяйственном производстве, так и в марикультуре, является нестационарным, т.к. колебания урожайности обусловлены уровнем агротехники, долгопериодными колебаниями климата и т.п. Как любой нестационарный процесс он может быть представлен в виде суммы двух основных составляющих – неслучайной и случайной. Известный агрометеоролог А.Н. Полевой [7] предложил в качестве неслучайной составляющей ряда урожайности (E_t) использовать трендовую, обусловленную культурой агротехники и долгопериодными колебаниями климата; а в качестве случайной составляющей урожайности (ΔP_t) – отклонения урожая от тренда, обусловленные, преимущественно, погодой конкретного года:

$$P_t = E_t \pm \Delta P_t. \quad (1)$$

Это предположение легло в основу разработанного нами метода долгосрочного прогноза урожайности гребешка.

Для создания научно-обоснованных методов долгосрочного прогноза урожайности морских культур очень большое значение уделяется подбору предсказателей, входящих в прогностические схемы и являющихся элементами единой физической системы. Взаимосвязь между абиотическими факторами и урожаем можно схематически представить в таком виде: влияние гелиофизических факторов на Землю $\rightarrow$ взаимодействие атмосферы и подстилающей поверхности (гидросфера и литосфера) над Дальним Востоком $\rightarrow$ тип погоды в Приморье $\rightarrow$ микроклимат $\rightarrow$ гидрологический режим прилегающей акватории $\rightarrow$ урожайность.

Как известно, схема долгосрочного прогноза урожая наиболее устойчива, если она многоуровенная, т.е. учитывает одновременно состояние всех этих факторов. В данной работе за основу была принята трехуровенная синоптико-статистическая модель, которая с успехом используется для долгосрочного прогноза случайной составляющей урожая риса для юга Дальнего Востока [11]. Предложенная автором схема учитывает еще и факторы водной среды, в которой живут моллюски. Кроме того, важным является учет гелиофизических факторов, которые оказывают значительное влияние на жизнедеятельность организмов [3]. С учетом этих дополнений, была получена трехуровенная физико-синоптико-статистическая модель долгосрочного прогноза случайной составляющей урожая моллюсков (ΔP) для юга Дальнего Востока:

$$\Delta P = a_1(A_1, A_2) + a_2 B + a_3(C_1, C_2, C_3), + a_4, \quad (2)$$

где a_1, a_2, a_3 и a_4 – коэффициенты уравнения; A_1, A_2 – предикторы, учитывающие космофизические факторы или циркуляцию стратосферы; B – предикторы, учитывающие циркуляцию тропосферы; C_1, C_2, C_3 – предикторы, учитывающие особенности приземного состояния атмосферы над поверхностью того района, по которому прогнозируется урожай, особенности состояния подстилающей поверхности данного района, гидрологический режим моря прилегающей акватории и биологические особенности объекта культивирования.

При разработке метода прогноза урожайности приморского гребешка в качестве предиктанта использовалась урожайность моллюсков. Под термином «урожайность» понимается количество осевшей на 1 м^2 сетного коллектора молоди (спата) приморского гребешка, выраженное в экземплярах на м^2. В качестве предикторов в работе были использованы данные гидрометеорологической станции Посьет, на которой наблюдения ведутся с 1931 г.; синоптические, гелиофизические, гидрометеорологические, биологические материалы, выбранные из соответствующих справочных пособий, таблиц и журналов наблюдений.

На основании анализа особенностей гидрометеорологического режима акватории зал. Посьета, термогалинных условий различных периодов годового цикла развития гребешка, литературного анализа абиотических факторов, влияющих на приморский гребешок, и с учетом того, что прогностическая схема должна быть многоуровневой, был проведен качественный отбор возможных предсказателей. Полученные предикторы были сгруппированы по группам:

Группа I (А) – *космофизические*: солнечная активность (числа Вольфа), солнечные и лунные затмения, солнечное сияние; *циркуляция стратосферы***:** положение и интенсивность циркумполярного вихря;

Группа II (В) – *синоптические*: формы атмосферной циркуляции, типы синоптических процессов

Группа III (С – *метеорологические***:** аномалии температуры воздуха, давление воздуха, сумма атмосферных осадков за весенне-летний период, скорость ветра, число дней с различными типами погоды; *гидрологические***:** аномалии поверхностной температуры и солености морской воды, продолжительность ледового периода; *биологические***:** продолжительность периодов жизненного циклов гребешка (периоды нереста, оседания личинок, гаметогенеза); термогалинные характеристики этих периодов; *комплексные***:** сумма градусодней воды за отдельные месяцы, разность температур воды и воздуха в теплый и холодный периоды, а также по отдельным месяцам; коэффициенты вариации; суммы градусодней и значений солености, т.е. суммы среднесуточных значений элементов для каждого из четырех периода от даты начала периода до даты его окончания.

Приступая к прогнозированию, прежде всего, производится формализация метода прогноза. В нашем случае схема прогноза условно состоит из трех блоков: *блока исходной информации, блока преобразования* предикторов и блока прогноза.

Блок исходной информации. Включает в себя синоптические, гелиофизические, гидрометеорологические, биологические данные наблюдений.

Блок преобразования предикторов. Выполняет функцию многократного просеивания большого объема исходного массива данных с целью отбора наиболее информативных предсказателей. При этом используется четырехкратная компрессия:

- *качественная*, т.е анализ синхронных зависимостей между плотностью осевшего спата приморского гребешка и факторами среды;

- *сравнительная*, исходный массив данных сравнивался по двум группам лет: высокоурожайным и низкоурожайным, чтобы исключить предикторы с незначительными различиями;

- *релятивная,* выявлены реальные статистические зависимости между предиктором и предиктантом (с помощью корреляционного анализа);

- *структурная*, выявлена взаимосвязанность предикторов; в расчетную схему прогноза вводили лишь те из них, между которыми коэффициенты корреляции были наименьшими, чтобы не было дублирования.

В результате четырехкратного отсеивания из 164 были отобраны 26 информативных предикторов на 5-30%-м уровнях значимости (при оценке тест-предикторов на первое место ставились физические рассуждения, и лишь на второе – косвенные статистические заключения).

Блок прогноза. Состоит из двух блоков.

Прогноз трендовой составляющей. Можно рассчитать двумя способами: с помощью аналитических функций (полиномами первой и второй степени) и с помощью эмпирической формулы, в которой при расчете весовых коэффициентов акцентировалось внимание на урожайности последних лет.

Прогноз случайной составляющей. В качестве основного метода математической статистики при прогнозировании *случайной* составляющей продуктивности приморского гребешка впервые был применен линейный дискриминантный, составлены различные совокупности предикторов и оценена их прогностическая значимость в отношении знака и величины отклонения урожайности от трендовой составляющей. В данной работе рассчитывались 5-6 линейных дискриминантных функций (ЛДФ), делящих ряд отклонений от урожайности на 6-7 градаций. Величина градаций выбиралась согласно рекомендациям Е.Е. Жуковского [4]. В зависимости от сочетаний знаков ЛДФ осуществлялось комплексирование прогнозов по отдельным ЛДФ и составлялся фазовой прогноз. Решающее правило статического комплексирования на этом этапе определялось по схеме. После составления фазового прогноза осуществили переход к количественному прогнозу ΔP, за величину которого принимается математическое ожидание соответствующей градации фазового прогноза.

При группировке предикторов в схемы учитывалась не только низкий коэффициент корреляции между предикторами, но и их наилучшую информативность. Так как это элементы физической системы, мы старались объединить характеристики различных частей системы: атмосфера – подстилающая поверхность. Было составлено 64 схемы с тремя предикторами, которые позволяли составлять прогнозы с различной заблаговременностью: от 9 до 2 месяцев. Причем прогнозы с максимальной заблаговременностью уточняются прогнозами с меньшей заблаговременностью. При несовпадении формулировок были разработаны правила динамического комплексирования прогнозов. Из предикторов выбраны: – разность температур воды и воздуха в ноябре предшествующего года; – смешанная форма атмосферной циркуляции за ноябрь предшествующего года и за март текущего; – комплексный показатель циркумполярного вихря в ноябре предшествующего года и в марте текущего; – соленость воды за март; – количество Солнечные и Лунные затмения за март; – длительность преднерестового периода; – температура воздуха за май; – влажный тип погоды в мае; – южный тип синоптических в марте; – дата начала оседания личинок гребешка.

Оценка прогноза. В связи с тем, для хозяйств марикультуры в Приморском крае не разработаны критерии оценки оправдываемости прогнозов, использовался опыт оценки долгосрочных прогнозов в метеорологи и агрометеорологии, и на их основании были разработаны количественные критерии оценки урожайности моллюсков:

$\|\Delta P\| < 250$ экз./м^2	100 %
251 экз./м^2 $\le \|\Delta P\| \ge$ 500 экз./м^2	75 %
501 экз./м^2 $\le \|\Delta P\| \ge$ 750 экз./м^2	50 %
751 экз./м^2 $\le \|\Delta P\| \ge$ 1000 экз./м^2	25 %
$\|\Delta P\| >$ 1000 экз./м^2	0 %

(3)

Другим критерием оценка оправдываемости прогнозов погоды и урожайности, согласно существующим Инструкциям и Наставлениям, является относительная ошибка прогноза. Учитывая особенности динамики ряда урожайности приморского гребешка (колебания количества спата может превышать 1000 экз./м^2) и руководствуясь рекомендациями Е.С. Улановой [10], для оценки прогнозов урожайности была введена в формулу в качестве весового коэффициента $\Delta\sigma$. В этом случае нормирование по средней величине позволяет учесть при подсчете оправдываемости прогнозов необычность условий, вызвавших резкую изменчивость урожайности.

Оправдываемость прогноза рассчитывается по формуле

$$P = 100\ \% - \Delta P\ \%, \tag{4}$$

На основании вышеизложенного, была произведена оценка средней оправдываемости прогнозов. Обеспеченность прогнозов, составленных с учетом случайной составляющей, на зависимом материале составила 79-86 %, что на 4-11 % выше климатического (75 %) и на 19-26 % выше инерционного (60 %).

На основании полученных результатов были составлены схемы статического и динамического комплексирования прогноза, из которых было отобрано 4 схемы статического и динамического комплексирования, которые рекомендуем использовать для прогноза урожайности приморского гребешка. Приведена оправдываемость схем на зависимой выборке (по абсолютной/относительной ошибке):

Схема 1. Заблаговременность 9 месяцев.

X_1 – разность температур воды и воздуха за ноябрь (предшествующего года);

X_2 – смешанная форма атмосферной циркуляции Ильинского за март;

X_3 – комплексный показатель циркумполярного вихря в ноябре.

Оправдываемость 86/79 %.

Схема 2. Заблаговременность 5 месяцев.

X_1 – средняя соленость воды за март;

X_2 – количество Солнечные и Лунные затмения за март;

X_3 – величина комплексного показателя циркумполярного вихря в марте.

Оправдываемость 87/72 %.

Схема 3. Заблаговременность 3 месяца.

X_1 – длительность периода от устойчивого перехода температуры воды через 0°С весной до начала нереста;

X_2 – средняя температура воздуха за май, °С;

X_3 – количество дней с влажным типом погоды в мае.

Оправдываемость 85/71 %.

Схема 4. Заблаговременность 2 месяца.

X_1 – смешанная форма атмосферной циркуляции Ильинского за март;

X_2 – южный тип синоптических процессов в марте;

X_3 – дата начала оседания личинок гребешка.

Оправдываемость 84/62 %.

Таким образом, для создания конкретной прогностической физико-статистической модели и расчетного способа прогноза урожайности количества спата приморского гребешка в марихозяйстве необходимо выполнить следующие этапы:

- выявить особенности влияния факторов внешней среды на преднерестовый, нерестовый и личиночный периоды в годы с высоким и низким урожаями;
- провести формализацию представленной схемы прогноза;
- проверить работу схемы на фактическом материале;
- отобрать наиболее оптимальные схемы прогноза.

Поскольку алгоритм схемы прогноза основан на статистических методах с учетом гелиофизических, синоптических и гидрометеорологических особенностей, то такая схема прогноза является *физико-синоптико-статистической.*

Полученные результаты позволяют надеяться на то, что данный метод прогноза получит применение в марихозяйствах.

Библиографический список

1. *Белогрудов Е.А.* Биология и культивирование приморского гребешка // Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. М.: Агропромиздат, 1987. С. 66-71.

2. *Брегман Ю.Э., Седова Л.Г., Викторовская Г.И.* Методические рекомендации по прогнозированию плотности спата приморского гребешка на коллекторах. Владивосток: ТИНРО, 1987. 15 с.

3. *Гайко Л.А.* Марикультура: прогноз урожайности с учетом воздействия абиотических факторов. Владивосток : Дальнаука, 2006. 204 с.

4. *Жуковский Е.Е.* Метеорологическая информация и экономические решения. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 302 с.

5. *Ито С.* Разведение морского гребешка у охотоморского побережья о. Хоккайдо. Изд-во Нихон Суйсан Сиггэн Кекай / Пер. с яп. №54598. Владивосток, 1966. 48 с.

6. *Пасов В.М.* Путь увеличения заблаговременности составления прогноза урожая сельскохозяйственных культур // Тр. ИЭМ. 1971. Вып. 22. С. 82-88.

7. *Полевой А.Н.* Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 176 с.

8. *Раков В.А.* Рост и выживаемость личинок тихокеанской устрицы (*Crassostrea gigas*) в планктоне залива Посьета (Японское море) // Изв. ТИНРО. 1979. Т. 103. С. 79-85.

9. *Свинухов Г.В.* Синоптико-статистические методы долгосрочных прогнозов погоды на Дальнем Востоке // Тр. ДВНИГМИ. 1977. Вып. 65. 168 с.

10. *Уланова Е.С., Сиротенко О.Д.* Методы статистического анализа в агрометеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1968. 198 с.

11. *Чирков Ю.И., Пестерева Н.М.* Использование ресурсов климата и погоды в рисоводстве. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 160 с.

THE LONG-TERM THE PHYSIC-SYNOPTIC-STATISTICAL METHOD OF THE FORECAST OF MOLLUSKS' YIELD OF MARINE FARMS

L.A. Gayko
Far-Eastern State Technical Fishery University (Dalrybvtuz), Vladivostok, Russia
V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

Planned yield is very important for normal performance of sea farms. In this work a method of the long-term forecast of mollusks efficiency (exemplified by the Japanese scallop) was developed. Forecast diagrams with various time (from 9 till 1 months) were obtained. The rules of static and dynamic complication of the forecast were developed. The results permit us to hope that the method will be used in practice.

УДК 551.46.062.5 (265)

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РЫБ В РАЙОНАХ ПОДВОДНЫХ ГОР СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ПАЦИФИКИ В ПРЕДЕЛАХ СУБТРОПИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА КУРОСИО И ПРИЧИНЫ ЕГО ДИНАМИКИ

В.Б. Дарницкий*, М.А. Ищенко**
*ФГУП «ТИНРО-Центр»
**ТОИ им. В. И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

Представлены масштабы океанологической изменчивости с использованием базы данных С. Левитуса в пределах Западного Субтропического круговорота Куросио, обусловливающие флуктуации биологической и промысловой продуктивности. Если экспедиции ТИНРО позволили установить локальную динамику у изолированных подводных гор и островных мелководий, то результаты обработки базы данных Левитуса позволяют дать анализ межгодовых и междекадных долгопериодных процессов на окружающих пространствах.

Подавляющее большинство подводных гор Северо-Западной Пацифики находятся в пределах Северного Субтропического круговорота Куросио. Относительное изобилие подводных поднятий в этой части океана обусловило широкое распространение в океан индозападнотихоокеанской фауны, характерные представители которой проникают вплоть до Императорского и Гавайского хребтов – поднятий, наиболее удалённых от Малайского фаунистического центра (Darnitskiy, Belyaev et al., 2004). При этом многие виды оказываются общими, например, для хребтов Кюсю-Палау и Гавайского (кабан-рыба, низкотелый берикс, красноглазки, физикулюс, ариомма и др.), что свидетельствует об их экспансии в восточном направлении.

Северная периферия Субтропического круговорота (Субарктический фронт) ограничивает распространение субтропических индозападнотихоокеанских рыб на север. Это проявляется в существовании в районе Императорского хребта фаунистического барьера между 38-39°с.ш., труднопреодолимого как для придонных, так мезо- и батипелагических представителей фауны субтропиков. В результате, в ихтиофауне северной и центральной частей хребта насчитывается всего 25 % видов, общих с южной частью, а сходство фаун по Престону – всего 0,19, т.е. фауны оказываются почти изолированными (Куликов, 1986; Kodolov, Darnitskiy, 2004).

Южной границей распространения многих субтропических рыб в Северной Пацифике являются воды Северного Пассатного течения. При этом некоторые виды, обитающие на горах в субтропической зоне северного и южного полушарий, не встречаются в тропическо-экваториальной зоне, т.е. имеют ареалы антитропического типа (Darnitskiy, Kodolov, 2004). В результате возникает своеобразная симметричность в распространении рыб, присущая таким видам, как зеркальный солнечник, гребенчатый эпигонус, красноглазки, этелис, рогатый занкл и т.д. Основная причина возникновения подобной симметрии в распространении – ограничивающее влияние течений на распространение рыб, приуроченных к определённым водным массам, и в то же время наличие близких по физико-химическим характеристикам вод, как в северной, так и в южной частях субтропического круговорота Куросио (Куликов, Дарницкий, 1992).

Таким образом, район Императорского и Гавайского хребтов является восточной границей распространения индозападнотихоокеанской ихтиофауны в Северной Пацифике. Вдоль хребтов наблюдается значительный фаунистический барьер, препятствующий распространению рыб далее к востоку, хотя есть и исключения (Boehlert, Genin, 1988). Здесь происходит также резкая смена видового состава планктона, перепады количества хлорофилла «а» и нитратов. На этом основании в субтропическом круговороте могут быть выделены 2 части – восточная и западная, граница между которыми проходит в районе срединноокеанических хребтов. Западный Субтропический круговорот Куросио (ЗСТКК) представлен на рис. 1. Видно, что он имеет обособленную от всего северного макрокруговорота структуру, наполненную вихревыми ячейками разных знаков. В возникновении отмеченного барьера играют роль как отсутствие далее на востоке большого количества подводных возвышенностей, по которым могло бы происходить расселение рыб, так и наличие вдоль хребтов южного субмеридионального и юго-западного переноса, занимающего центральную часть Субтропического круговорота и ограничивающего распространение рыб в восточном направлении. Этот фаунистический барьер по своему положению и значению соответствует Восточно-Тихоокеанскому барьеру, установленному Экманом для циркумтропической фауны и является его продолжением в субтропической зоне океана.

Благодаря существованию этого барьера, субтропические фауны талассобатиали северо-западной и восточной Пацифики оказываются почти полностью разобщёнными. Лишь северные горы Императорского хребта и зал. Аляска, лежащие за пределами круговорота, населяют одни и те же виды макрурид, проникшие в эти районы от азиатского побережья с водами субарктического фронта. Основу же ихтиофауны талассобатиали восточной части Пацифики составляют орегонские виды: морские окуни, угольная рыба, малоротые камбалы, гладкоголовы (Куликов, 1986).

Исследования ТИНРО на подводных возвышенностях северо-западной и центрально-западной частей Тихого океана начались в 1968 г. вскоре после открытия Гавайского промыслового района. До 1972 года в районе подводных хребтов Идзу, Бонин, Кюсю-Палау, Каролинских, Маршалловых, о-вов Нампо и Волкано судами экспедиций на НПС "Профессор Дерюгин", "Экватор", "Пеламида", "Сескар", "Лира", "Радуга" и "Астроном" было выполнено более 1500 тралений, сопровождавшихся фоновыми исследованиями среды. Позже траления имели попутный характер при следовании судов в Южную Пацифику.

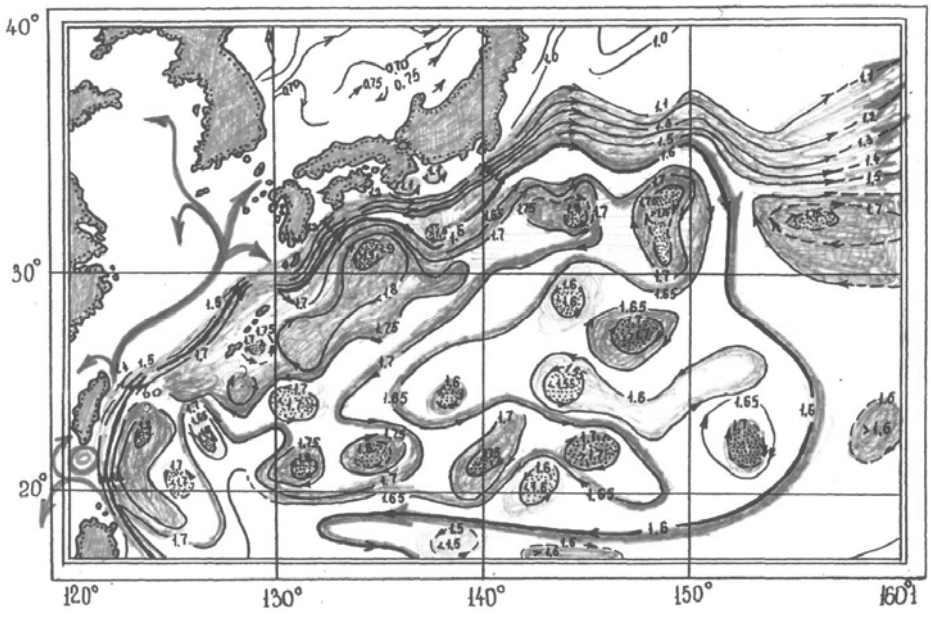


Рис. 1. Горизонтальная структура Субтропического Круговорота Куросио (100/1000 дб) в летний сезон на фрагменте климатической карты Атласа северо-западной Пацифики (геострофическая циркуляция) (JMA, 1978). Затушеваны вихревые образования разных знаков вращения

Наблюдения за распределением концентраций промысловых рыб и гидрологическими условиями на отдельных горах и банках показали, что по ценности и промысловому использованию данные районы не равнозначны.

Низкая рыбопродуктивность вод наблюдалась в районах Маршалловых и Каролинских островных дуг, о-вов Волкано и Нампо. На отдельных горах и банках подводных хребтов Кюсю-Палау и Идзу-Бонин, наблюдались промысловые скопления низкотелого берикса, красноглазки, этелиса, ариоммы и др., которые имели резко выраженный флуктуирующий характер.

Подводные горы указанного района расположены на траектории или пересекают основной поток Куросио к югу от Японии и, следовательно, условия жизни и распределение рыб зависят, во многом, от динамики этого течения, его продолжения и многочисленных ответвлении, а также вихревых систем ЗСТКК.

Видовое богатство уловов и плотность концентраций рыб на банках и подводных гор находятся в связи с изменением абиотических условий обитания и глубиной гор. Наибольшее число видов с глубиной резко убывает. Так на банке Рамапо и отмели о. Хатидзё, средняя глубина которых составляет 80-150 м, было поймано 72 вида рыб, на подводных горах, имеющих глубину 300-400 м – 45-48 видов, а на глубинах 450-600 м (горы Комасахи и Комасахи-Даини) – 25-28 видов. На возвышенностях с глубинами 600-700 м, в частности у островов Волкано, в уловах было отмечено только 7 видов (Новиков, 1968, Куликов, 1971).

Распределение многих видов рыб зависит от их поведения в течение жизненных циклов и пищевых потребностей, а также от изменчивости океанологических условий. Поэтому уловы рыб на различных горах и банках изменялись в значительных пределах: от нескольких штук на траление до эпизодических уловов в 100-200 ц на усилие. В подавляющем большинстве случаев, уловы, были ниже максимальных. Об этом же свидетельствует и практика работы судов в промысловом режиме.

В результате исследований на хребте Кюсю-Палау установлено, что на некоторых горах берикс, оцикриус, ариомма, красноглазка и другие виды в отдельные сезоны образуют периодически промысловые скопления разной плотности. В весенне-летний период большинство рыб интенсивно нерестится, и они часто тяготеют к вершинам гор и островных отмелей. Запасы рыб непосредственно в районах гор невелики благодаря ярко выраженной изменчивости океанологических условий, способствующей перераспределению кормовых полей в зависимости от динамики вихревой активности, и постоянно флуктуируют.

Результаты первой экспедиции в район хребта Кюсю-Палау (НПС "Профессор Дерюгин", 1970 г.) показали не только вихревую структуру течений над подводными горами, но и её непостоянство во времени. Это приводит к перераспределению океанологических характеристик в районах подводных гор, ячеистому распределению термохалинных, гидрохимических элементов и гидробиологических характеристик. Концентрическая ориентация изолиний океанологических характеристик часто повторяла ориентацию изобат подводных гор. Вихреобразование при этом приводит к обогащению придонных слоев растворённым кислородом (рис. 2, а) благодаря опусканию вод в антициклонических вихрях и обогащению верхнего слоя биогенными элементами вследствие их подъема с глубин в циклонических вихрях (рис. 2, б). Существование вихрей может способствовать также концентрации икринок отнерестившихся рыб в местах локализации подводных гор, являясь для них элементарными биотопами, как это наблюдалось и в других районах (Дарницкий, 1992).

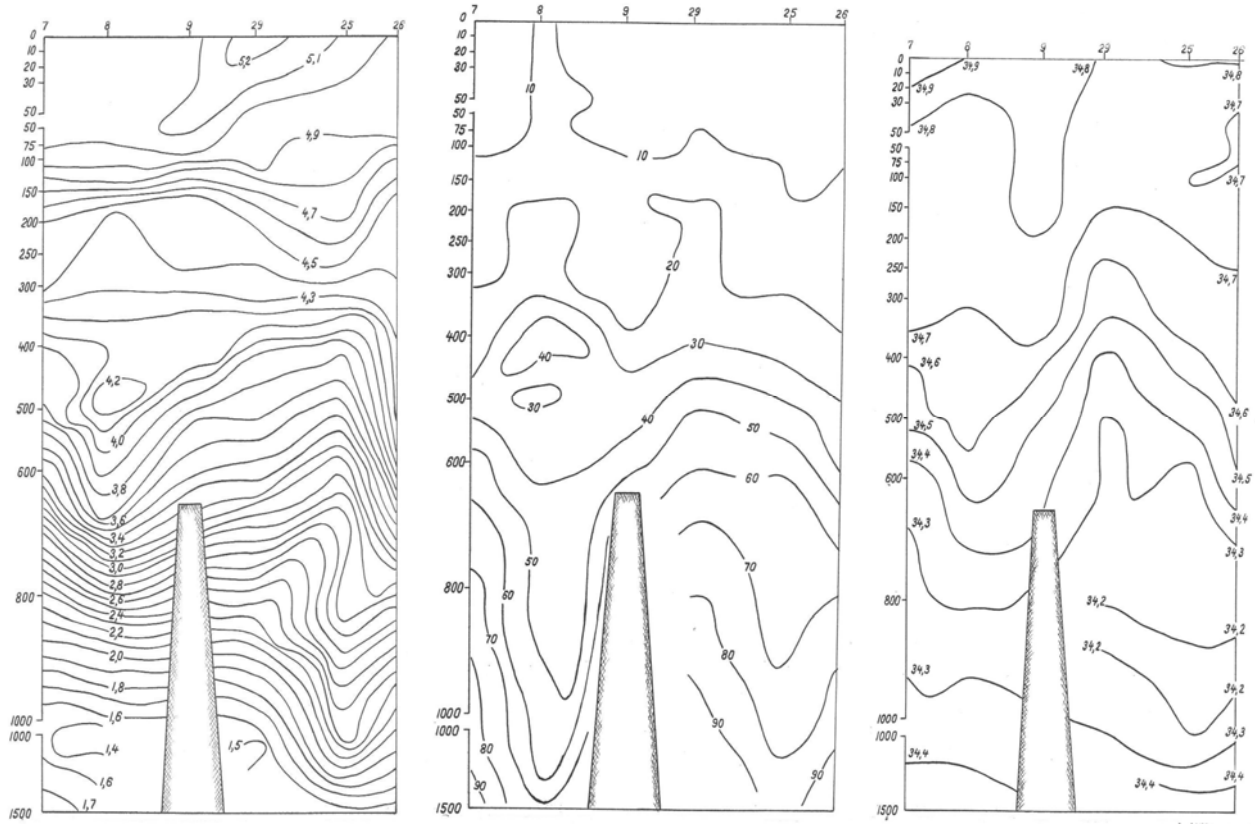
Геострофические вихри наблюдались при повторных океанологических съемок над каждой из гор. При этом в каждом случае происходило изменение абсолютных значений измеряемых характеристик, вызываемое различной интенсивностью вихревой активности. Существенное влияние на циркуляцию вод в районах подводных гор в данном районе оказывает Куросио и его противотечение. Завихренность в системах этих течений усложняется воздействием рельефа вышеупомянутых подводных гор на поле масс, в результате чего турбулентное движение вод вблизи подводных гор усиливается, а бифуркационное поведение струй способствует постоянному перераспределению планктонных кормовых объектов относительно самих подводных гор (Darnitskiy, Bomko, 2002).

В районах взаимодействия течений с подводными горами структура вод оказывается сложнее вследствие перераспределения океанологических характеристик по вертикали под воздействием топографических вихрей и погранслойных сдвиговых эффектов вблизи склонов гор и окружающих водах (Darnitskiy, 1994).

Вершины наиболее продуктивных гор хребтов Кюсю-Палау и Бонинского расположены на глубинах залегания главного термоклина, разделяющего подстилающие промежуточные воды субарктического происхождения и воды северо-тихоокеанской центральной водной массы.

Для распределения океанологических характеристик на стандартных уровнях характерным является не только изменение величины, но часто и смена знака горизонтальных градиентов многих характеристик от горизонта к горизонту. Вертикальные потоки массы, обусловленные вышеуказанными процессами, хорошо заметны вблизи подводных гор и проявляются всплесками изолиний океаноло-

гических характеристик, как вдоль склонов гор, так и над их вершинами. Представления о вертикальном распределении океанологических параметров дает так же рис. 2, в. Из представленных рисунков можно заметить, что глубины залегания гор хребта Кюсю-Палау находятся в зоне активной деятельности верхнего 1000-метрового слоя океана, характеризующегося большой завихренностью и сдвигами гидрологических полей. Благодаря адвекции вод и локализующимся в районах поднятий дна зонам вергенций, вызванным завихренностью поля полного потока, усилению турбулентности вод при взаимодействии течений с рельефом гор, а также меандрированию основных потоков в силу этих же причин, более активны в районе подводных гор, по сравнению с окружающими водами, оказываются и промежуточные (до 1500 м) слои (рисунки 2, б; 2, в).



а б в

Рис. 2. Распределение гидрохимических элементов (кислород, фосфаты) и солености на разрезе III через одну из гор (26° 12´ с.ш., 135° 50´ в.д.) хребта Кюсю-Палау: а – кислород; б – фосфаты; в – соленость. 2-7.03.1976 г. НПС «Кавалерово»

SPECIES DIVERSITY OF FISHES IN THE AREAS OF SEAMOUNTS NORTH-WESTERN PACIFIC WITHIN THE SUBTROPICAL GYRE AND THE KUROSHIO REASONS FOR ITS DYNAMICS

V.B. Darnitskiy[*], M.A. Ishchenko[**]

*Pacific Scientific Fisheries Research Center, Vladivostok, Russia.
[**]V.I.Il`ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

The report will be submitted to the scale oceanographic variability using the database S. Levitusa within the West subtropic cycle Kuroshio, causing fluctuations in biological and fishery productivity. If the expedition TINRO allowed to establish local dynamics in isolated seamounts and island shallows, the results of database processing Levitusa to an analysis of interannual and mezhdekadnyh of long-term processes in the surrounding spaces.

УДК 551.46.062.5(265)

К ИСТОРИИ И ПРИОРИТЕТАМ РОССИИ (СССР) В ИССЛЕДОВАНИЯХ МИРОВОГО ОКЕАНА В XX ВЕКЕ

В.Б. Дарницкий*, М.А. Ищенко**
*ФГУП «ТИНРО-Центр»
**ТОИ им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

Расцвет древних цивилизаций в Европе, как известно, во многом определялся их морской деятельностью. Величие Европы в прошлом было связано с её колониями, а следовательно, с морями и океанами. Американо-советское противостояние в период холодной войны наложило определенный отпечаток на расстановку сил в Мировом океане. Однако Европа продолжала действовать в русле их традиционной политики «Морская сила России».

Во второй половине XX в., наряду с крупномасштабным строительством сверхдержавами военно-морских флотов различных классов (Осипенко и др., 1994; Хмельнов, 2003) большое развитие получило, особенно в СССР, также введение в строй научно-исследовательских флотов различного назначения, работавших в мореведческих НИИ различных министерств и ведомств.

И хотя научно-исследовательский флот АН СССР – РАН составлял основу морских экспедиционных сил страны, суда различных других мореведческих ведомств также внесли заметный, а иногда и решающий, вклад в постановку теоретических и решение некоторых прикладных задач океанологии, гидроакустики и морской биологии. Например, Атласы биологических ресурсов Дальнего Востока, разработанные в ТИНРО-Центре на громадных массивах информации Дальневосточных морей и СЗ Пацифики, явились плодом 25-летнего мониторинга, не имеющего аналогов во всем мире (Шунтов и др., 2003-2006).

Наименее освещена и известна научной общественности оказалась деятельность военных гидрографов и океанографов ГС ТОФ ВМФ ввиду их секретности. Лишь в последние годы, в связи с выходом монографии Л.В. Кобылинского (2006), можно судить о масштабах деятельности наших военных коллег. Однако научные результаты, за исключением лоций и нескольких статей, все же остаются в своем большинстве неизвестными.

Чрезвычайная объемность данной темы не позволяет здесь даже просто перечислить все приоритеты и достижения океанологов различных специализаций. Поэтому мы ограничиваем задачу в основном регионом Тихого океана, но и это сделать далеко не просто. Укажем поэтому только законченные научные произведения последних лет, в которых можно найти такую информацию.

Авторы отправляют специалистов к основополагающим публикациям ТОИ ДВО РАН – четырехтомному изданию «Дальневосточные моря России» под редакцией акад. Акуличева В.А. (2007) (рис. 1); монографии Л.В. Кобылинского «Гидрографические и гидрометеорологические исследования Тихого океана (рис. 2) (гидрографическая служба ТОФ, 1856-2006) ЦКП ВМФ, Санкт-Петербург, 2006; юбилейной монографии «ДВНИГМИ: научные исследования, люди, события, факты», Владивосток, 2006 (рис. 3). В этой монографии только перечень основных достижений ДВНИГМИ изложен на 7 страницах, из которого следует, что институтом опубликовано 40 монографий, вышло из печати более 200 сборников трудов ДВНИГМИ, 11 книг по различным направлениям гидрометеорологии и 14 региональных атласов. Осуществлено более 500 научно-исследовательских рейсов.

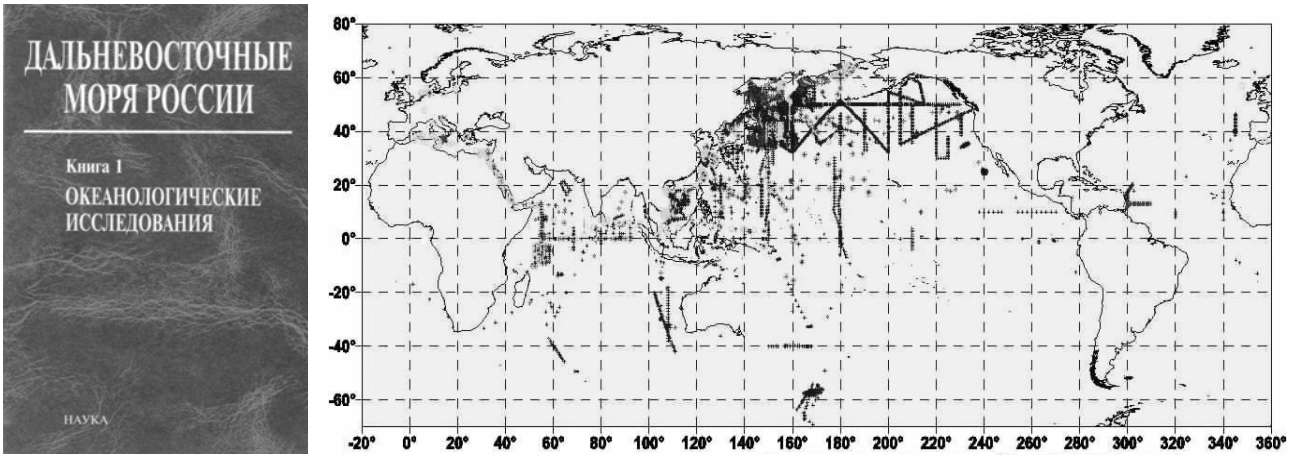


Рис. 1. Обложка монографии «Дальневосточные моря России». В 4 кн. Кн. 1. Океанографические исследования и схема положения океанографических станций экспедиций ТОИ ДВО РАН за период 1960-2003 гг. в Тихом океане по (Ростов И.Д., 2004)

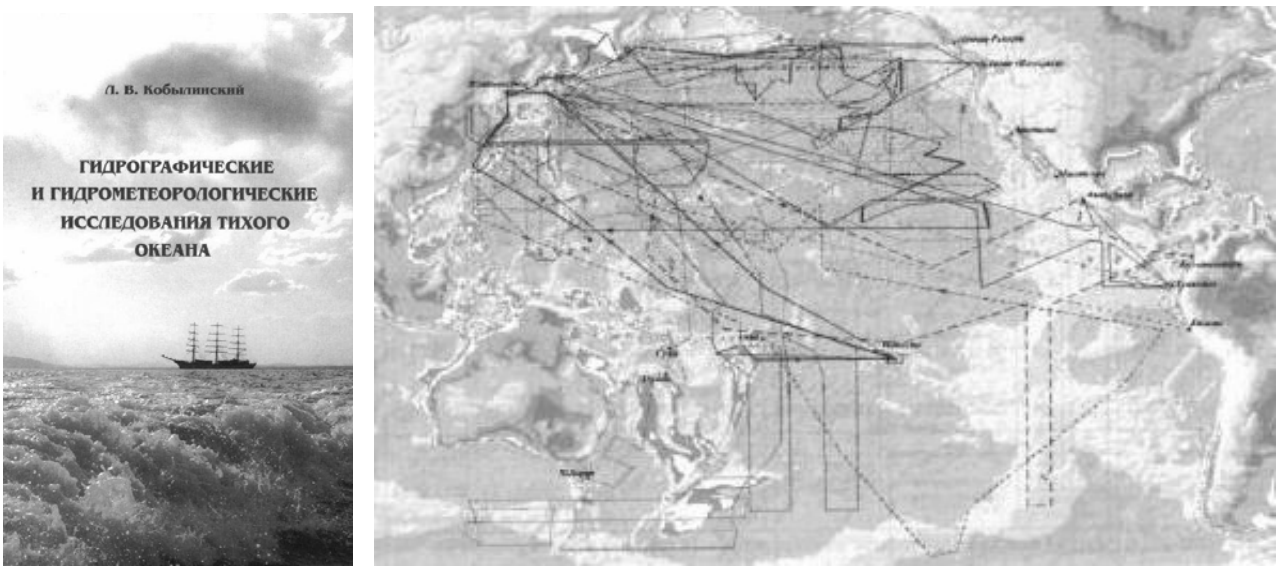


Рис. 2. Обложка монографии Л.В. Кобылинского и схема маршрутов экспедиционных исследований ГС ТОФ в Тихом океане в 1965-1988 гг.

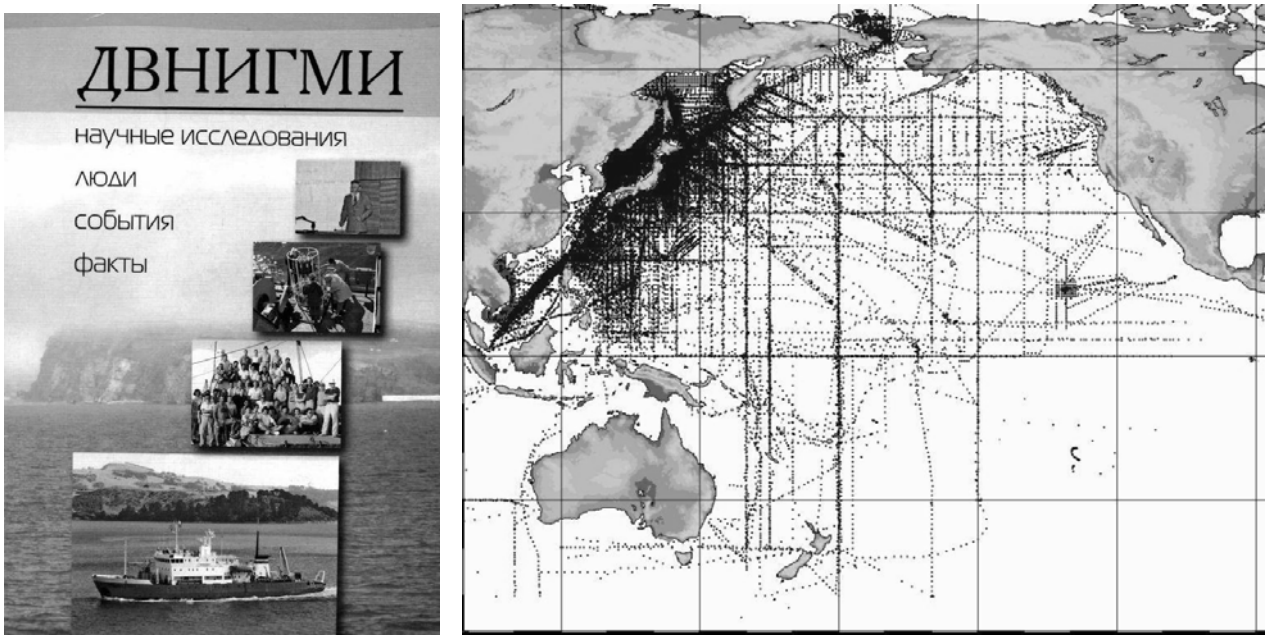


Рис. 3. Обложка юбилейной монографии «ДВНИГМИ: научные исследования, люди, события, факты» и положение океанографических станций экспедиций ДВНИГМИ за период 1950-2005 гг. в Тихом океане (Круц А.А., 2008)

Многие экспедиционные исследования, по сути, в своем большинстве являются приоритетными). В юбилейных книгах – «ТИНРО-70», 1995; «ТИНРО-75 лет (от ТОНС до ТИНРО-Центра)», 2000; «ТИНРО 80 лет (1925-2005)», 2005 (рис. 4); Известия ТИНРО, т. 141, 2005; Описания подводных гор и поднятий промысловых районов Мирового океана, т.1 (1988) Атлантический и Индийский океаны; т. 2 (1989) Тихий океан (рис. 5), Л., ГУНИО ВМФ СССР – наши приоритеты изложены лишь частично. В подготовке второго тома основная нагрузка легла на сотрудников ТИНРО, ТУРНИФ и головного института – ВНИРО.

Фундаментальные экосистемные исследования ТИНРО за 25-летний период обобщены в Атласах количественного распределения нектона Охотского моря (2003), Северо-западной части Японского моря (2004), Северо-западной части Тихого океана (2005) (рис. 6), Берингова моря (2006). Эти Атласы и табличные каталоги морских сообществ нектона в общей сложности охватывают акваторию около 6 млн. км^2, в основном, российской экономической зоны и прилегающей акватории СЗТО. Каждый атлас включает 1000 и более цветных карт распределения промысловых объектов и сопутствующих видов нектона. М.: Изд. «Национальные рыбные ресурсы», 2003-2006.

Институтом биологии моря ДВО РАН опубликовано более 100 монографий и 70 сборников, ТИНРО опубликовало более 150 томов Известий ТИНРО и монографических обобщений по отдельным макроэкосистемам, например экосистемы Куросио (Беляев, 2004), прикурильских вод (Иванов, Суханов, 2002), биопродуктивности макросистем дальневосточных морей (Дулепова, 2002) и др.

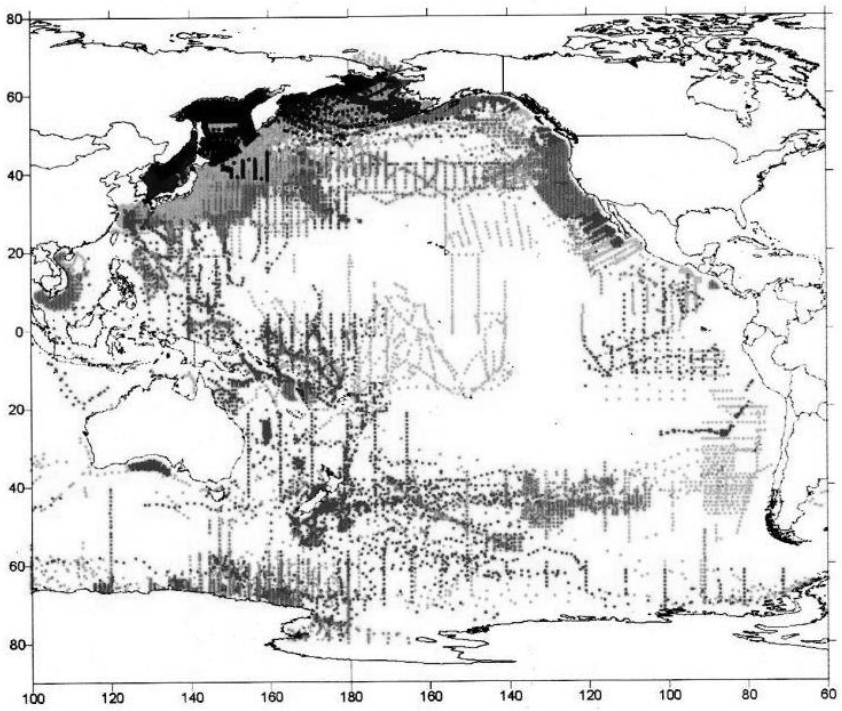
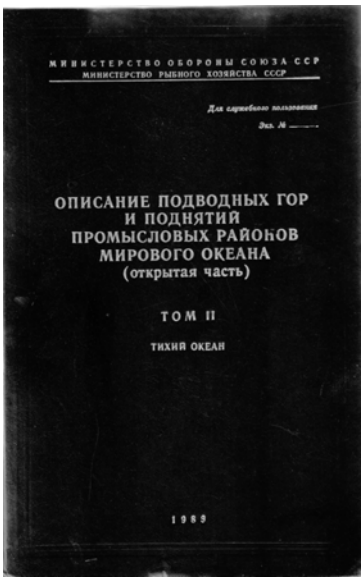


Рис. 4. Обложка сборника научных трудов Известия ТИНРО (ТИНРО-Центру 80 лет (1925-2005) и схема выполнения океанографических станций на судах ТИНРО во второй половине XX в.



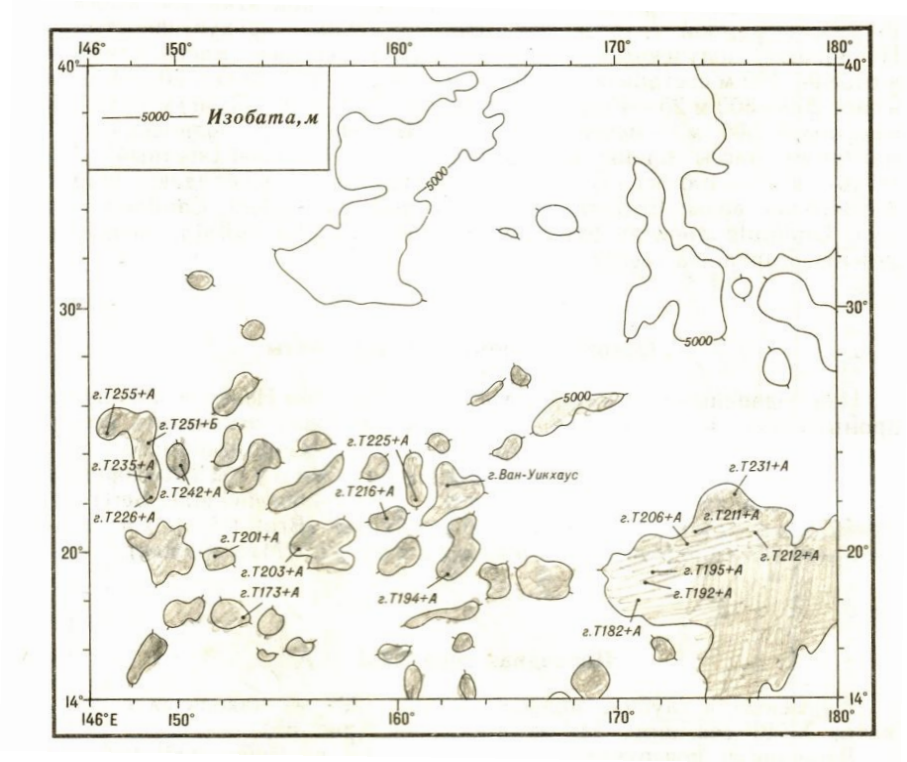


Рис. 5. Обложка книги «Описание подводных гор и поднятий промысловых районов Мирового океана (открытая часть)». Т. II «Тихий океан» и батиметрическая схема группы подводных гор Маркус-Уэйк – хребет Некер

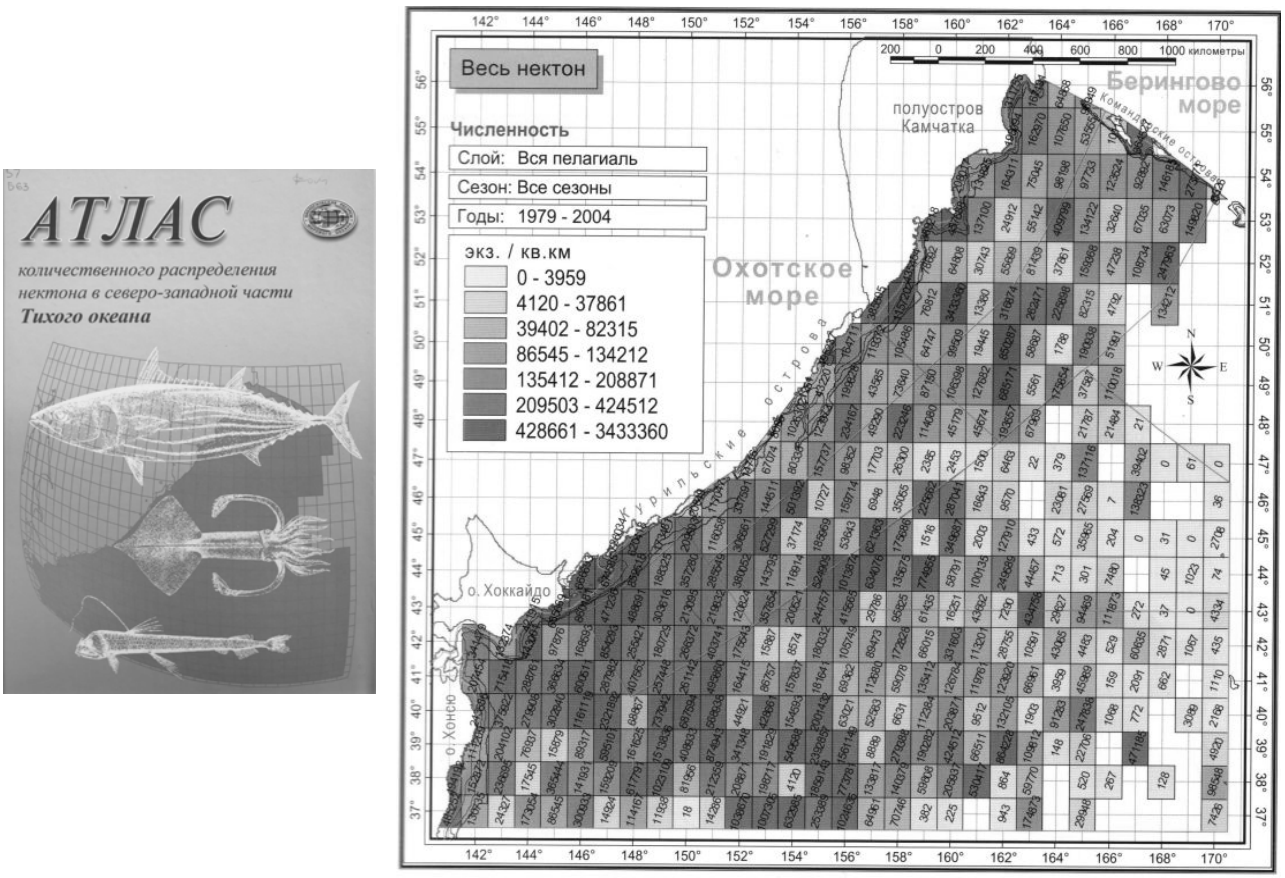


Рис. 6. Обложка Атласа количественного распределения нектона в северо-западной части Тихого океана и карта: «Суммарная численности всего нектона (рыбообразных, головоногих и ракообразных) Pisces + Cyclostomata + Cephalopoda + Decapoda в пелагиали независимо от сезона». Среднемноголетние данные 1979-2004 гг.

Особо следует отметить открытие рыбохозяйственными НИИ новых био- и рыбопродуктивных районов Мирового океана. Один из них – это экосистемы подводных гор, которые имеют точечное распределение в масштабах планеты, но обогащают биопродукцией всю макроэкосистему Мирового океана, общая биомасса которой (подводных гор) оценивалась в XX в. цифрой около 3 млн т, а в сумме с биопродукцией коралловых рифов – это около 10 млн т, однако эта цифра занижена из-за технических трудностей оценки реальной рыбопродуктивности в районах подводных гор.

Промысловые скопления перуанской ставриды за пределами 200-мильных прибрежных вод Перу и Чили впервые были обнаружены в 1978-1979 гг. поисковыми судами Запрыбпромразведки. Научно-исследовательские работы ТИНРО, АтлантНИРО и ВНИРО показали, что образование этих скоплений обусловлено повышенной биопродуктивностью вод, примыкающим к зонам Перу и Чили, а также в полосе между параллелями 35° и 50° ю.ш. и меридианами 78° и 105° з.д. Результаты этих работ были обобщены в Промысловом описании юго-восточной части Тихого океана, ГУНиО МО, 1985. Первым судном, обнаружившем скопления на подводных горах этого района, был НПС «Посейдон» (1973 г.) – ТИНРО.

Дальнейшие работы к западу от меридиана 105° з.д. в этом широтном поясе показали, что скопления перуанской ставриды протягивались до 200-мильной экономической зоны Новой Зеландии. В этом «ставридовом поясе» промыслом были освоены участки к востоку от меридианов 130-140° з.д. В отдельные годы рыба облавливалась промысловыми судами и на участках в районе меридиана 155°з.д.

Над подводными горами в этом поясе помимо скоплений перуанской ставриды образуются скопления промыслового характера чилийской красноглазки, эпигонуса Парина и эпигонуса гераклского. В 1987-1988 гг. на юге региона в пределах антарктической фронтальной зоны судами НПО «Севрыбпоиск» были обнаружены скопления светящегося анчоуса – электроны Карлсберга. В пределах «ставридового пояса» южной части Тихого океана обитает более 270 рыб и беспозвоночных.

В указанном регионе преобладают массовые виды рыб: перуанская ставрида, перуанская скумбрия, японский морской лещ. В меньших количествах встречаются тунцовые, мечерылые, акулы, кальмары, креветки. Над подводными горами обитают эпигонусы, красноглазки и другие глубоководные рыбы.

По ихтиологическим съемкам масса перуанской ставриды между меридианами 105 и 160° з.д. может составлять от 9 до14 млн.т, а общую массу перуанской ставриды в пределах «ставридового пояса» южной части Тихого океана можно в первом приближении оценить в 15-20 млн.т, а величину возможного ежегодного вылова в 1,5-1,8 млн т.

Таким образом, в ходе экспедиционных работ были получены доказательства того, что в южной части Тихого океана между параллелями 35° и 40°, а также 52° и 55° ю.ш. от границы экономической зоны Чили до границы экономической зоны Новой Зеландии обитает единая самовоспроизводящаяся популяции перуанской ставриды. В настоящее время эти биологические ресурсы интенсивно используются промысловыми флотами Китая, Украины и других государств.

На распределение и плотность скопления рыбы в пределах «ставридового пояса» южной части Тихого океана оказывает большое влияние характерное для восточной части Тихого океана явление Эль-Ниньо. В годы Эль-Ниньо под влиянием локальных неблагоприятных условий среды происходит массовая миграция младшевозрастных группировок перуанской ставриды из прибрежных вод Чили и Перу в район между параллелями 36°-43° ю.ш. и меридианами 72° и 90°(95°) з.д. По мере роста рыбы большая ее часть смещается в генеральном западном направлении, проникая с каждым годом все дальше на запад. На следующий год после года Эль-Ниньо, или еще на один год позднее, обычного пополнения 2-3-летними рыбами района, прилегающего к зоне Чили, не происходит, поскольку эта рыба уже мигрировала в юго-западную часть Тихого океана. Таким образом, под влиянием явления Эль-Ниньо для каждого конкретного района субантарктического пояса можно говорить о своеобразных «волнах плотности» рыб, передвигающихся в западном направлении. Большая повторяемость явления Эль-Ниньо способствует повышенной численности перуанской ставриды в «ставридовом поясе».

Явление Эль-Ниньо влияет также и на меридиональные миграции, что выражается в смещении скоплений на несколько градусов по широте на юг (в годы Эль-Ниньо) и на север - в годы Ла-Ниньо.

Осветить практическую пользу научно-поисковых экспедиций, выражавшуюся в добыче сырьевых ресурсов, в полной мере удалось М.Е. Барышко. Результаты деятельности промысловых флотилий дальневосточных рыбаков изложены им в фундаментальном обобщении «Освоение дальневосточными рыбаками удаленных районов промысла в Мировом океане» Владивосток, 2009, 824 с. По каждому новому району промысла им обобщен опыт поиска и промысла новых объектов, использовании орудий и добыче новых видов рыб и морских животных. Широкомасштабное освоение новых промысловых районов в советское время поддерживалось государством, сопровождалось научно-поисковыми экспедициями ТИНРО и других ведомств (ТУРНИФ и промысловых разведок). Промысловые результаты служили хорошим ориентиром и для науки, сотрудничество которой с Дальрыбой в те годы имело наиболее тесные контакты благодаря таким руководителям, как Ю.И. Москальцов и многим руководителям промысловых экспедиций.

Насколько дальновидней была политика государства, Минрыбхоза СССР и Рыбхоза. Науки в те годы свидетельствуют процессы в мировом сообществе последних лет. Близится время когда все ресурсы открытых вод Мирового океана окажутся под контролем международных организаций и естественно что доминирующее влияние и квоты на вылов будут принадлежать ближайшим к этим ресурсам государствам или государствам чей приоритет в освоении и изучении биоресурсов окажется наибольшим.

Резюмируя вышеизложенное, заметим, во-первых, что в такой короткой статье невозможно отразить все достижения дальневосточных исследователей, поэтому авторы извиняются перед теми учеными, чьи труды мы не смогли процитировать или хотя бы указать их. Во-вторых, не умаляя результатов, достигнутых в различных институтах мореведческого направления, можно заметить один негативный факт. Обладая большим количеством научного флота, как в академических, так и в прикладных институтах, за весь период исследований на Дальнем Востоке не было инициировано ни одной совместной научной программы, объединившей бы проведение многосудовых экспедиций под общей идеей. Такие программы выполнялись только в рамках международных экспедиций (CSK: 1965-1970), ведомственных (РАЗРЕЗЫ: 1980-1990), или же они были инициированы в Москве (МЕГАПОЛИГОН-87). По-видимому основной причиной этого являлась жесткая централизация исследовательских программ, утверждавшихся в Москве, не оставлявшая возможности для местных инициатив. Такой подход затруднял кооперацию местных научных сил. Многочисленные согласования свели бы такие усилия на нет. Были, однако, и приятные исключения, когда в период 1992-1994 гг. состоялись экспедиции ТИНРО и ДВО РАН в Охотское море по программам ТИНРО-Центра (Шунтов, 1995).

THE HISTORY AND PRIORITIES OF RUSSIA (USSR) IN OCEANOGRAPHIC RESEARCH IN THE TWENTIETH CENTURY

V.B. Darnitskiy*, M.A. Ishchenko**

*Pacific Scientific Fisheries Research Center, Vladivostok, Russia.
**V.I.Il`ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

The heyday of ancient civilizations in Europe, as we know, largely determined by their maritime activities. The greatness of Europe in the past been associated with its colonies and, consequently, with the seas and oceans. American-Soviet confrontation during the Cold War has left a definite imprint on the balance of forces in the oceans. However, Europe has continued to act in keeping with their traditional policy of «Sea power Russia».

In the second half of the twentieth century, along with large-scale construction of the superpowers of the navies of various classes of large development has received, especially in the USSR, also commissioning research fleets for various purposes, working in marine science

Research Institute of the various ministries and departments.

And although the research fleet of the USSR – RAS was based Marine Expeditionary Forces, ships of various other marine science departments have also made a significant and sometimes decisive, contribution to the theoretical formulation and solution of some applied problems of oceanography, underwater acoustics and marine biology. For example, Atlases of biological resources of the Far East, developed in TINRO Center on vast arrays of information, the Far Eastern Seas and NW Pacific, were the fruit of 25 years of monitoring, which has no analogues in the world.

The paper will be presented only oceanographic and biological research, which can be considered a priority.

УДК 581.6

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОСЛЕЙ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Я.В. Денисова
ГОУ ВПО «Сахалинский государственный университет», Южно-Сахалинск, Россия

Список видов водорослей Сахалинской области, имеющих практическое значение, насчитывает 92 вида, из них бурых водоросли – 33 вида, красных – 44, зеленых – 15 видов. Промысловые водоросли в Сахалинской области используются в пищу, в производстве агара, для производства клея и смазки, йода и солей поташа, как источник брома, в медицине.

Сахалино-Курильский район считается одним из самых интересных для изучения и перспективным для развития водорослевой промышленности. Географическое положение, определяющее гидрологический режим, многообразие условий обитания способствуют развитию плотных зарослей водорослей и морских трав.

В Сахалинской области встречается около 260 видов водорослей, представителей трех основных типов: зеленые, бурые и красные. Промысловое значение имеют представители бурых (ламинария) и красных (анфельция и некоторые другие) водорослей [1, 2, 3]. Они имеют большое значение в биологической структуре морей и океанов и имеют огромные перспективы использования в народном хозяйстве Сахалина и Курильских островов.

Водоросли – это не только основной источник органического вещества, но и составная часть прибрежных биоценозов, определяющая часто их облик и структуру. Содержание в водорослях целого ряда ценных веществ определило их использование в качестве сырья для различных отраслей народного хозяйства.

Однако в литературе имеется отрывочные сведения о биологии, распространении и использовании бурых, красных и зеленых водорослей Сахалинской области. Несомненно, изучение этих вопросов является актуальным сегодня и требует глубокого анализа.

В Сахалинской области водорослей, имеющих практическое значение, насчитывается 92 вида: к отделу бурых водоросли относится 33 вида, красных – 44, зеленых – 15 видов. Наиболее многочисленными оказались следующие роды: *Laminaria* – 11 видов, *Odonthalia* – 7, *Monostroma, Alaria, Enteromorpha* по 4 вида, *Cymathera, Ceramium, Polysiphonia* – по 3 вида, *Kjellmaniella, Arthrothamnus, Dumontia, Gloiopeltis, Gracilaria, Ahnfeltia, Chondrus* и *Rhodymenia* – по 2 вида, а остальные роды включают 1 вид водорослей.

Список видов водорослей Сахалинской области, имеющих практическое значение

Отдел бурые водоросли (Phaeophyta)	*Отдел красные водоросли (Rhodophyta)*	*Отдел зеленые водоросли (Chlorophycophyta)*
Agarum cribrosum	Ahnfeltia plicata	Bryopsis plumose
Alaria angusta	Ahnfeltia tobuchiensis	Chaetomorpha spiralis
Alaria fistulosa	Bangia atropurpurea	Cladophora glaucescens
Alaria marginata	Ceramium hypnaeoides	Codium fragile
Alaria ochotensis	Ceramium kondoi	Codium Ritteri
Arthrothamnus bifidus	Ceramium rubrum	Enteromorpha intestinalis
Arthrothamnus kurilensis	Chondrus armatus	Enteromorpha
Chordaria flagelliformis	Chondrus pinnulatus	Enteromorpha plumose
Costaria costata	Corallina officinalis	Enteromorpha prolifera

Cymathera japonica
Cymathere ribroza
Cymathere triplicate
Cystoseira crassipes
Desmarestia viridis
Dictyopteris divaricata
Fucus evanescens
Kjellmaniella crassifollia
Kjellmaniella gyrate
Laminaria angustata
Laminaria appressirhiza
Laminaria bongardiana
Laminaria cichorioides
Laminaria dentigera
Laminaria gurjanovae
Laminaria inclinatorhiza
Laminaria japonica
Laminaria longipes
Laminaria multiplicata
Laminaria yezoensis
Lessonia laminarioides
Pelvetia wrightii
Sargassum pallidum
Thalassiophyllum clathrus

Dumontia filiformis
Dumontia contorta
Gelidium Amansii
Gelidium elegans
Gelidium vagum
Gigartina ochotensis
Gigartina teedii
Gigartina unalaskensis
Gloiopeltis capillaris
Gloiopeltis furcata
Gracilaria confervoides
Gracilaria verrucosa
Grataeloupia divaricata
Gymnogongrus flaelliformis
Jania rubens
Lithothamnium fruticulosum
Nemalion vermiculare
Odonthalia floccose
Odonthalia aleutica
Odonthalia corymbifera
Odonthalia dentate
Odonthalia kamtschatica
Odonthalia ochotensis
Odonthalia semicostata
Phycodrys Riggii
Phycodrys vinogradovae
Polysiphonia Harveyi
Polysiphonia Morrowii
Polysiphonia urceolata
Porphyra laciniata
Pterosiphonia bipinnata
Rhodomela larix
Rhodymenia palmata
Rhodymenia pertusa
Turnerella Mertensiana

Monostroma arcticum
Monostroma crassidernum
Monostroma grevillei
Monostroma zostericola
Ulothrix flacca
Ulva faenestrata

Распределение водорослей носит поясной характер: на глубине 0-9 м преобладают зеленые водоросли, бурые водоросли встречаются на глубинах до 10-20 м, красные водоросли занимают глубины 0-45 м, образуя самостоятельные сообщества или являясь членами других сообществ. Наиболее распространенными промысловыми объектами в Сахалинской области являются следующие 5 представителей бурых водорослей: ламинария японская (Сахалин, Курилы), циматера японская (Малые Курилы), ламинария узкая (Южные Курилы), циматера двускладчатая (Итуруп), ламинария Бонгарда (Северные Курилы) и 1 представитель красных водорослей – анфельция тобучинская, которая населяет лагуну Буссе, встречается у южных Курильских островов и в зал. Измена.

Промысловые водоросли в Сахалинской области используются в пищу (*Alaria, Arthrothamnus kurilensis, Kjellmaniella crassifolia, Laminaria angustata, Laminaria cichorioides, Laminaria japonica*), в производстве агара (*Ahnfeltia tobuchiensis, Ahnfeltia plicata,* а также *Gracilaria verrucosa, Gelidium Amansii, Gelidium vagum, Ceramium kondoii, Compylaephora hypnaeoides),* для производства клея и смазки (*Gloiopeltis furcata*, *Chondrus armatus*, *Chondrus pinnulatus*, *Mastocarpus pacificus*, *Mazzaella cornucopeae*, *Mazzaella japonica*, *Dumontia contorta, Neodilsea Yendoana*, *Turnerella Mertensiana*, *Gymnogongrus Griffithsiae),* в производстве йода и солей поташа (*Arthrothamnus kurilensis, Laminaria japonica, Kjelmaniella crassipes, Alaria fistulosa, Alaria* spp., а также *Agarum, Costariha, Sargassum, Fucus, Cystoseira.*), как источник брома (*Polysiphonia Morrowii, Pterosiphonia bipinriata, Neorhodomela larix, Neorhodomela sachalinensis, Odonthalia coiymbifera, O. dentata, O. ochotensis, O. kamtschatica, O. Floccose*), в медицине (*Grateloupia divaricata, Phycodrys vinogradovae, P. Riggii, Dictyopteris divaricata*).

Библиографический список

1. *Гайл Г.И.* Промысловые водоросли Сахалина и Курильской гряды. Владивосток, 1949. 88 с.

2. *Клочкова Н.Г*. Флора водорослей-макрофитов Татарского пролива и особенности ее формирования. Владивосток: Дальнаука, 2006. 292 с.

3. Промысловые рыбы, беспозвоночные и водоросли морских вод Сахалина и Курильских островов. Южно-Сахалинск: Дальневост. кн. изд-во, 1993. 191 с.

PRACTICAL USE OF SEAWEED OF THE SAKHALIN AREA

Ya.V. Denisova
Sakhalin state university, Yuzhno-Sakhalinsk , Russia

The list of kinds of seaweed of the Sakhalin area having practical meaning totals 92 species, from them Phaeophyta – 33 species, Rhodophyta – 44, Chlorophycophyta – 15 species. The trade seaweed in the Sakhalin area is used in food, in manufacture agar-agar, for manufacture of glue both greasing, iodine and salts potash, as a source bromine, in medicine.

УДК 577.1:577.41

ВЛИЯНИЕ АНОКСИИ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ТКАНИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ МОРСКОГО БРЮХОНОГОГО МОЛЛЮСКА *TEGULA RUSTICA*

Довженко Н.В.*, Истомина А.А. **, Бельчева Н.Н. **
*ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз»
**ТОИ им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

Рассматриваются особенности биохимической организации и реакции антиоксидантной (АО) защитной системы в ткани пищеварительной железы брюхоногого моллюска Tegula rustica в условиях экспериментальной аноксии/гипоксии. Были определены: общая антиоксидантная активность (ABTS), активности АО ферментов (супероксиддисмутазы (СОД), каталазы, глутатион-редуктазы), содержание глутатиона и продукта перекисной деструкции липидов – малонового альдегида (МДА) в нормальных и стрессовых условиях. Показано, что в стрессовых условиях наблюдалось изменение АО компонентов, а также увеличение содержание МДА, что указывало на то, что моллюски испытывали окислительный стресс.

В условиях растущего антропогенного воздействия на гидросферу и, прежде всего, на прибрежные акватории повышенную актуальность приобретают проблемы прогнозирования влияния гипоксии (аноксии) на выживаемость водных организмов. Гипоксия охватила тысячи километров морских вод всего мира, привела к массовой гибели морских организмов, к обеднению бентосной фауны и снижению в продуктивности рыбных запасов. Гипоксия может уничтожать чувствительные к недостатку кислорода виды, тем самым, вызывая изменения в видовом составе бентоса, рыб и сообществ фитопланктона.

Многие беспозвоночные животные приобрели способность к широкому использованию анаэробного способа обитания. К ним можно отнести и литоральных моллюсков, способных переносить длительные периоды нахождения в условиях атмосферного кислорода во время отливов.

Все моллюски являются факультативными анаэробами, которые, по мере своего развития, приобрели ряд адаптационных приспособлений, позволяющих им переживать условия недостатка кислорода. Среди них: запас большого количества субстрата окисления; подавление метаболических процессов; запуск дополнительных реакций фосфорилирования, повышающих выход высокоэнергетических фосфатных соединений; снижение метаболического ацидоза.

При длительной гипоксии организмы, в конце концов, переходят к анаэробному дыханию, что сопровождается снижением интенсивности метаболизма. Поэтому возникает вопрос: насколько их эксплуатативный характер адаптации силен в своем проявлении и насколько устойчивы эти организмы к недостатку или отсутствию кислорода.

Так как связь организмов со средой осуществляется через обмен веществ, в основе которого лежат биохимические превращения, то определенный интерес представляют исследования биохимических сдвигов в организмах водных беспозвоночных по сравнению с нормой при стрессовом состоянии.

Одним из таких сдвигов является изменение в состоянии защитной антиоксидантной системы организмов. В данной работе целью исследования стало изучение влияния аноксии (выдерживание на воздухе) на состояние АО системы у брюхоногого моллюска Tegula rustica.

Моллюски были собраны в заливе Восток, адаптированы в лабораторных аквариумах. Моллюсков подвергали воздействию аноксии на атмосферном воздухе в течение 30 ч, а затем препарировали животных, используя в работе пищеварительную железу. Были определены следующие параметры: антиоксидантная активность, активности АО ферментов (супероксиддисмутазы (СОД), каталазы (КАТ), глутатион-редуктазы (ГР), содержание низкомолекулярных антиоксидантов (глутатиона) и изменение уровня накопления продуктов перекисной деструкции липидов (МДА) в нормальных и стрессовых условиях.

Метод определения антиоксидантной активности в биологической пробе, в частности, в цитозольной фракции, основан на ингибировании образования ABTS радикал + радикального катиона без вовлечения субстрата (Re Roberta et al, 1999).

Уровень восстановленного глутатиона регистрировали спектрофотометрически по реакции тиогруппы цистеина с реактивом Эллмана – дитионитробензойной кислотой (Dovzhenko et. al., 2005).

Содержание малонового диальдегида – продукта окислительной деградации жирных кислот, определяли непосредственно в тканях (Dovzhenko et. al., 2005) по цветной реакции с 2-тиобарбитуровой кислотой (ТБК). Для расчетов содержания МДА использовали коэффициент молярной экстинции – 1,56 x10^5/см /М.

Концентрацию белка в гомогенатах тканей определяли по абсорбции бромфенолового синего. Калибровочные кривые строили по растворам бычьего сывороточного альбумина, концентрации которого рассчитывали по коэффициенту молярной экстинции (Dovzhenko et. al., 2005).

Определение активности АО ферментов

Супероксиддисмутаза (ЕС 1.15.1.1). В основе метода (Paoletti, Aldinucci, 1986) лежит определение способности тканевых гомогенатов ингибировать реакцию окисления НАДФН, вызванную супероксид анион радикалом. Одной (1) единице активности (ЕА) фермента соответствует 50% ингибирование реакции окисления. Активность СОД выражали в ЕА в расчете на мг белка (ЕА/мг белка).

Глутатионредуктаза (ЕС 1.6.4.2). Метод определения активности GSH-редуктазы (Regoli, Principato, 1995) основан на способности фермента восстанавливать окисленную форму глутатиона с использованием НАДФН. Активность фермента рассчитывали по изменению экстинкции при λ 340 нм (+20°С) в течение начального этапа реакции на линейном участке кривой и выражали в нмоль окисленного $НАДФ^+$/мин/мг белка.

Каталаза (ЕС 1.11.1.6). Метод определения активности фермента каталазы (КАТ) основан на его способности разлагать перекись водорода (Regoli, Principato, 1995). Кинетику распада перекиси водорода регистрировали при λ 240 нм в течение 1 мин и выражали в мкмолях H_2O_2/мин/мг белка.

Все цифровые данные представляют собой среднее значение ± стандартное отклонение.

В результате исследований было обнаружено, что после непродолжительной аноксии произошло изменение всех исследованных параметров в тканях пищеварительной железы моллюсков. В условиях нахождения брюхоногих на «воздухе» активность СОД в клетках пищеварительной железы снизилась относительно контрольных величин на 12% (таблица, рис. 1).

Снижение активности СОД после подверженности моллюсков аноксии также наблюдали в своих экспериментах Pannunzio и Storey (1998), Eduardo A. Almeida и др. (2005). Этот факт объясняется тем, что СОД контролирует стадию инициации свободнорадикального окисления, и снижение активности этого фермента под влиянием аноксии, вероятно, указывает на усиленную атаку оксирадикалов, образующихся в результате развивающегося окислительного стресса. Кроме того, пищеварительная железа моллюсков является органом накопления и детоксикации различных токсинов и ряда микроэлементов (в том числе тяжелых металлов), что также необходимо учитывать при воздействии дополнительных стрессовых факторов (Pannunzio, Storey, 1998).

В результате действия 30-ти часовой аноксии наблюдалось увеличение активности КАТ в клетках пищеварительной железы: ее значение увеличилось на 22 %, относительно контрольных величин. Также наблюдалось увеличение активности глутатион-редуктазы – на 16 % относительно контроля (таблица, рис. 1).

Как известно, каталаза является ответственной за утилизацию и контроль концентрации двухэлектронных продуктов АФК (H_2O_2) в клетке, а также по возможности минимизирует реакцию активации радикальной цепи и образование гидроксильных радикалов (реакция Фентона) (Weihe et al., 2010). Увеличение активности этого фермента объясняется компенсаторной реакцией организма в целом. Подобная реакция наблюдалась у *Littorina littorea* под воздействием 6-ти дневной аноксии (Pannunzio, Storey, 1998), у морского блюдца *Nacella concinna* (Weihe et al., 2010), а также у двустворчатых моллюсков, которые выдерживались в аноксийных условиях (Almeida et al., 2005)

Также мы предполагаем, что основная функция обезвреживания оксирадикалов в тканях пищеварительной железы тегулы принадлежала глутатион-редуктазе и низкомолекулярному антиоксиданту – глутатиону. Активность глутатион-редуктазы поддерживалась на высоком уровне во время аноксии, а содержание глутатиона увеличилось в течение эксперимента с 1.98±0.76 до 3.32±1.97 нмоль/мг белка (рис. 2). В целом уровень общей антиоксидантной активности в пищеварительной железе в период аноксии увеличился почти в 2 раза, что также можно рассматривать как компенсаторную реакцию организма в период непродолжительной аноксии.

Изменение антиоксидантной активности (ABTS) и активности актиоксидантных ферментов в тканях пищеварительной железы *T. rustica* под воздействием аноксии

	ABTS (ед. тролокса/мг белка)	СОД (ед.акт./мг белка)	КАТ (мкмоль/мин/ мг белка)	ГР (нмоль/мин/мг белка)
контроль	337±73,7	55,99±4,31	43,9±3,1	8,4±0,17
аноксия	644,62±50,42	49,34±4,59	53,34±7,0	76±0,61

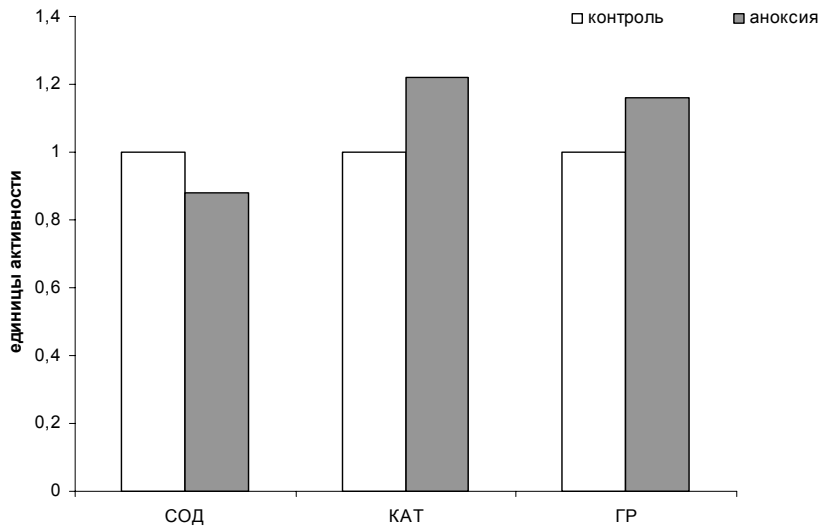


Рис. 1. Изменение активности актиоксидантных ферментов СОД (ед.акт./мг белка), КАТ (мкмоль/мин/ мг белка), ГР (нмоль/мин/мг белка) в тканях пищеварительной железы *T. rustica* под воздействием аноксии (все значения рассчитаны относительно единицы)

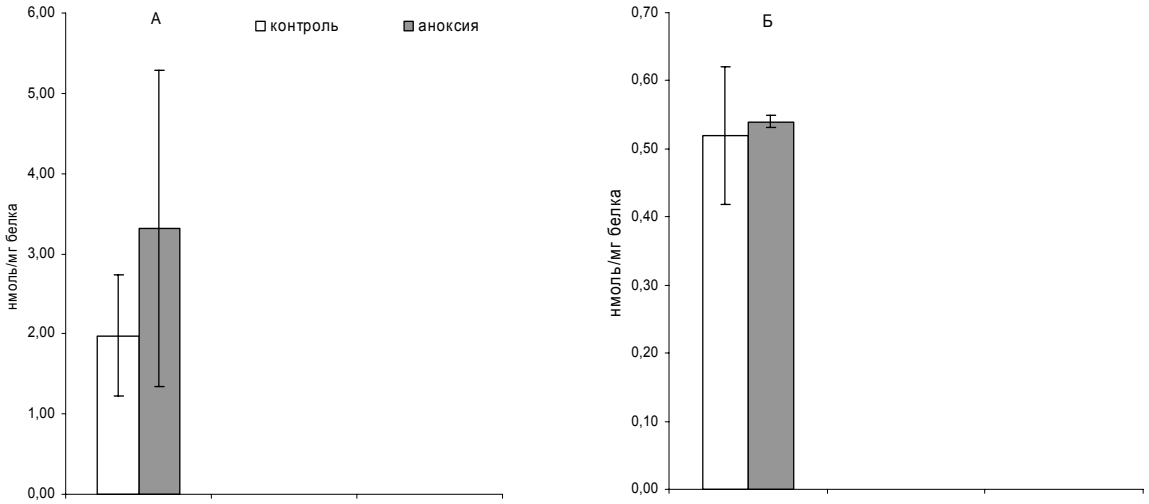


Рис. 2. Изменение уровня глутатиона (А) и МДА (Б) в тканях пищеварительной железы *T. rustica* под воздействием аноксии

Таким образом, наши эксперименты показали, что брюхоногий моллюск *T. rustica* оказался устойчив к непродолжительной аноксии (30 ч), что подтверждается согласованной работой антиоксидантных ферментов, глутатиона и антиоксидантной системой в целом. Кроме того, незначительное накопление продуктов деструкции липидов в пищеварительной железе указывает на то, что для *T. rustica* присущ хорошо сбалансированный механизм биохимической адаптации как к повышенному уровню O_2 в воде, так и к его отсутствию. Но не исключается тот факт, что под воздействием непродолжительной аноксии в клетках пищеварительной железы, так же как и во всем организме в целом, запустился необратимый деструктивный процесс – окислительный стресс.

Библиографический список

1. *Almeida E.A., Bainy A.C.D., Dafre A.L., Gomes O.F., Medeiros M.H.G., Mascio P.* Oxidative stress in digestive gland and gill of the brown mussel (Perna perna) exposed to air and re-submersed // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2005. V. 318. P. 21-30.

2. *Dovzhenko N.V., Kurilenko A.V., Belcheva N.N., Chelomin V.P*. Cadmium-induced oxidative stress in the bivalve mollusk Modiolus modiolus // Russian J. Mar. Biol. 2005. V. 31. P. 309-313.

3. *Pannunzio T.M., Storey K.B.* Antioxidant defenses and lipid peroxidation during anoxia stress and aerobic recovery in the marine gastropod Littorina littorae // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1998. V. 221. P. 277-292.

4. *Paoletti F., Aldinuccio D., Mocali A., Carparrini A.* A sensitive spectrophotometric method for the determination of superoxide dismutase in tissue extracts // Anal. Biochem. 1986. V. 154. P. 526-541.

5. *Regoli F., Principato G.* Glutathione, glutathione-depended and antioxidant enzymes in mussel, Mytilus galloprovincialis, exposed to metals under field and laboratory conditions: implications for the use of biochemical biomarkers // Aquat. Toxicol. 1995. V. 31. P. 143-164.

6. *Re Roberta, Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.* Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay // Free Radical Biology & Medicine. 1999. V.26, Nos. 9/10. P.1231-1237.

7. *Weihe E., Kriews M., Abele D.* Differences in heavy metal concentrations and in the response of the antioxidant system to hypoxia and air exposure in the Antarctic limpet Nacella concinna // Mar. Environ. Res. 2010. V. 69. P. 127-135.

EFFECT OF ANOXIA TO BIOCHEMICAL PARAMETERS IN TISSUE OF DIGESTIVE GLAND OF MARINE GASTROPOD *TEGULA RUSTICA*

N.V. Dovzhenko*, A.A. Istomina, N.N. Belcheva****

* Far-Eastern State Technical Fishery University (Dalrybvtuz), Vladivostok, Russia

** V.I. Il´ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

The effects of anoxia exposure (in air for 30 h at 20 0C) to the antioxidant defenses of marine gastropod, Tegula rustica, were assessed in digestive gland. Activities of superoxide dismutase (SOD) were suppressed (to 11 % of controls) in digestive gland during anoxia exposure. Activities of catalase (CAT), glutathione reductase (GR) were increased (to 16-22 % of control). The level of antioxidant activities (ABTS), content of glutathione were raised too. The decrease in SOD and increase in CAT and GR activity during anoxic incubation suggested a decreasing ROS generation due to the lack of oxygen. Anoxia exposure stimulated an increase in the amount of the glutathione in digestive gland. Gastropods were exposed to air for 30 h showing a clear increase in the levels of lipid peroxidation. The results of this study demonstrate that after 30 h anoxia, marine gastropods exposed to oxidative stress.

УДК 582.272;639.294.053.7 (265.5)

СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В САХАЛИНО-КУРИЛЬСКОМ РЕГИОНЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСКУССТВЕННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

Н.В. Евсеева, А.Р. Репникова

ФГУП «СахНИРО», Южно-Сахалинск, Россия

Рассмотрено состояние запасов как промысловых, так и потенциально промысловых видов бурых водорослей на разных участках акватории Сахалинской области и его динамика. Даны рекомендации по рациональному использованию ресурсов. На основе данных по вылову ламинариевых водорослей у побережья о-ва Сахалин и Южных Курильских о-вов и состоянии их ресурсов сделан вывод о нецелесообразности в настоящее время искусственного воспроизведения бурых водорослей.

У побережья Южного Сахалина и Южных Курильских о-вов произрастает 21 вид пор. *Laminariales*, относящихся к 9 родам 6 семейств. Наиболее многочисленным является сем. *Laminariaceae*. Род *Saccharina* широко представлен во флоре Южного Сахалина и Южных Курильских о-вов, его представители являются основными объектами промысла. Из промысловых видов только *Saccharina japonica* встречается и у Южного Сахалина и у Южных Курильских о-вов. Другие промысловые виды – *Saccharina angustata*, *Saccharina kurilensis* и *Cymathere fibrosa* – образуют заросли исключительно в прибрежье Южных Курил. Еще 10 видов пор. Laminariales можно считать потенциально промысловыми. Они образуют достаточные по биомассе и площади заросли и могут быть рекомендованы к вылову.

Проведенные исследования показали, что в Сахалинской области имеются значительные ресурсы как промысловых, так и перспективных для промысла ламинариевых водорослей. Общий запас промысловых видов по оценкам 2009 г. составляет более 900 тыс. т, из них промысловый – 392 тыс. т. Общий запас потенциально промысловых видов составил около 550 тыс. т. Наиболее продуктивным является участок прибрежной зоны вокруг островов Малой Курильской гряды к югу от о-ва Шикотан.

Анализ динамики запасов с 1999 по 2009 гг. показал, что, несмотря на локальные переловы в традиционных участках промысла, в частности у побережья о-ва Сахалин, запасы водорослей остаются на стабильном уровне.

На юго-западном побережье о-ва Сахалин запас сахарины японской до 2005 г. был достаточно высоким и колебался от 45,8 до 102,6 тыс. т. В период с 2005 по 2008 гг. он существенно уменьшился (Балкон-

ская, 2005), что вызвано снижением запаса в южном потенциальном районе (р. Шебунинка – м. Крильон). В 2009 г. запас в традиционном районе промысла (м. Тукотан–р. Шебунинка) и в целом на юго-западном побережье Сахалина по сравнению с 2008 г. несколько увеличился – с 8,6 до 13,5 тыс. т (рис. 1).

Основу запаса в Восточно-Сахалинской подзоне ежегодно дает традиционный район промысла (кутовая часть зал. Анива от пос. 3. Падь до пос. Новиково). До 2006 г. промысловый запас как в целом по подзоне, так и по районам промысла был стабилен и колебался в пределах 5-7 тыс. т. В 2006 г. запас на восточном Сахалине увеличился до 23,2 тыс. т. В 2007 г. общая биомасса снова снизилась до 5,6 тыс. т, при этом величина запаса в традиционном и потенциальном районах были почти равными. Рост величины запаса в традиционном районе (до 40,85 тыс. т) в 2009 г. обусловлен уточнением площади зарослей и включением в этот район еще одного участка – восточной части зал. Анива (р. Островка–пос. Новиково).

Большая часть запаса ламинариевых водорослей в Сахалино-Курильском регионе сконцентрирована в прибрежье южных Курильских о-вов. У побережья о-вов Малой Курильской гряды запас бурых водорослей в период работы фиктенами (1987-1992 гг.) был подорван. Через 14 лет запрета на промысел ресурсы ламинариевых водорослей восстановились до прежнего уровня (рис. 1). Промысловый запас в 2008 г. составлял уже 331,1 тыс. т, в 2009 г. – 533,5 тыс. т.

Рис. 1. Динамика запасов бурых водорослей в прибрежье о-ва Сахалин и Южных Курильских о-вов в 1999-2009 гг. (данные 1986 и 1992 гг. показаны только для Южных Курильских о-вов)

Такая значительная величина запасов у Южных Курильских о-вов обусловлена большой площадью зарослей и большими значениями размерно-массовых показателей *S. japonica*. Так, проведенный нами анализ размерно-массовых параметров второгодних растений из разных районов показал, что по морфологическим признакам *S. japonica* по t-критерию Стьюдента, F-критерию Фишера (Лакин, 1990) и критерию Хотеллинга (Андреев, 1980) достоверно отличается. Уменьшение размеров второгодних растений происходит в ряду Малые Курилы – юго-западный Сахалин – зал. Анива – о. Кунашир; первогодних в ряду Малые Курилы – зал. Анива – о. Кунашир – юго-западное побережье о-ва Сахалин. Однако достоверных различий в морфологии первогодней сахарины японской выявить не удалось. Это может объясняться более интенсивной скоростью роста последних в длину и более медленной – в ширину и толщину по сравнению со второгодними растениями. Можно предположить, что влияние условий среды на размерно-массовые характеристики сахарины усиливаются с увеличением возраста водоросли.

Наиболее перспективным районом промысла ламинариевых водорослей является прибрежье островов Малой Курильской гряды. Для локального промысла у побережья Сахалина можно рекомендовать участки от м. Тукотан до р. Шебунинка на западе и от пос. 3. Падь до р. Островка в зал. Анива.

В целом в регионе освоение ресурсов водорослей крайне низкое, и наиболее осваиваемым участком является прибрежная зона зал. Анива – в 2009 г. освоение ОДУ составило 53,5 % (рис. 2). В 2009 г. в Сахалинской области промыслом было освоено только 2,5 тыс. т (1,8 %). Низкое освоение квот у побережья о-ва Сахалин и южных Курильских о-вов последние годы наблюдается регулярно, что обусловлено низкой рентабельностью промысла при большой затратности.

Такая большая и вместе с тем неосваиваемая величина запаса дает возможность сделать вывод, что в настоящее время в пределах акватории Сахалинской области гораздо важнее рациональная эксплуатация имеющихся ресурсов, чем их искусственное выращивание. Рациональная добыча водорослей должна базироваться на научных рекомендациях с учетом особенностей биологии видов и накопленного промыслового опыта. Негативный опыт применения фиктенов на Южных Курилах пока-

зал невозможность использования драгирующих орудий лова. Поэтому для промысла рекомендуется использовать только щадящие орудия и способы лова – канзы или при помощи водолазов. Регулировать промысел ламинариевых водорослей предлагается сроками и районами добычи и количеством промысловых единиц.

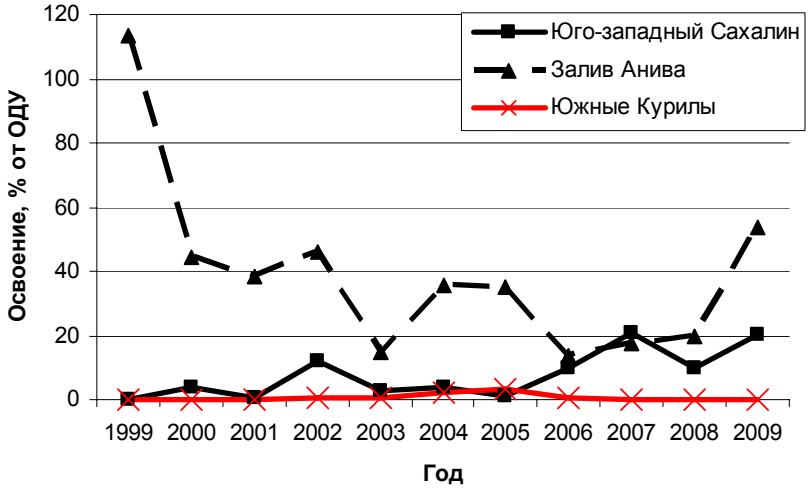


Рис. 2. Освоение ресурсов бурых водорослей в Сахалино-Курильском регионе в 1999-2009 гг.

Библиографический список

1. *Андреев В.Л.* Классификационные построения в экологии и систематике. М.: Наука, 1980. С. 93-99.

2. Распределение и состояние зарослей промыслового вида *Laminaria japonica* и непромысловых массовых видов бурых водорослей у южного побережья Сахалина по результатам съемки 2005 г. Материалы о НИР / СахНИРО; Л.А. Балконская. Южно-Сахалинск, 2005. 3 с. Инв. № 10060.

3. *Евсеева Н.В.* Макрофитобентос прибрежной зоны южных Курильских островов: состав, распределение и ресурсы: Автореф. дис. ... канд. биол. Наук. М.: ВНИРО, 2009. 22 с.

4. *Лакин Г.Ф.* Биометрия: учеб. Пособие. М.: Высш. шк., 1990. С. 113-128.

STOCK STATUS OF BROWN ALGAE IN SAKHALIN-KURIL REGION AND PROSPECTS FOR THEIR CULTURE

N.V. Evseeva, A.R. Repnikova
FSUE «SakhNIRO», Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

The stock status and dynamics of both commercial and potentially commercial species of brown algae are considered for different areas of Sakhalin region. There are given the recommendations on rational use of resources. The data on Laminaria stock status and their capture along the coastal Sakhalin and southern Kuril Islands allow us to conclude that currently the brown algae culture is not expedient.

УДК 577.2

МЕЖВИДОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ В СОДЕРЖАНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОТИОНЕИНОВ В ТЕЛЕ МОЛЛЮСКОВ

Е.А. Залуцкая, В.В. Павловская
ФГОУ ВПО «КГТУ», Калининград, Россия

В водохранилищах России одними из массовых видов беспозвоночных являются двустворчатые моллюски. В последние годы они привлекают к себе пристальное внимание исследователей своей массовостью в водохранилищах, исключительно большой способностью заселения гидротехнических сооружений, что создает затруднения для их нормальной эксплуатации. Моллюски имеют большое практическое значение, как в нашей стране, так и за рубежом. Интенсивно проводится изучение различных сторон их биологии, особенно размножения, темпов роста, распределения и пр. К числу недостаточно изученных сторон биологии моллюсков относятся межвидовые различия содержания веществ в теле моллюсков. В данном докладе приведены результаты исследования содержания тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Cd) и металлотионеинов в теле моллюсков разных видов (D. polymorpha, U. pictorum, A. cygnea).

На биоаккумулирование металлов может влиять целый ряд физиологических и экологических факторов. Анализ содержания тяжелых металлов в теле моллюсков разных видов и в воде позволяет выявить особенности организма накапливать тяжелые металлы из окружающей среды (Яп, 2003).

При исследовании моллюсков *D. polymorpha, U. pictorum, A. cygnea* было установлено, что, содержание Zn2+, Cd2+, Cu2+ Pb2+ варьируется от 0,34 до 26,96 мг/кг (таблица).

Содержание Cu, Zn, Pb, Cd в теле моллюсков разных видов (мг/кг сух. массы) и воде (мг/л)

Объект исследования	Zn	Cu	Cd	Pb
Вода оз. Форелевое	0,022 ± 0,008	0,021 ± 0,009	0,0007 ± 0,0002	0,012 ± 0,003
D. polymorpha	37,00 ± 2,94	6,2 ± 1,1	0,27 ± 0,02	0,37 ± 0,14
Вода р. Урал	0,09 ± 0,003	0,005 ± 0,001	0,003 ± 0,001	н/о
U. pictorum	15,86 ± 3,08	0,24 ± 0,08	0,06 ± 0,003	н/о
A. cygnea	9,31 ± 2,4	0,78 ± 0,19	0,17 ± 0,08	н/о

Как видно из таблицы, *D. polymorpha* способна аккумулировать Zn2+ и Cu2+ в максимальных количествах. Моллюски видов *U. pictorum и A. cygnea*, так же как и *D. Polymorpha,* накапливают Zn2+ в наибольших количествах. Однако, содержание Zn2+ в теле *D. polymorpha* выше соответственно в 2 и 4 раза, чем в теле *A. cygnea* и *U. pictorum*, при одинаковом содержании Zn2+ в воде. При более высокой (в 4 раза) концентрации Cu2+ в воде оз. Форелевое, чем в р. Урал, содержание Cu2+ в теле *D. polymorpha* выше соответственно в 8 и 23 раза, чем в теле *U. pictorum* и *A. cygnea*. В то время как при более низкой (в 4 раза) концентрации Cd2+ в воде оз. Форелевое, чем в р. Урал, его содержание в теле *D. polymorpha* выше соответственно в 1,5 и 4,5 раза, чем у *A. cygnea* и *U. pictorum*. В исследуемых пробах воды р. Урал и теле *U. pictorum* и *A. cygnea* Pb2+ обнаружен не был, в то время как при концентрации Pb2+ 0,013 мг/л в воде оз. Форелевое его содержание в теле *D. polymorpha* составило 0,37 мг/кг.

Установлены особенности накопления Zn2+, Cd2+, Cu2+ Pb2+ у моллюсков разных видов, с учетом которого КН расположены в следующий ряд:

- для *D. polymorpha* – КНPb > КНCu > КНCd > КНZn
- для *U. pictorum* – КНCd > КНCu > КНZn
- для *A. cygnea* – КНCd > КНCu > КНZn

По токсичности тяжелые металлы для моллюсков можно расположить в следующий ряд: Cu > Ni > > Cd > Pb > Zn > Al > V > Cr >Se > Fe = Co > Mn > Mg > Mo (Tomasik, 1995).

Существующие межвидовые отличия содержания тяжелых металлов в теле моллюсков связаны с различиями в местах обитания и с неодинаковой способностью видов к их накоплению.

Содержание металлотионеинов в теле моллюсков подвержено сезонным изменениям. У гидробионтов избыток тяжелых металлов переводится в нетоксичную форму особыми цитоплазматическими белками металлотионеинами. Содержание металлотионеинов в биологических объектах используют в качестве показателя загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (Данилин, 2004).

Установлено, что разные виды животных обладают различной способностью синтезировать металлотинеины. Имеются межвидовые различия в содержании белков металлотионеинов меду моллюсками, обитающими в водах с различной соленостью *D. polymorpha*, *U. pictorum* и *A. cygnea*. Удельное содержание металлотионеинов в теле *D. polymorpha* составляет 10,3 мкг/г, в теле *U. pictorum* – 2.5 мкг/г. Не обнаружено существенных отличий в содержании металлотионеинов у *U. pictorum* и *A. cygnea*.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют об отличиях в содержании тяжелых металлов и металлотионеинов в теле моллюсков разных видов, что можно объяснить как экологическим факторами, так и физиолого-биохимическими особенностями видов, характером питания, различием занимаемых экологических ниш и, возможно, разной способностью к активации контролирующих синтез металлотионеинов генов.

Библиографический список

1. *Яп. К.К.* Зависимость между массой мягких тканей, толщиной раковины и накоплением тяжелых металлов (Cd, Cu, Pb, и Zn) у зеленой мидии Perna viridis / К.К. Яп, А.Измаил, С.Г. Тан // Биол. моря. 2003.Т. 29, № 5. С. 358-362.

2. *Tomasik P.* Metal-metal interaction in biological system. Part 4 Freshwater snail Bulinus globnus / P.Tomasik, Ch. M.Magadza, M.Sungano et al. // Water Air Soil Poll.- 1995. – 83, № 1-2.- P. 123-145.

3. *Данилин И.А.* Участие металлотионеинов в формировании ответной реакции растительных и животных клеток на действие γ-излучения и ионов кадмия: Дис. канд. биол. наук/ И.А. Данилин. Обнинск, 2004. 107 с.

INTERSPECIFIC DIFFERENCES IN HEAVY METAL AND METALLOTHIONEIN CONTENT IN SHELLFISH BODY

E.A. Zalutskaya, V.V. Pavlovskaya
Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

Bivalve shellfish is one of the most widely distributed species in Russian water reservoirs. They have drawn special attention of researchers by their wide distribution within water reservoirs, exceptional ability to inhabit hydro technical water intake structures, thus impeding their regular exploitation. Shellfish also have a great practical value both for our country and for foreign countries. There is an intensive study of their biology, esp. reproduction, growth, distribution, etc. Interspecific differences in substance content of shellfish has not yet been studied thoroughly. This report is to present the results of the study of heavy metal (Cu, Zn, Pb, Cd) and metallothionein content in different species of shellfish (D. polymorpha, U. pictorum, A. cygnea).

УДК 595.384.12

ОСОБЕННОСТИ РЕПРОДУКТИВНОГО ПРОЦЕССА У САМЦОВ ТРАВЯНОГО ШРИМСА PANDALUS LATIROSTRIS

В.И. Ковалева
ГОУ ВПО «Владивостокский государственный медицинский университет», Владивосток, Россия

Исследована репродуктивная система самцов травяного шримса Pandalus Latirostris. Гистохимическими методами изучено содержание РНК, белков, полисахаридов и липидов в сперматогенных клетках. Полученные данные по гистохимической организации дополняют сведения о репродуктивной биологии самцов травяного шримса и позволяют определить сроки их полового созревания и нереста.

Креветки являются объектом промысла и обладают высоким содержанием ценных белковых веществ и высокими вкусовыми качествами, поэтому изучение размножения этих животных имеет важное хозяйственное значение. Кроме того, ракообразные довольно широко используются в научных исследованиях для получения данных, имеющих общебиологическое значение. Так, клеточная культура привлекательна как потенциальная модель для изучения вирусов и разработки улучшенных методов диагностики, необходима для индустрии аквакультуры.

Ранее показано, что травяной шримс – протандрический гермафродит. На первом году жизни животные являются неполовозрелыми, на втором функционируют как самцы, в начале третьего года становятся самками. Задачей настоящей работы является изучение цитохимической организации сперматогенных клеток, что может дать информацию о химических изменениях во время спермато- и спермиогенеза травяного шримса *Pandalus latirostris*.

Материалом для исследования служили гонады травяного шримса Pandalus latirostris Rathbun из пролива Старка Японского моря. Гонады фиксировали и проводили по соответствующим методикам (Weibel, 1969). Для определения площади фолликула семенника их проектировали на бумагу через рисовальный аппарат РА-4, зарисовывали на бумаге однородной плотности и вырезали их контуры. Полученные фигуры взвешивали на торзионных весах и определяли величину площади фолликула в квадратных миллиметрах (Хесин, 1967). Полученные данные обрабатывали статистически.

Нами показано, осенью на первом году жизни, креветки достигают размера 40-50 мм. Животные ювенильны, их гонады бисексуальны, в семенниках созревание половых клеток в первый осенний период не происходит, и они подвергаются резорбции, что подготавливает гонады к очередному половому циклу (Ковалёва, 2009).

Зимой на седьмом-восьмом месяце жизни в гонаде самцов начинают развиваться фолликулы. Происходит довольно бурная пролиферация сперматогоний. В апреле средняя площадь фолликулов в семенниках увеличивается до 0,337 мм^2 (рис. 1). Они заполнены сперматогониями, цитоплазма которых содержит много свободных рибосом, округлые и вытянутые митохондрии разбросаны по всей цитоплазме или расположены полярно ядру. Эндоплазматический ретикулум представлен цистернами и каналами гладких мембран, связанных с ядерной оболочкой. Комплекс Гольджи локализуется около ядра и состоит из вытянутых лямел и связанных пузырьков. Цитоплазма хорошо воспринимает красители на РНК, нейтральные и кислые полисахариды, суммарные белки и имеет единичные липидные включения неправильной формы, в ядрах содержатся основные и кислые белки, а крупные глыбки хроматина окрашены на ДНК. Ядрышко содержит РНК и суммарные белки (таблица). Цитоплазматическая мембрана чёткая по всей поверхности клетки.

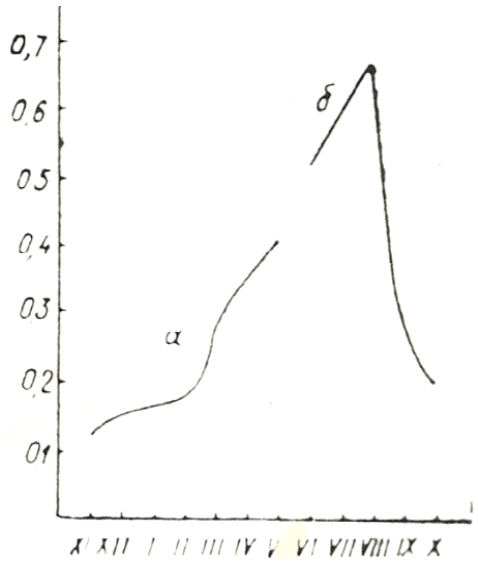


Рис. 1. Изменение площадей зоны роста (а) и зоны формирования (б) в гонадах *Pandalus latirostris* в течение года. По оси абсцисс – мес., по оси ординат- площадь зон роста и формирования, мм^2

Содержание нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов, и липидов в сперматогенных клетках креветки

Клетки	ДНК	РНК	Суммарные белки	Основные белки	Полисахариды		Липиды
					нейтральные	кислые	
Сперматогоний							
ядро	++	+	++	++	+	-	-
ядрышко	-	+++	+++	+	+	-	-
цитоплазма	-	++	++	-	++	++	+
Сперматоцит 1							
ядро	+++	+	+++	+++	-	+	-
ядрышко	-	+++	++	-	+	+	-
цитоплазма	-		+	-	+	++	+
Сперматоцит 2							
ядро	+++	-	+++	+++	-	-	-
ядрышко	-	+	+++	-	-	-	-
цитоплазма	-	+	+	-	-	++	+
Сперматида							
ядро	++++	+	++++	+++	-	+	-
цитоплазма	-	-	++++	+++	-	+	-
Сперматозоид							
ядро	++++	++	++++	-	-		-
акросома	-	-	+	-	-	+++	-

Примечание. + – мало, ++ – умеренно, +++ – много, ++++ – очень много, -- – нет.

В мае фолликулы заполнены сперматоцитами. В них видны различные стадии мейоза среди которых можно часто видеть пахинему и диакинез. Цитоплазма сперматоцитов I содержит большое количество рибосом и митохондрий округлой формы. Эндоплазматический ретикулум значительно развит по сравнению с предыдущей стадией, в основном гладкий, иногда встречаются элементы шероховатой сети. Аппарат Гольджи локализуется около ядерной мембраны. В ядрах возрастает окраска на ДНК, суммарные и основные белки (таблица). Первое мейотическое деление характеризуется высокой синхронностью деления, в результате образуются сперматоциты II, объём которых уменьшается. В цитоплазме присутствуют такие же структуры, как и на предыдущей стадии, уменьшается количество рибосом, преобладает гладкий эндоплазматический ретикулум и округлой формы митохондрии. Перед эквационным делением хромосомы спирализуются и укорачиваются.

После мейотического деления образуются четыре сперматиды с гаплоидными ядрами. Ядра ранних сперматид хорошо воспринимают краситель на ДНК, основные и суммарные белки (рис 2, А). Спермиогенез креветки можно условно разделить на 5 стадий (Ковалёва, 2009). В результате спермиогенеза образуется сперматозоид особого вида без жгутика. Пикообразная акросома длиной 28-32 мкм покрывает бобовидное ядро со слабой ШИК-положительной реакцией. Размеры фолликулов увеличиваются до 0, 67 мм^2, они заполнены зрелыми спермиями, ядра которых хорошо окрашены на ДНК и суммарные белки (рис. 2, Б).

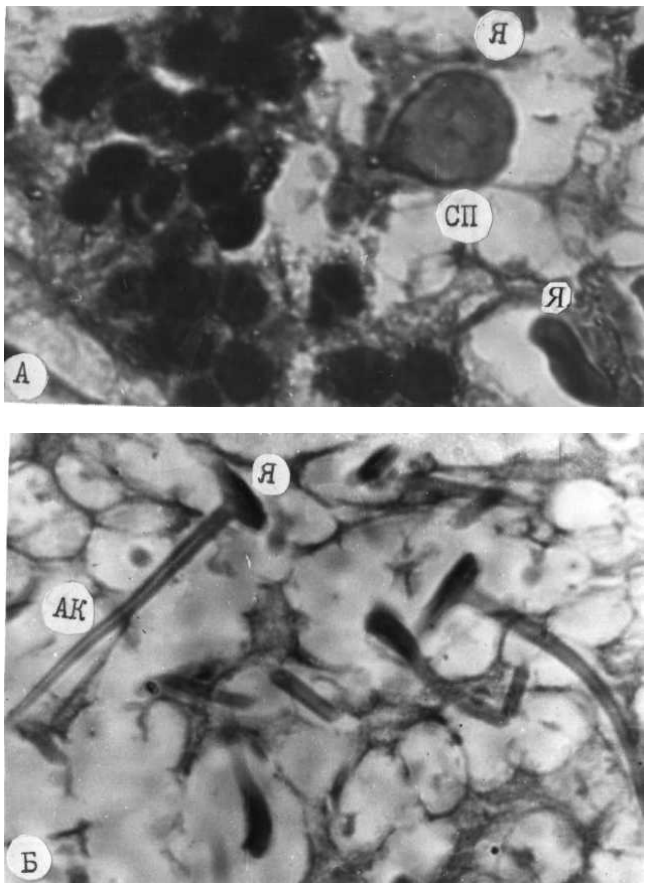


Рис. 2. Суммарные белки в ранних сперматидах и сперматозоидах травяного шримса:
А – в ядрах ранних сперматид; Б – в ядрах сперматозоидов. Окраска прочным зеленым при pH 2,2;
СП – сперматиды; Я – ядро; АК – акросома. Ув.: А – ок.15, об.90; Б – ок.10, об.100

Библиографический список

1. *Хесин Я. Е*. Размеры ядер и функциональное состояние клеток. М.: Медицина, 1967. 343 с.
2. *Weibel G.* Maturational changes in the ovarian lipid speitrum of the pinh shrimp Panaeus diorarum.- Comp.Biochim. and physiol., 1974, v.49, N3, p.511-524.

FEATURES OF REPRODUCTIVE PROCESS AT MAILS GRASSY SHRIMP PANDALUS LATIROSTRIS

V.I. Kovaleva
The Vladivostok State Medical University, Vladivostok, Russia

The reproductive system самцов grassy шримса Pandalus Latirostris. Гистохимическими is investigated by methods is studied maintenance РНК, fibers, полисахаридов and липидов in сперматогенных cells. Obtained data on гистохимической the organizations supplement data on reproductive biology самцов grassy шримса and allow to define terms of their puberty and spawning.

УДК 595.384.12

УЛЬТРАСТРУКТУРНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОВОЦИТОВ ТРАВЯНОГО ШРИМСА PANDALUS LATIROSTRIS

В.И. Ковалева
ГОУ ВПО «Владивостокский государственный медицинский университет», Владивосток, Россия

Электронно-микроскопически изучены овоциты дальневосточной креветки – травяного шримса Pandalus latirostris. Установлено, что цитоплазматические органеллы накапливаются к началу вителлогенеза. В образовании эндогенного желтка принимают участие эндоплазматическая сеть и аппарат Гольджи. Экзогенный желток поступает в овоцит через поры в желточной оболочке путем пиноцитоза.

Ранее нами во вступивших в большой рост овоцитах выделено 4 стадии. Показано, что в овоцитах на I и II стадиях в цитоплазме преобладает синтез РНК, в III – полисахаридов и жиров, в IV – кислых протеинов (Ковалева 1981, Ковалева 2009). В настоящей работе проведено электронно-микроскопическое исследование ооцитов травяного шримса.

Самок травяного шримса отлавливали в проливе Старка и в заливе Японского моря. Гонады фиксировали жидкостью Буэна и заливали в парафин. Срезы окрашивали гематоксилином по Гендейгайну. Для электронно- микроскопического исследования кусочки гонад фиксировали 2,5%-м раствором глутарового альдегида на 0,1 М фосфатном буфере и проводили по соответствующим методикам (Weibel,1969).

Для морфометрического анализа случайным методом отбирали и фотографировали по 20 овоцитов на стадиях превителлогенеза и вителлогенеза при увеличении 100000х. На каждой фотографии определяли объемные плотности митохондрий (V_1), комплексов Гольджи (V_2), глобул белкового желтка (V_3), и липидных глобул (V_4) путем подсчета числа узлов тестовой решетки, попавших на цитоплазму и регистрирующие структуры, и рассчитывали по формуле $V=P_k/Pt$ (Weibel,1969г)$_t$. Полученные данные обрабатывали статически.

На протяжении полового цикла в гонадах креветки имеется резерв овогоний. Их цитоплазма бедна органоидами, содержит крупное овальное ядро с четко контурируемой ядерной оболочкой и одним центрально расположенным ядрышком. Цитоплазма их содержит свободно расположенные и мембранно-связанные рибосомы, единичные митохондрии и вытянутые цистерны эндоплазматического ретикулума.

Превителлогенные овоциты размером от 90 до 300 мкм. Ядро имеет поры, вакуолизированное ядрышко. Вблизи ядерной оболочки цитоплазма содержит плотный волокнисто-гранулированный материал, в цитоплазме нарастает плотность рибосом и эндоплазматического ретикулума. По мере развития эндоплазматического ретикулума от него отделяются мелкие гладко-контурные пузырьки, формирующие элементы комплекса Гольджи (таблица, рисунок А). Митохондрии локализуются в ядерной зоне (рисунок Б). Они имеют овальную или вытянутую форму, обладают матриксом высокой электронной плотности с большим числом поперечно расположенных крист. С увеличением овоцитов до 40 мкм перинуклеарное скопление митохондрий исчезает.

Объемная плотность органелл и включений в цитоплазме ооцитов травяного шримса в период большого роста

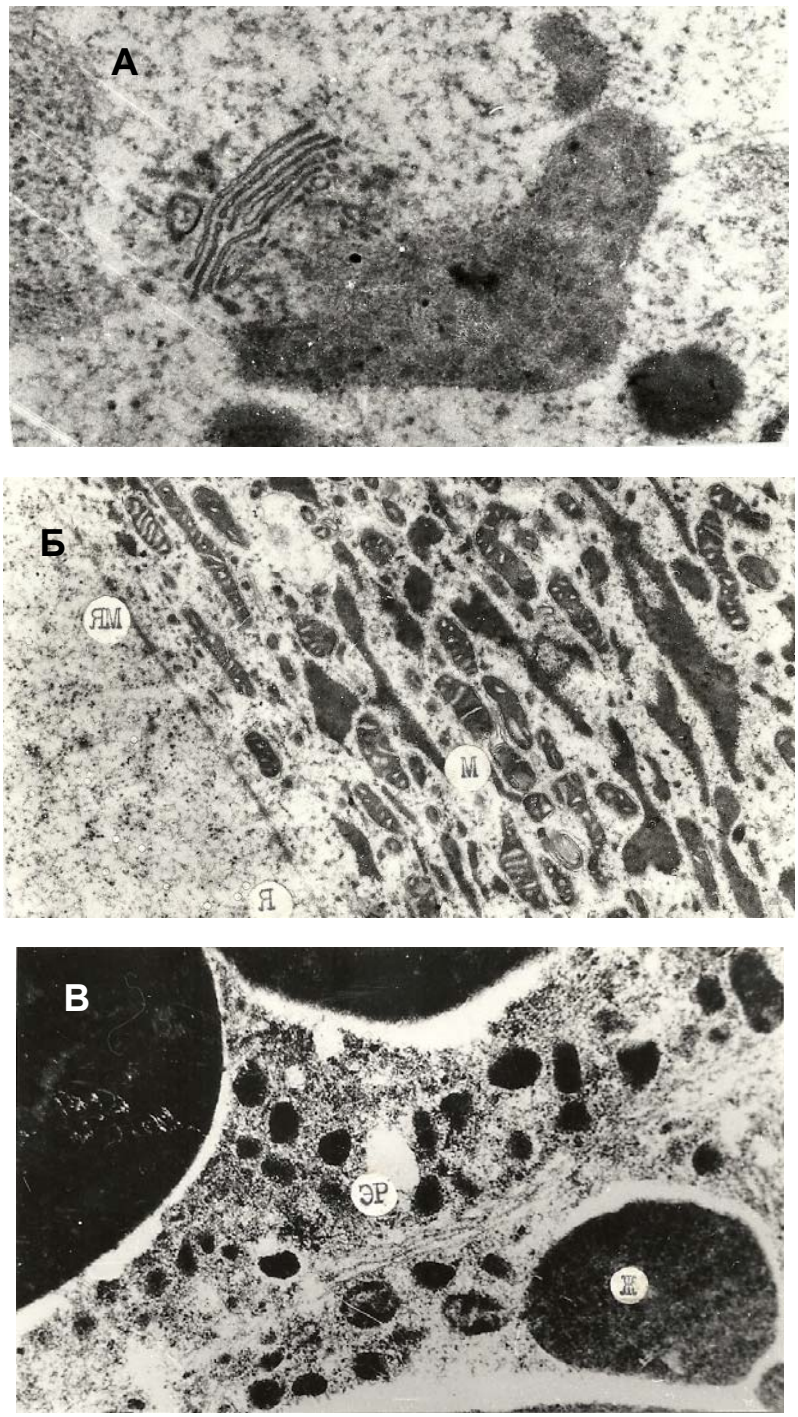
Фаза большого роста	Органеллы	М+м	Р
Превителлогеннез	*Митохондрии*	3,84 + 0,29	
	Комплекс Гольджи	0,94 + 0,23	
	Глобулин жира	2,32 + 0,65	
	Глобулы белкового желтка	5,72 + 0,08	
Вителлогеннез	*Митохондрии*	0,71 + 0,02	0,01
	Комплекс гольджи	0,21 + 0,11	0,01
	Глобулы жира	9,79 + 2,85	0,001
	Глобулы белкового желтка	33,13 + 0,06	0,001

Примечание. Р указывает достоверность различий между превителлогенными и вителлогенными ооцитами.

К началу вителлогенеза овоцит достигает 400-500 мкм. Для этой стадии характерно накопление эндогенного желтка (рисунок В). Элементы желтка с первоначальным диаметром до 1 мкм состоят из гранул, аналогичных по форме и плотности таковым в цистернах эндоплазматического ретикулума. В цитоплазме увеличивается количество липидных глобул. На этой стадии эндоплазматическая мембрана овоцита отделена от фолликулярных клеток узким межклеточным пространством. Постепенно плазматическая мембрана овоцита становится неровной, и на ее поверхности образуются микроворсинки. С увеличением овоцита до 600-700 мкм пространство между половой и фолликулярными клетками расширяется. Яйцевая оболочка, представленная слоем электронно-плотного материала, исчерчена канальцами, содержащими микроворсинки и отростки фолликулярных клеток. Ооцит достигает размера 800 мкм. Количество пиноцитозных пузырьков возрастает; они поступают в цитоплазму, где, сливаясь, формируют электронно-плотные гранулы желтка.

В конце вителлогенеза овоцит перегружен желточными и липидными образованиями, их нет только в перинуклеарной и кортикальной цитоплазме. Активно протекает эндоцитоз. Перед нерестом микроворсинки и отростки фолликулярных клеток исчезают. Фолликулярный эпителий дегенерирует.

Дифференцировка половых клеток травяного шримса сопровождается изменением объемной плотности цитоплазматических органелл и включений. Средняя объемная плотность митохондрий и аппарата Гольджи в период превителлогенеза выше, чем в период вителлогенеза, а средняя объемная плотность глобул белков липидных включений, напротив, больше в период вителлогенеза (см. таблицу).



Ультраструктура овоцитов травяного шримса: А – аппарат Гольджи в цитоплазме в превителлогенных овоцитах; Б – скопление митохондрий вокруг ядра в превителлогенных овоцитах; В – желточные включения в цитоплазме овоцита; ЯМ – ядерная мембрана; М – митохондрии; Я – ядро; ЭР – эндоплазматический ретукулум; Ж – желток

Вителлогенез в овоцитах десятиногих ракообразных подразделяют на первичный, или эндогенный, и вторичный, или экзогенный (Beams, Kessel, 1963). Первичный вителлогенез сопровождается накоплением плотного материала в многочисленных пузырьках эндоплазматического ретикулума. В начале гаметогенеза в овоцитах шримса гранулярный эндоплазматический ретикулум формируется в виде вытянутых цистерн. С началом превителлогенеза ретикулум расходится на пузырьки и цистерны, которые заполняют цитоплазму. К началу синтеза желтка в цитоплазме содержится большое количество митохондрий, развиваются комплекс Гольджи и эндоплазматический ретикулум.

В течение вторичного вителлогенеза происходит синтез желтка в цистернах эндоплазматического ретикулума. Кроме того, из межклеточного пространства в клетку поступает материал посредством пиноцитоза. На поверхности овоцита формируются микроворсинки, в основании которых наблюдается активный пиноцитоз. Пиноцитозные пузырьки участвуют в накоплении желточного материала в овоцитах. Показано, что перед нерестом происходит редукция микроворсинок (Schejeide, Hanrely,1983). Те окаймленные пу-

зырьки, которые содержат микроворсинки, вероятно, сливаются с эндоцитозными пузырьками, содержащими вителлогенин, и таким образом участвуют в формировании желточных включений.

Во время виллогенеза в овоцитах креветки *Pandalus latirostris* заметно активизируется везикулярный элемент аппарата, в полостях которого формируются гранулы эндогенного желтка, а отдельные пузырьки подходят к пиноцитозным вакуолям, содержащим экзогенный желточный материал, и сливаются с ними. Эти данные свидетельствуют о том, что у травяного шримса активное участие в синтезе и формировании желточных гранул принимает комплекс Гольджи.

Есть мнение, что у некоторых ракообразных эндогенные и экзогенные механизмы формирования желточного материала осуществляются одновременно (Dhainaut, De Leersnvder, 1976). Наши данные свидетельствуют в пользу этого предположения.

Библиографический список

1. *Ковалева В.И.* Некоторые особенности экологии роста и продукционного процесса травяного шримса из залива Петра Великого / В.И Ковалева. Природа без границ, Владивосток, 2009. С. 144-146.

2. *Ковалева В.И.* Сезонное изменение репродуктивной биологии травяного шримса Pandalus latirostris // Науч. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток, 2009. С. 40-44.

3. *Beams H.W., Kessel R.G*. 1963 Electron Microscope studies on developing crayfish oocytes, with special reference to the origin of yolk. J. Cell Biol., v. 18, p. 621-649.

4. *Dhainaut A., De Leersnvder M.* 1976a. Etude cytochimique et ultrastructurale de l'evolution ovocytaire du crabe Eriocher sinensis. 1. Ovogenese naturalle. Arch. Biol., v. 87, p. 261-282.

5. *Schjeide O.A.., Harenly L.* 1983 Resorption of microvilli by the maturing oocyte of the stick insect(Caratisium morosus).-Cytobios, v. 38, N 151-152, p. 167-176.

6. *Weibel E.R.* 1969. Stereological principles for morphomentry in electron microscopic cytology.-Int.Rev.Cytol., v. 26, p. 233-302.

ULTRASTRUCTURAL STUDYING OVOCITS GRASSY SHRIMP PANDALUS LATIROSTRIS

V.I. Kovaleva
The Vladivostok State Medical University, Vladivostok, Russia

Электронно-микроскопически are studied ovocits the Far East shrimp – grassy shrimp Pandalus latirostris. It is established, that цитоплазматические органеллы collect to the beginning вителлогенеза. In formation эндогенного a yolk take part эндоплазматическая a network and device Goldzhi. Экзогенный the yolk acts in овоцит through times in желточной to an environment by пиноцитоза.

УДК 597

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПОЛОВЫХ ЖЕЛЕЗАХ ТИХООКЕАНСКОГО ПЕТУШКА RUDITAPES PHILIPINARUM (BIVALVIA: VENERIDAE) В АМУРСКОМ ЗАЛИВЕ ЯПОНСКОГО МОРЯ

С.Е. Лескова, Г.Г. Калинина
ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

Изучен репродуктивный цикл у тихоокеанского петушка Ruditapes philipinarium. Получены данные по гистологической организации и клеточному составу половых желез исследованных моллюсков, которые дополнят сведения о их репродуктивной биологии.

Промысловые моллюски сем. Veneridae привлекают к себе пристальное внимание, поскольку для рационального ведения промысла и воспроизводства необходима информация о характере развития их гонад, сроках нереста и полового созревания. Репродуктивная стратегия тихоокеанского петушка изучена недостаточно полно [1]. Поэтому было проведено гистоморфологическое исследование гонад у самок и самцов тихоокеанского петушка, определены сроки его размножения.

Сбор материала производился в Амурском заливе (Японское море) с глубины 4 м в течение 2008-2009 г. У моллюсков измеряли высоту раковины, общий вес, вес мягких тканей и массу половых желез с точностью до 0,1 г. Пол животных и состояние гонад определяли на постоянных гистологических препаратах, приготовленных по стандартным методикам [2].

Петушок становится половозрелым на первом году жизни. В половой структуре популяции тихоокеанского петушка в Амурском заливе неполовозрелых особей было 24 %. В половозрелой части популяции доминировали самцы (47 %) над самками (29 %). Минимальные размеры по длине раковины у самок составили 28 мм, а максимальные – 48,9 мм, у самцов – 27,8 и 51,5 мм соответственно.

При этом средние размеры самок и самцов составили 18,7 и 39,6 мм соответственно. Средний вес самок и самцов был равен 20,8 и 28,8 г соответственно.

Гонада имеет типичное строение для двустворчатых моллюсков [3]. Гонады помещаются в верхней части ноги и летом, в период накопления половых клеток, просвечивают через ее мышечный слой. В этот период гонады окрашены у самок в розовый, а у самцов – в желтый цвет. Парные половые железы состоят из множества ацинусов, переходящих в ветвящиеся трубочки, которые открываются в тонкие выводные каналы. Гонады имеют гонодукты, которые заканчиваются двумя щелевидными отверстиями. Проходя по гонодуктам, гаметы попадают в мантийную полость и выводятся через сифон [3]. Оплодотворение наружное. Спермии хвостатые. Яйца окружены желточной и студенистой оболочками. Толщина желточной оболочки около 1-2 мкм, толщина студенистой – 10 мкм [3]. Половые продукты выметываются в воду, где происходит оплодотворение, которое может осуществляться на любой стадии процесса созревания до метафазы II. После чего зародыш развивается в стадию трохофоры, велигера и педивелигера, при которой личинка достигает максимальных размеров, имеет функционирующую ногу. На стадии великонха имеется равностворчатая раковина (длина 260-270 мкм). Молодые моллюски имеют глянцевую, окрашенную в желтоватый цвет раковину трехгранной формы.

В июне стенки ацинусов яичников растянуты, в центре много свободнолежащих ооцитов. По периферии значительное количество растущих ооцитов, связанных со стенкой ацинуса широким основанием или тонкой ножкой, и фолликулярных клеток. Вдоль стенок ацинусов сосредоточены большие скопления оогоний. В июле начинается нерест, во время которого некоторые ацинусы частично освобождаются от зрелых ооцитов, другие содержат их в большом количестве. С началом нереста процессы гаметогенеза не затухают, так как в это время присутствуют многочисленные гониальные гнезда и пристеночные ооциты. К концу августа ооцитов, начинающих рост, становится значительно больше, чем в начале лета. Между стенками встречаются амебоциты и клетки с глобулами. У самцов в июне вдоль стенок ацинусов располагаются сперматогонии, ближе к центру – сперматоциты и сперматиды, образующие большие группы, центральная часть ацинусов заполнена спермиями. В июле ацинусы почти целиком заняты спермиями, по периферии в небольшом количестве располагаются сперматогонии, сперматоциты и сперматиды. В августе наблюдается быстрое развитие сперматогенной зоны, становится больше сперматоцитов и сперматид.

В сентябре гонады самок уменьшаются в размерах. Стенки ацинусов спавшиеся и утолщенные. Зрелые гаметы занимают центр ацинусов, здесь же присутствуют многочисленные вспомогательные клетки. К стенке ацинусов прилегают гнезда оогоний и пристеночные ооциты, которые в октябре-ноябре при усиливающихся процессах резорбции подвергаются разрушению. У самцов также, резорбируются гаметы, оставшиеся после нереста, и сперматогонии.

Зимой наряду с затухающей резорбцией в яичниках идут размножение и рост гамет. Гнезда оогоний содержат большое количество клеток. В январе-феврале у самцов процессы резорбции затухают, в центре ацинусов присутствуют клетки, содержащие крупные глобулы. Небольшие группы гониев занимают пристеночное положение.

Весной, в апреле процессы гаметогенеза активизируются. В яичниках находятся гнезда оогоний и ооциты, широким основанием связанные со стенкой ацинуса. В мае гонады значительно увеличиваются в объеме. В центре появляются свободнолежащие ооциты. Гониальные гнезда располагаются вдоль стенок ацинусов. У самцов гонады также увеличены, ацинусы заполнены сперматогониями. В апреле активизируются процессы гаметогенеза. В апреле-мае часть самцов имеет гонады с большими группами делящихся сперматоцитов и сперматид. В центре ацинусов располагаются спермии. У некоторых самцов гонады почти целиком заполнены гониями.

Таким образом, о репродуктивном цикле петушка можно сказать следующее. Нерест начинается в июле при температуре 18-20 °С. Во время нереста гонады сильно увеличены, ацинусы, заполненные зрелыми гаметами, опустошаются. В это время вдоль стенок гонады находится большое число гониальных гнезд. Осенью резорбция затрагивает и зрелые гаметы, оставшиеся после нереста, и развивающиеся клетки. Зимой происходит накопление гониев и развитие новой генерации половых клеток, которое завершается значительным увеличением размеров гонады и созреванием большого числа гамет, заполняющих ацинусы. В репродуктивном цикле петушка выделяют: период нереста – в июле-августе, период посленерестовой перестройки – в сентябре-декабре и период гаметогенеза – в январе-июне с преобладанием пролиферативных процессов до апреля и процессов дифференциации – в мае-июне.

Результаты проведенного исследования могут быть использованы не только для познания репродуктивной биологии данного моллюска, а также для развития прибрежного рыболовства и культивирования.

Библиографический список

1. *Понуровский С.К., Яковлев Ю.М.* Половая структура и репродуктивный цикл рудитапеса филиппинского Ruditapes philippinarum (Bivalvia: Veneridae) в заливе Восток Японского моря / Цитология, биохимия и физиология морских организмов. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 96-101.

2. *Волкова О.В., Елецкий Ю.К.* Основы гистологии с гистологической техникой. М.: Медицина, 1989. 363 с.

3. *Касьянов В.Л., Медведева Л.А., Яковлев Ю.М., Яковлев С.Н.* Размножение иглокожих и двустворчатых моллюсков. М.: Наука, 1980. 204 с.

SEASONAL CHANGES IN THE RUDITAPES PHILIPINARUM (BIVALVIA: VENERIDAE) SEX GLANDS

S.E. Leskova, G.G. Kalinina
Far-Eastern State Technical Fishery University (Dalrybvtuz), Vladivostok, Russia

Reproductive cycle of Ruditapes philipinarium was study. The data about histological organization and gonads cell composition of mollusks, which were research, were receive which complete information about their reproductive biology.

OPTIMIZATION OF CULTURING THE FRESHWATER PEARL MUSSELS, *HYRIOPSIS CUMINGII* WITH FILTER FEEDING CHINESE CARPS (BIGHEAD CARP AND SILVER CARP) BY ORTHOGONAL ARRAY DESIGN

L. Yan*, G. Zhang, Q. Liu*, J. Li***
* College of Fishery and Life Science, Shanghai Fisheries University, Shanghai, China;
** School of Biological Engineering, Jinhua Vocational Technological College,
Jinhua, Zhejiang Province, China

Summary: Traditional pearl culture needs frequent fertilization with organic materials to cultivate phytoplankton for the crops, consequently resulting in high loads of nutrients and the frequent outbreak of harmful algal blooms (esp., cyanobacterial bloom) in the mussel ponds, increasing the risk of pollution to the surrounding environment by aquaculture effluents, which is becoming an obstacle to the sustainable development of this industry. The orthogonal array design of OA_9 (3^4) was used to evaluate the effects of 4 factors, (namely, A, the two-carp ratio between silver carp Hypophthalmichthys molitrix and bighead carp Aristichthys nobilis co-cultured in the mussel pond; B, stocking densities of silver and bighead carps; C, density of pearl mussels; and D, fertilization intensity) on survival rate, growth of mussels and water quality from July 22 to December 8, 2007. The objectives of this study were: 1) to determine what factors might have more significant effects on the survival rate, growth of mussels and water quality; 2) to obtain an optimum level of each tested factor; and 3) to determine a best combination of the 4 tested factors to be used as an improved technology to upgrade the traditional freshwater pearl culture. The results showed: 1) factor A and B at the tested levels had even more influences on the growth of the mussels than factor C and D; 2) factor A had significant effects on the growth of shell length of the mussels ($P<0.05$), with a significant difference observed between level 1 and level 3 ($P<0.05$); while other factors had no such significant effects ($P>0.05$); 3) Factor D had significant effects on COD ($P<0.05$), with a significant difference occurred between level 1 or 2 and level 3; while it had no significant effects on other water quality parameters, and the other 3 factors had no significant effects on all parameters of water quality ($P>0.05$); 4) the four factors at the tested levels had no significant effects on both the survival rate and the growth of shell width of the mussels ($P>0.05$); 5) The best combination for the four factors with the optimal levels was $A_1B_2C_1D_1$, which could not only improve the growth of mussels, but also the water quality, i.e., the optimized technology for pearl mussel culture was to culture the pearl mussels with the two carp ratio of 3/7, fish density of 0.15 ind./m^2, mussel density at 1.5 ind./m^2 and fertilization intensity of 3.5 g/ m^2.

1. Introduction

China has not only a long history of pearl culture, but is also the largest freshwater pearl producer in the world, with a total culture area of over 56,700 ha, and an annual production of over 1,200 mt (or 3 billion RMB in value), which accounts for over 90% of the world's total, and provides employment for more than 0.4 million people in 2004 (Zhang, 2004; Zhang and Zhang, 2004; Zhang, 2007). Pearl culture has played an important role in China's freshwater aquaculture.

China has diverse species of freshwater mussels, with at least 140 species under the family Unionidae alone (Liu, et al., 1979); however, only two of them (i.e., *Hyriopsis cumingii* and *Cristaria plicata*) have been successfully used for freshwater pearl production, of which *Hyriopsis cumingii* plays an even more important part and contributes over 95 % of China's total freshwater pearl production (Li et al., 2005). As a filter-feeder or suspension feeder, *Hyriopsis cumingii* feeds mainly on phytoplankton and organic detritus through the filtration of gills. The pearl mussels have shifted their niches from the benthos in natural waters to the water column in cultured ponds, where they have often been hung in the upper layer (about 50 cm below the water surface) of the water column with net bags, thus phytoplankton available becomes even more important food sources for them. In order to produce sufficient food algae to support the sustainable growth of pearl mussels, frequent fertilization with manure or animal wastes are needed and become the common practice of the culture technology. However, the disadvantages of this pearl farming technology are also obvious: 1) pond water is often heavily loaded with high concentration of nutrients (e.g., N and P) and high COD that resulted

from frequent fertilization, which are potential pollution sources to the surrounding environment; 2) high loading of nutrients often leads to the frequent occurrence of algal blooms (especially cyanobacterial blooms), which further causes a high pH and a large fluctuation of DO in mussel ponds; 3) the phytoplankton assemblage cultivated by this method is often dominated by mussel-inedible cyanobacteria (such as microsystis etc.) due to the enrichment of nutrients, and 4) poor water quality and unpalatable algae impact the growth of mussels, which further impact the quality of pearls, etc. Thus it is critical of the sustainable development of the pearl culture to improve both water quality and the palatability of algae

In this study, we tested 4 factors that were considered as most likely to affect both the growth of pearl mussels and water quality. The four factors we chose were A, two carp ratio (silver vs. bighead carps) co-cultured in pearl mussel ponds; B, density of the two bigheaded carps, or briefly, hereafter called the fish density; C, mussel density and D, fertilization intensity. Silver and bighead carps are two important filter feeders widely used to eliminate the over-growing of algae in nutrient-rich lakes or ponds in China and some other countries (Smith, 1985; Burke et al., 1986; Xie and Liu, 2001). The two carps have traditionally been considered as competitors to the pearl mussels due to their filter feeding habits, thus are avoid of being stocked into the mussel ponds by pearl farmers. However, many studies have showed that the phytoplankton community could be changed from large sized (such as colony of blue-green algae) to small sized in waters stocked with silver and bighead carps (e. g. Xie, 2001; Mueller et al., 2004) while an opposite effects would be observed when stocked with mussels (Mueller et al., 2004), which not only indicated a possible niche differentiation between the filter feeding carps and the freshwater pearl mussels, but also implied that stocking silver carp/bighead carp in mussel ponds might be able to improve food quality for the mussels through the grazing effects of the two carps on phytoplankton composition and eventually promote the growth of mussels. Our recent study (unpublished) also showed the significant difference of the sizes of the filtering apparatus between the carps and mussels, evidence for the possible niche differentiation between the carps and the mussel.

Besides, the mussel density and fertilization intensity were two of the factors that would affect the availability or the production of phytoplankton. So in order to obtain an improved technology for pearl culture, it is necessary to aquire an optimal level of either the mussel density or fertilization intensity.

In this study, four factors with three levels each were designed for their effects to be investigated on survival rate, growth of shell length and shell width of the pearl mussels and on the water quality with orthogonal array design. The orthogonal array design is a useful statistical tool for multi-factor analysis, it providing us with useful and sufficient information obtained from the designated experiments, reflecting general condition with the least experimental trials and finding the dominant factors and the best combination of levels for them, enhancing the reproducibility of the experimental results (Montgomery, 1991; Zheng and Jiang, 2003). The objectives of this study were: 1) to determine which factors might have more significant effects than the others on the survival rate, growth of mussels and water quality; 2) to obtain an optimum level of each tested factor; and 3) to determine a best combination of the 4 tested factors to be used as an improved technology to upgrade the traditional freshwater pearl culture.

2. Materials and methods

2.1 Experimental animals

Hyriopsis cumingii of 1 year old with tissue transplanted were obtained from a pearl farm of Yiwu City, Zhejiang Province, People's Republic of China, which is about 50 km away from where the experiment pond is located. The mussels were transported to the experimental pond with no water by truck, quarantined and acclimated for about 24 hrs before they were used.

Fingerlings of silver and bighead carps (weighing 200g and 225g respectively) were produced locally by Weiwang fishery Company, Jinhua, Zhejiang Province, China, the co-operated company of the project.

2.2 Experimental design

4 variables (factors) with 3 levels each were set up in this study (see table 1). An orthogonal array table was designed accordingly. The interaction may exist among the four factors, so the orthogonal array matrix should include the interaction column. Both of the two orthogonal array table OA_9 (3^4) and OA_{27} (3^{13}) could arrange 4 variables with 3 levels each and have interaction column, while the number of trials of OA_{27} (3^{13}) was three times larger than that of OA_9 (3^4). We chose OA_9 (3^4) for the experiment to reduce workload, while it could arrange both the four factors with their levels and the interactions between factors if they exist. In this case, the interaction between any two factors was included in the other two columns (Cai and Yue, 2004). At least nine experimental trials (with no replicates) should be done according to the orthogonal array design of OA_9 (3^4).

Table 1

Factors and levels for investigating the effects of four factors (two-carp ratio, fish density, mussel density and fertilization intensity) on survival rate, growth of freshwater pearl mussels and water quality

Level	Factor			
	A two-carp ratio (S/B)[1]	B fish density (fish/m^2)	C mussel density (mussel/m^2)	D fertilization intensity (g/ m^2)
1	3/7	0.05	1.5	3.5
2	5/5	0.15	2.25	7
3	7/3	0.3	3	21

S/B[1]: silver carp VS. bighead carp

2.3 Enclosure construction and experiment procedure

9 rectangular enclosures were set up in a pond of 0.64 hm^2 to carry out the 9 experimental trials. Enclosures were constructed with wooded frame and walled with waterproofed plastic cloth to separate the water from each other and from the outside water of the pond, with an area of 203.5 m^2 (18.5 m×11 m) each.

Water was pumped into the experiment pond from a nearby mussel pond and then entered into each enclosure through the aperture opened at the bottom of one wall of each enclosure before the experiment started. The surrounding waterproofed cloth of each enclosure was raised along with the rise of water level and it was raised to the maximum height of 2.5 m when the water depth reached 2.0 m.

The freshwater pearl mussels were hung in the water column, 50 cm below the water surface by net-bags (40 cm × 29 cm), with 4 mussels in each bag on June 8, 2007. Silver and bighead carps were stocked into the enclosures according to the orthogonal array design on July 4, 2007. The enclosures were fertilized with a commercial compound fertilizer "Feishuibao" (TN 8.0 %, TP 5.0 %, made in Heilongjiang, China) once per week after the first fertilization on July 20.

There was no water exchange during the experiment except for the limited addition of water to compensate the evaporation loss or discharge of water in the rainy season to prevent flooding and to keep the water level stable in enclosures. The period from Aug. 5 to Sep. 23 during the experiment was a rainy season. Water temperature varied from 11 ºC to 37 ºC during the experiment.

2.4 Growth measurement of mussels and calculation

Thirty freshwater pearl mussels in each enclosure were collected randomly and marked from one to thirty, and cleaned of epibionts. The shell length (the largest distance between the front and the back of mussel) and shell width (the largest distance between the hinges) were measured with vernier caliper on the day of Jul. 22, Sep. 6, Oct. 12 and Dec. 8, respectively (to the nearest 0.1 mm).

Pond water was drained as soon as the experiment finished, the shell length and shell width of the thirty mussels marked in each enclosure were measured, and the survival and growth rate were then calculated.

Survival rate of mussels = 100 × (the number of mussels at the end of experiment/the number at the beginning)

Absolute growth rate (cm/d) = (the shell length or shell width at the end - the shell length or shell width at the beginning)/days;

Relative growth rate (%/d) =100 × [(the shell length or shell width at the end - the shell length or shell width at the beginning)/(the shell length or shell width at the beginning)]/days;

Average growth rate (%/M) = 100 ×($\log_{10}X_n$ - $\log_{10}X_1$)/n-1, X_n - the shell length or shell width at the end; X_1-the shell length or shell width at the beginning; n-experiment months;

2.5 Determination of water quality parameters

Water samples were taken biweekly from 9 enclosures in order to analyze water quality parameters such as TN, TP, NH_3-N, NO_3^--N, NO_2^--N, COD, DO, SD and $_P$H. Water temperature, DO (by YSI 58 DO meter), pH (by FG2-Fivego^{TM}) and SD transparency (by Secchi disk) were determined *in situ* while other parameters were analyzed in laboratory according to the China national standards for testing surface and ground water and for waste waters (GBCNEP, 2006).

2.6 Statistical analysis

The importance of the four factors to the survival rate, growth of mussels and water quality were evaluated through the calculation of ranges (R) (the difference between the maximal and minimal means of survival rate or relative growth of shell length and/or shell width of mussels or water quality parameters within the three levels of each factor). Analysis of variance (ANOVA) was performed to test the significance of the effects of the four factors on survival, growth of mussels and water quality. Finally, differences between means of different levels were analyzed by means of LSD (Least Significant Difference) multiple comparison. The level of significance was set at $P<0.05$. All statistical analysis was run by SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) V.14.0.

3. Results

3.1 Survival rate

The survival rates of mussels in nine enclosures were from 94.98 % to 100 %, the highest survival rates (100 %) were found in enclosures No. 1, 5, 6 and 8, and the lowest (94.98 %) in enclosure No. 4 (Table 2).

The ranges of survival rates of the four factors varied from 1.44% to 2.04 %, the largest range was found in mussel densities (Factor C) and the smallest in two-carp ratio (Factor A). The sequence of importance of the factors for survival rate was C (mussel density) > D (fertilization intensity) > B (fish density) > A (two-carp ratio). The best combination of factors and levels for highest survival were $A_3B_3C_1D_1$ (Table 2). Analysis of variance showed, however, that the effects of the four factors on the survival rates of mussels were not significant (Table 3).

3.2 Mussel growth in shell length and shell width

The shell length and shell width of the pearl mussels at the end of the experiment were from 10.42 cm to 12.14 cm and from 2.37 cm to 2.93 cm, respectively. The mussels in enclosures No. 1 and 5 had the maximum end shell length and shell width, followed by those in enclosures No. 3, 2 and 4. The mussels in enclosures No.7 had the smallest end shell length and shell width (Table 4).

Table 2

Layout of the OA_9 (3^4) matrix and results of analyses on the effects of 4 factors on survival rate

Trial No.	A two-carp ratio (S/B)1	B fish density (fish / m2)	C mussel density (mussel / m2)	D fertilization intensity(g/m2)	survival rate(%)
1	1(3/7)	1(0.05)	1(1.5)	1(3.5)	100.00
2	1	2(0.15)	2(2.25)	2(7)	99.13
3	1	3(0.3)	3(3)	3(21)	99.51
4	2(5/5)	1	2	3	94.98
5	2	2	3	1	100.00
6	2	3	1	2	100.00
7	3(7/3)	1	3	2	99.51
8	3	2	1	3	100.00
9	3	3	2	1	99.78
Mean of survival rate at each level					
K1	99.55	98.16	100.00	99.93	
K2	98.33	99.71	97.96	99.55	
K3	99.76	99.76	99.67	98.16	
Optimal level	3	3	1	1	
R	1.44	1.60	2.04	1.76	
Sequence	4	3	1	2	

S/B = silver carp/big head; K_1, K_2 and K_3=means of the relative growth of shell length at levels 1, 2 and 3.

Table 3

The result of ANOVA of four tested factors on survival rates of mussels
Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: survival rate

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	17.301(a)	6	2.884	1.602	.433
Intercept	88587.585	1	88587.585	49224.137	.000
B	4.955	2	2.478	1.377	.421
C	7.179	2	3.589	1.994	.334
D	5.167	2	2.584	1.436	.411
Error	3.599	2	1.800		
Total	88608.486	9			
Corrected Total	20.901	8			

a R Squared = .828 (Adjusted R Squared = .311)
B: fish density; C: mussel density D: fertilization intensity

Table 4

Shell length and shell width of the freshwater pearl mussels in enclosures during the experiment (Mean±SD)

Trial No.	Shell length(cm)		Shell width(cm)	
	22 Jul	8 Dec	22 Jul	8 Dec
1	9.90±0.87	12.14±1.02	2.14±0.19	2.70±0.23
2	9.42±0.50	11.58±0.90	2.04±0.12	2.55±0.08
3	9.60±0.95	11.78±0.89	2.09±0.22	2.63±0.06
4	10.37±0.70	11.55±0.78	2.26±0.25	2.64±0.24
5	9.83±0.78	11.88±0.32	2.20±0.15	2.93±0.49
6	9.33±0.74	11.33±0.69	1.93±0.20	2.45±0.27
7	9.77±1.32	10.42±1.27	2.05±0.39	2.37±0.42
8	9.77±0.31	11.33±0.60	2.11±0.24	2.63±0.36
9	9.87±0.62	11.17±0.56	2.13±0.14	2.56±0.14

Among the nine experimental enclosures, the mussels from enclosures No.1 to 3 had larger growth rates both in shell length and shell width than mussels in the other enclosures, and mussels in No.3 had the highest shell length growth with a relative growth rate of 0.168 %/d. They all belonged to level 1 of two-carp ratio (i.e., the silver carp vs. bighead ratio of 3/7). Enclosures No. 4, 7 and 9 had smaller relative growth rates of shell length and No. 7 and 9 belonged to level 3 of two-carp ratio (i.e., the silver carp vs. bighead ratio of 7/3). Mussels in No.7 had the smallest relative growth rate (0.050 %/d) of shell length. The largest relative growth rate in shell width was found in enclosure No. 5 (0.242 %/d), followed by in enclosures No. 3, 6, 1, and 2. The smallest was found in No. 7 (0.115 %/d) (Table 5).

Table 5

Absolute, relative and average growth rates in shell length and shell width of freshwater pearl mussels in enclosures during the experiment

Trial No.	Shell length			Shell width		
	(cm/d)	(%/d)	(%/M)	(cm/d)	(%/d)	(%/M)
1	0.016 ± 0.004	0.165 ± 0.050	1.775 ±0.477	0.004 ± 0.001	0.190 ± 0.039	2.013 ± 0.369
2	0.016 ± 0.004	0.166 ± 0.046	1.787 ±0.477	0.004 ± 0.001	0.182 ± 0.046	1.940 ± 0.430
3	0.016 ± 0.004	0.168 ± 0.050	1.798 ±0.487	0.004 ± 0.001	0.195 ± 0.089	2.043 ± 0.797
4	0.009 ± 0.002	0.083 ± 0.022	0.939 ±0.239	0.003 ± 0.001	0.124 ± 0.029	1.373 ± 0.303
5	0.015 ± 0.004	0.154 ± 0.052	1.664 ±0.529	0.005 ± 0.003	0.242 ± 0.150	2.428 ± 1.237
6	0.014 ± 0.002	0.156 ± 0.030	1.689 ±0.294	0.004 ± 0.001	0.194 ± 0.051	2.052 ± 0.473
7	0.005 ± 0.001	0.050 ± 0.019	0.573 ±0.205	0.002 ± 0.001	0.115 ± 0.046	1.264 ± 0.470
8	0.011 ± 0.004	0.116 ± 0.042	1.279 ±0.430	0.004 ± 0.001	0.176 ± 0.038	1.883 ± 0.354
9	0.009 ± 0.002	0.096 ± 0.020	1.080 ±0.209	0.003 ± 0.001	0.146 ± 0.045	1.581 ± 0.452

According to the ranges calculated (Table 6 and 7), the sequence of importance of the four factors to the growth of shell length and shell width were A (two-carp ratio, silver carp vs. bighead) > B (fish density) > C (mussel density) > D (fertilization intensity) and B (fish density) > A (two-carp ratio, silver carp vs. bighead) > C (mussel density) > D (fertilization intensity), respectively. The optimal combinations of levels and factors were $A_1B_2C_1D_1$ for the largest growth of both shell length and shell width (Table 6 and Table 7).

Table 6

Results of the effects of four tested factors on relative growth rate of shell length of the pearl mussels

Trial No.	A two-carp ratio (S/B)[1]	B fish density (fish / m^2)	C mussel density (mussel / m^2)	D fertilization intensity(g/m^2)	Relative shell length growth rate (%/d)
1	1(3/7)	1(0.05)	1(1.5)	1(3.5)	0.165
2	1	2(0.15)	2(2.25)	2(7)	0.166
3	1	3(0.3)	3(3)	3(21)	0.168
4	2(5/5)	1	2	3	0.083
5	2	2	3	1	0.154
6	2	3	1	2	0.156
7	3(7/3)	1	3	2	0.050
8	3	2	1	3	0.116
9	3	3	2	1	0.096
Mean of shell length growth rate at each level					
K_1	0.166	0.099	0.146	0.138	
K_2	0.131	0.145	0.115	0.124	
K_3	0.087	0.140	0.124	0.122	
Optimal level	1	2	1	1	
R	0.079	0.046	0.031	0.016	
Sequence	1	2	3	4	

S/B[1]: silver carp VS. bighead carp

K_1, K_2 and K_3=means of the relative growth of shell length at levels 1, 2 and 3, respectively.

In this study, we set up neither any replicates, nor an independent column in the orthogonal array table, so it's difficult to estimate the sum of square of error term (SSe). However, according to Zhang and Yan (2001), the factor that has the smallest sum of square can be taken as error term in testing the significance of effects of the main factors. In our study, it was found that Factor D (fertilization intensity) had the smallest value of the sum of square (Table 8 and 9), thus SSD was used as the SSe for the test of significance. From Table 8 and 9, it could be seen that the effect of the two-carp ratio was significant on relative growth of shell length ($P<0.05$), while the effects of the other factors were not significant. Besides, no significant effect of the four factors on relative growth of shell width was observed, and no significant effects of interaction between factors were found on growth of mussels.

Table 7

Results of the effects of four tested factors on relative growth rate of shell width of mussels

Trial No.	A two-carp ratio (S/B)1	B fish density (fish / m2)	C mussel density (mussel / m2)	D fertilization intensity(g/ m2)	Relative shell width growth rate (%/d)
1	1(3/7)	1(0.05)	1(1.5)	1(3.5)	0.190
2	1	2(0.15)	2(2.25)	2(7)	0.182
3	1	3(0.3)	3(3)	3(21)	0.195
4	2(5/5)	1	2	3	0.124
5	2	2	3	1	0.242
6	2	3	1	2	0.194
7	3(7/3)	1	3	2	0.115
8	3	2	1	3	0.176
9	3	3	2	1	0.146
Mean of shell width growth rate at each level					
K1	0.189	0.143	0.187	0.193	
K2	0.187	0.200	0.151	0.164	
K3	0.146	0.178	0.184	0.165	
Optimal level	1	2	1	1	
R	0.043	0.057	0.036	0.029	
Sequence	2	1	3	4	

S/B^1: silver carp VS. bighead carp.

K_1, K_2 and K_3=means of the relative growth of shell length at levels 1, 2 and 3, respectively.

Table 8

The result of ANOVA of multi-factors on relative growth rate of shell length

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.015(a)	6	.002	10.545	.089
Intercept	.148	1	.148	637.490	.002
A	.009	2	.005	20.241	.047
B	.004	2	.002	8.182	.109
C	.001	2	.001	3.212	.237
Error	.000	2	.000		
Total	.163	9			
Corrected Total	.015	8			

a R Squared = .969 (Adjusted R Squared = .877)

A: two-carp ratio; B: fish density; C: mussel density

Through LSD multiple comparison, it was obsered that the difference was significant of the relative growth rates of shell length between level 1 and level 3 of the two carp ratio ($P<0.05$), while no significant difference was found between levels of other factors ($P>0.05$) (Table 10).

Table 9

The result of ANOVA of multi-factors on relative growth rate of shell width

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SW

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.011(a)	6	.002	2.269	.337
Intercept	.272	1	.272	337.999	.003
A	.004	2	.002	2.216	.311
B	.005	2	.002	3.088	.245
C	.002	2	.001	1.501	.400
Error	.002	2	.001		
Total	.284	9			
Corrected Total	.013	8			

a R Squared = .872 (Adjusted R Squared = .488)

A: two-carp ratio ; B: fish density; C: mussel density

Table 10

Results of Multiple Comparisons by LSD-test of effects of three levels of the tested factors on relative growth rate of shell length

Multiple Comparisons (LSD)

Dependent Variable: relative growth rate of shell length

(a) Factor A, two carp ratio.

(I) A	(J) A	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	.03533	.012439	.105	-.01819	.08886
	3	.07900(*)	.012439	.024	.02548	.13252
2	1	-.03533	.012439	.105	-.08886	.01819
3	.04367	.012439	.072	-.00986	.09719	
3	1	-.07900(*)	.012439	.024	-.13252	-.02548
	2	-.04367	.012439	.072	-.09719	.00986

Based on observed means.

The mean difference is significant at the .05 level.

(b) Factor B, fish density.

(I) B	(J) B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.04600	.012439	.066	-.09952	.00752
	3	-.04067	.012439	.082	-.09419	.01286
2	1	.04600	.012439	.066	-.00752	.09952
3	.00533	.012439	.710	-.04819	.05886	
3	1	.04067	.012439	.082	-.01286	.09419
	2	-.00533	.012439	.710	-.05886	.04819

Based on observed means.

(c) Factor C, mussel density.

(I) C	(J) C	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	.03067	.012439	.133	-.02286	.08419
	3	.02167	.012439	.224	-.03186	.07519
2	1	-.03067	.012439	.133	-.08419	.02286
3	-.00900	.012439	.545	-.06252	.04452	
3	1	-.02167	.012439	.224	-.07519	.03186
	2	.00900	.012439	.545	-.04452	.06252

Based on observed means.

3.3 Water quality in the different enclosures

The means of the various water quality parameters during the whole experiment period were listed in Table 11, from which, it could be seen that the differences of the means of the same parameter were not significant from each other. However, in general, it was considered that enclosure no. 5 had better water quality with higher DO and SD, and lower COD, nitrogen and phosphorus compared with the other enclosures (Table 11).

Table 11

Means of the main water quality parameters in enclosures during the experiment

Trial No.	DO (mg/L)	SD (cm)	pH	COD (mg/L)	NO2--N (mg/L)	NO3--N (mg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)	NH3-N (mg/L)
1	7.25 ±1.06	31.92 ±11.25	7.46 ±1.08	6.453 ±2.066	0.054 ±0.031	0.68 ±0.32	0.046 ±0.021	6.97 ±1.53	0.323 ±0.212
2	7.00 ±0.85	26.08± 7.57	8.00 ±0.77	6.442 ±2.311	0.055 ±0.029	0.8 ±0.31	0.048 ±0.021	7.05 ±1.77	0.431 ±0.259
3	6.83 ±1.19	29.00 ±5.97	7.88 ±0.57	6.693 ±2.211	0.090 ±0.038	1.08 ±0.51	0.057 ±0.029	7.46 ±2.05	0.473 ±0.307
4	7.33 ±0.78	24.75 ±4.37	8.00 ±0.67	7.133 ±2.213	0.118 ±0.057	0.99 ±0.64	0.059 ±0.028	6.97 ±1.18	0.526 ±0.323
5	7.42 ±1.24	32.17 ±9.49	7.79 ±0.33	5.651 ±1.775	0.059 ±0.028	0.67 ±0.30	0.042 ±0.019	6.52 ±1.37	0.358 ±0.225
6	7.00 ±1.54	32.17 ±8.91	7.96 ±0.50	6.318 ±1.713	0.065 ±0.016	0.90 ±0.78	0.040 ±0.016	6.52 ±1.66	0.361 ±0.211
7	7.42 ±1.38	32.75 ±12..77	7.67 ±0.44	6.101 ±2.120	0.138 ±0.106	1.40 ±0.80	0.046 ±0.020	6.64 ±1.30	0.539 ±0.463
8	7.08 ±1.16	29.17 ±3.90	8.00 ±0.52	6.738 ±1.658	0.093 ±0.051	1.09 ±0.60	0.046 ±0.021	6.70 ±1.50	0.51 ±0.365
9	7.50 ±0.90	29.00 ±7.43	7.75 ±0.45	6.439 ±2.414	0.052 ±0.022	0.73 ±0.31	0.046 ±0.022	5.89 ±1.10	0.377 ±0.223

Among the three levels of each factor, the optimal level for water quality was determined as the level with which the enclosures had the highest mean of SD or DO, or the lowest mean of TN, TP, ammonia, nitrite, nitrate or COD, and the overall optimal level of each factor was thus determined according to the frequency of occurrence of the level on all water quality parameters, i.e., the most frequent occurrence of the level was defined as the overall optimal level of each factor. Table 12 showed the optimal levels of factors on each of the water quality parameters, from which, we could see that level 1 of two-carp ratio (3/7), level 2 of fish density (0.15 ind./m^2), level 2 of mussels density (2.25 ind./m^2) and level 1 of fertilization intensity (3.5 g/m^2) were all the most frequent levels that occurred, thus were considered as the best levels of each factor. $A_1B_2C_2D_1$ thus formed the optimal combination, which could yield best water quality and optimal growth of the mussels.

The results of ANOVA showed that fertilization intensity had significant effect on COD ($P<0.05$) (Table 13), and it could be seen through the multiple comparison (by LSD) that COD in enclosures with level 3 of fertilization intensity were significantly higher than that with lower fertilization intensity (level 1 or 2), while no significant difference of COD was observed between level 1 and level 2. In addition, COD in enclosures with level 2 of Factor C (mussel density) was also significantly different from those with level 3 ($P<0.05$) with COD in enclosures of level 2 (lower mussel density) significantly higher than that of level 3 (higher mussel density) (Table 14). No significant effects were observed of the four factors on other water quality parameters ($P>0.05$).

4. Discussion

Survival rates of mussels in the nine experimental enclosures were all above 99 % except in enclosure No. 4, which had a little bit lower survival rate than the others. However, even in enclosure No. 4, the survival rate of mussels still reached the acceptable level of 94.98 %. The analysis of variance showed that no significant effects of the four factors were observed on the survival rates, which suggested that the effects of the four factors on the culture of the pearl mussels should be emphasized on the growth of the mussels such as the growth of shell length and shell width etc, rather than the survival rates.

According to our previous study (Zhang et al., 2008), there had been a significant correlation of the growth of shell length, shell width and weight of mussels with the growth of pearls. So we used shell length and shell width as growth parameters to evaluate the growth of both mussels and pearls in this study.

Our results clearly showed that the sequence of the effectiveness for the 4 factors to the relative growth of shell length and shell width of the mussels were A (two-carp ratio) > B (fish density) > C (mussel density) > > D (fertilization intensity) and B (fish density) > A (two-carp ratio) >C (mussel density) > D (fertilization intensity), respectively, which suggested that factor A (two carp ratio) and B (fish density) at the tested levels had even more influence on the growth of the mussels than factor C (mussel density) and D (fertilization intensity), i.e., the two caps have played a significant role in improving the growth performance of mussels and the water quality. This could be further confirmed by the result that level 2 of Factor B (fish density) had more effects than level 1 on the growth of mussel, which indicated that a certain density of the two carps were necessary to improve the growth performance of mussels. These results might be explained as follows.

Although fertilization intensity (Factor D) determines the productivity of algae essential to the growth of mussels, high nutrient concentration may also deteriorate water quality, thus impact the growth of mussels. Mussel density (Factor C) affects the quota of algae (the number of algae each mussel could obtain), thus higher density of mussels would increase competition between mussels that deters their growth. On the other hand, although the grazing of the two carps may reduce the abundance of algae, it also changes the algal assemblage from large sized into small sized, thus provide more palatable food algae for the mussels. Besides, grazing of the two carps mainly reduce the number of large sized algae, This reduction could ease the competition of the small algae for nutrients with the larger ones, this may also cause the increase of small algae. Another reason for the increase of small algae may be caused by the reduction of zooplankton resulted from the grazing of the two carps. Zooplankton usually feed on small algae than both the mussels and the two filter feeding carps due to their smaller filtering apparatus structure, thus reduction of zooplankton biomass might also stimulate the grow of small sized algae. The last explain could be that stocking of the two carps in mussel ponds could yield better water quality that is beneficial to the mussel growth.

Noticeably, the best level of Factor A, C and D to the growth of mussels were all at the level 1 (i.e., two-carp ratio of 3/7, mussel density of 1.5 ind./m^2 and fertilization intensity of 1 g/m^2), only Factor B had a higher level (level 2), the optimal combinations of factors for the growth of both shell length and shell width of mussels were $A_1B_2C_1D_1$. We have explained why a higher level of fish density (Factor B) may have a better effect on the growth performance of mussels (see the previous paragraph). It is also easily understandable that mussel density would change the availability of food (algae) for mussels, thus a lower level of density would be more favorable to the growth of the mussel. However, the effects of Factor A and C on the growth of mussels are more complicated. As already explained in the last paragraph that fertilization has two possible effects on the growth of mussels, on one hand, a certain intensity of fertilization is necessary to the continual supply of nutrients that is essential to the production of algae, food of the mussels; on the other hand, over fertilization might cause eutrophication of the pond water, thus deter the growth of mussels. Our current study showed that level 1 of factor D was the optimum among the three. It is interesting that level 1 of the

fish ratio (i.e., the ratio of 3/7 of silver carp vs. the bighead) was the best level tested. This result suggested that silver carp might have a more overlapped niche with the mussels than the bighead, and thus the higher the ratio of silver carp is, the more competition for food algae with the mussels could be. Another difference between the effects of the two carps on the growth of mussels might be as such that the bighead feed more on the zooplankton while the silver carp more on algae, which leading to a different top-down effect on algae. Since zooplankton would feed on the smaller algae than the carps, reduction of zooplankton biomass by the bighead predation could release grazing pressure of zooplankton on the small algae and would stimulate the increase their biomass, thus provide more palatable food for the mussels; while silver carp didn't have such an effect.

Not only had the growth of mussels been affected by the four factors, but the water quality also. Our results showed that COD was significantly lower in enclosures with lower level of fertilization intensity (level 1 of Factor D) than higher level, and in enclosures with higher mussel density (level 3 of Factor C) than lower density (level 1 or 2 of Factor C). Overall, the combination of $A_1B_2C_2D_1$ could yield the best water quality (Table 12). Comparing this combination with that for growth of mussels, it was not difficult to find that the only difference was occurred at the difference of the level of mussel density (Factor C). In the combination for optimal growth of mussels, level 1 of mussel density (lower density) was the optimal level, while in the combination for good water quality, level 2 of mussel density seemed better, this might be explained by that the higher density the mussels were put, the more filtration the mussels performed, and the better the water quality might be achieved. However, from Table 12, we could found that level 1 of Factor C (mussel density) was also a very frequent occurred level for many water quality parameters, i.e., level 1 of mussel density could also be used as a secondary optimal level to achieve good water quality. Analysis of variance also showed no significant difference existed between level 1 and 2 for their effects on COD or other water quality parameters. Thus level 1 was also an acceptable level for maintaining good water quality in mussel culture. Besides, although level 3 of mussel density could yield significantly lower COD, we could see from Table 12 that the other water quality parameters were not favored by level 3. Thus we concluded that overall, the optimal combination of the levels and factors for mussel culture was $A_1B_2C_1D_1$, which could be used as the optimized protocol for pearl mussel culture.

One thing that we should mention is, the optimal levels we reached are not necessarily the best practice for the pearl mussel culture, if more levels are set up, the results may change. Nevertheless, the results we obtained through this study do provide a very helpful guidance to the ecological farming of pearl mussels, which could improve not only the growth performance of the mussels, but the water quality as well.

Reference

1. *Burke, J.S., Bayne, D.R. and Rea H.,* 1986. Impact of silver and bighead carp on plankton communities of channel catfish pond. Aquaculture, 55: 59-68.

2. *Cai, Y. and Yue, Y.,* 2004. Aquatic Biostatistic. Agriculture Press, China. 218-232. (in Chinese).

3. *Cremer, M.C. and Smitherman, R.O.,* 1980. Food habits and growth of silver and bighead carp in cages and ponds. Aquaculture, 20, 57-64.

4. *Li, J., Qian, R., Bao, B., Wang, G. and Qi, N,* 2005. RAPD analysis on genetic diversity among the stocks of *Hyriopsis cumingii* from the five large lakes of China. Journal of Shanghai Fisheries University, 14(1), 1-5. (in Chinese, with English abstract).

5. *Liu, Y., Zhang, W., and Wang, Y.*, 1979. China Economic Animals-Freshwater Mollusca. Beijing: Science Press. p, 68-132. (in Chinese).

6. *Montgomery, D.C.,* 1991. Design and Analysis of Experiments, 3rd edn. John Wiley & Sons, New York, NY, 649 PP.

7. *Mueller, C.R., Eversole, A.G.., Turker, H., and Brune D. E.,* 2004. Effect of Silver Carp *Hypophthalmichthys molitrix* and Freshwater Mussel *Elliptio complanata* Filtration on the Phytoplankton Community of Partitioned Aquaculture System Units. Journal of the World Aquaculture Society, 35 (3), 372-382.

8. *Smith, D.W.,* 1985. Biological control of extensive phytoplankton growth and the enhancement of aquaculture production. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42, 1940-1945.

9. GBCNEP (The General Bureau of China National Environmental Protection), 2006. Water and Waste Water Monitoring and analysis method, 4th edition. China Environmental Sicence Press. (in Chinese).

10. *Xie, P.*, 1999. Gut contents of silver carp, Hypopthalmichthys molitrix, and the disruption of a centric diatom, Cyclotella, on passage through the esophagus and intestine. Aquaculture, 180, 295-305.

11. *Xie, P. and J. Liu.,* 2001. Practical success of biomanipulation using filter-feeding fish to control cyanobacteria blooms. The Scientific World, 1, 337-356.

12. *Zhang, C. and Yan, Y.*, 2001. Medical Mathematic Statistics. Beijing: Science Press. 212. (in Chinese).

13. *Zhang, G.*, 2004. Freshwater pearls markets quotations well developing tendency. Scientific Fish Farming, 11, 41-42. (in Chinese).

14. *Zhang, G., Liu, Q., Fang A., Li J.* 2008. (in Chinese with English abstract).

15. *Zhang, H. and Zhang, B.,* 2004. Cultured Pearl Resources and Markets in China. Journal of Gem and Gemnology, 6(4), 14-18. (in Chinese, with English abstract).
16. *Zhang, L.,* 2007. Economical Analysis of Dilemma of Chinese Pearl Industry and Outlet. Research of Agriculture Modernization, 28(4), 443-445. (in Chinese, with English abstract).
17. *Zheng, S. and Jiang, F.,* 2003. Experiment design and data processing. Beijing: China architecture and industry publishing company.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫРАЩИВАНИЯ ПРЕСНОВОДНОЙ ЖЕМЧУЖНИЦЫ, УСТРИЦЫ ВИДА HYRIOPSIS CUMINGII С БИОФИЛЬТРУЮЩИМИ ОРГАНИЗМАМИ: КИТАЙСКИМИ КАРПОВЫМИ (ПЯТНИСТЫМ И БЕЛЫМ ТОЛСТОЛОБИКАМИ) ОРТОГОНАЛЬНЫМ МЕТОДОМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Л. Янь* , Г. Чжан, Ц. Лю и Ц. Ли***

*Колледж рыбохозяйственных и биологических наук, Шанхайский Океанологический Университет, Шанхай, КНР
**Факультет биологической инженерии, профессионально-технический колледж, Цзиньхуа, Провинция Чжэцзян, КНР

При традиционном культивировании жемчужниц вырабатывается органическое вещество, дающее толчок развитию фитопланктона. В результате этого в водоемах, где выращивают жемчужниц, образуется огромное количество питательных веществ, и происходит вредоносное цветение водорослей (в особенности сине-зеленых водорослей), тем самым увеличивается риск загрязнения окружающей среды, что создает препятствия для устойчивого развития данной индустрии. Ортогональный метод проектирования OA9 (34) был использован для оценки эффективности 4 факторов (а именно: А – соотношения между 2 видами карповых: белым толстолобиком Hypophthalmichthys molitrix и пятнистым толстолобиком Aristichthys nobilis, совместно выращиваемыми в водоеме с жемчужницами; Б – плотности посадки белого и пятнистого толстолобиков; С – плотности жемчужниц; Д – интенсивности образования органических веществ) на коэффициент выживаемости, рост жемчужниц и качество воды в период с 22 июля по 8 декабря 2007 г. Цели данного исследования: 1) определить, какие факторы оказывают более значительное влияние на коэффициент выживания, рост жемчужниц и качество воды; 2) получить оптимальный уровень для каждого из проверяемых факторов; 3) определить наилучшую комбинацию 4 проверяемых факторов для ее использования в качестве улучшенной технологии для усовершенствования процесса культивирования пресноводных жемчужниц.

УДК 574. 587+639. 4: 594. 117 (265,54)

МЕЙОФАУНА И НЕМАТОДЫ ОБРАСТАНИЙ НА КОЛЛЕКТОРАХ ДЛЯ СБОРА ГРЕБЕШКА В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ

С. И. Масленников*, Л.С. Белогурова**
*ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия
**ИБМ А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток, Россия

Исследованы состав сообществ мейофауны на раковинах приморского гребешка Mizuhopecten yessoensis в обрастании садков в зал. Китовом и на акватории у о-ва Рейнеке (зал. Петра Великого, Японское море). Мейофауна обрастания садков была представлена 11 группами животных. Эвмейофауна включала в себя такие группы, как Foraminifera, Nematoda, Halacarida, Harpacticoida,Turbellaria, Ostracoda, псевдомейофауна была представлена молодью Polychaeta, Pantopoda, Bivalvia, Gastropoda Amphipoda. Доминирующей группой являлись нематоды (от 7 до 40 %). Обнаружено 33 вида нематод.

В течение ряда лет в Институте биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН проводятся исследования по изучению процесса заселения искусственных субстратов при выращивании приморского гребешка. Одновременно с этим ведутся работы по исследованию состава и численности мейофауны, сопутствующей поселению приморского гребешка (Гальцова, 1982, 1991; Гальцова и др. 1993; Белогурова, Масленников, 2005, 2008; Масленников, Белогурова, 2008). Цель наших исследований – выяснение количественного и качественного состава мейофауны, главным образом одной из ее доминирующих групп – нематод, обрастания садков установок марикультуры в зал. Китовом и на открытой акватории у о-ва Рейнеке (зал. Петра Великого, рис. 1).

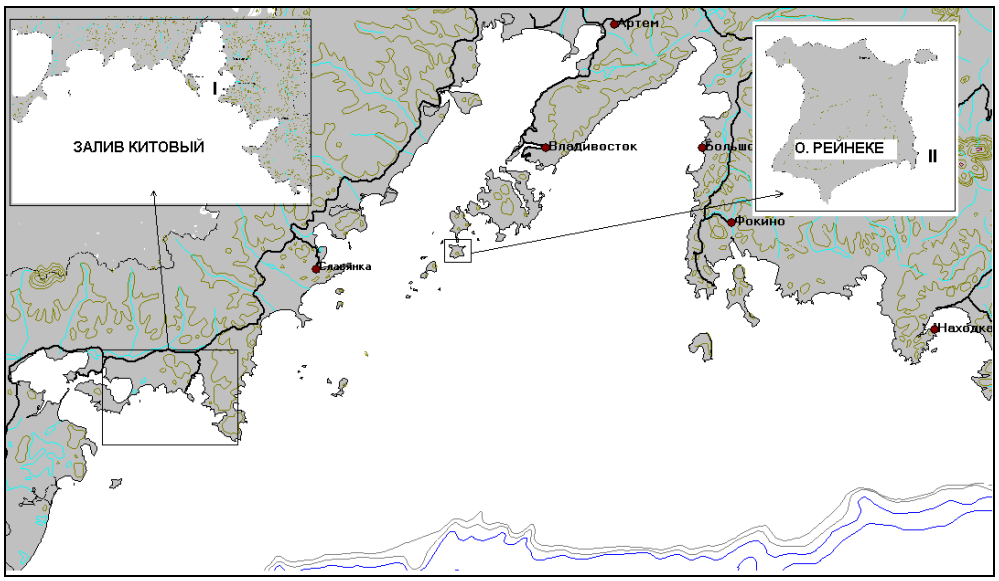


Рис. 1. Карта-схема района исследований: I – место сбора проб в зал. Китовом; II – место сбора проб у о-ва Рейнеке

Материалом для данной работы послужили 124 пробы, из них 105 количественных проб мейофауны обрастания садков установок марикультуры гребешка с экспозицией 12, 14 и 25 месяцев на акватории о-ва Рейнеке на глубине 10, 15, 20, 25 и 30 м, и 19 проб в зал. Китовом (экспозиция 3 и 12 месяцев) на глубине 9 и 12 м. Глубина моря в месте размещения установок составляла 30 м на акватории о-ва Рейнеке и 15 м в зал. Китовом. Пробы обрабатывали по стандартной методике (Гальцова, 1971).

В исследованном районе зарегистрировано 33 вида свободноживущих морских нематод, относящихся к 16 родам, 11 семействам и 5 отрядам. Видовой статус некоторых экземпляров, обозначенных в таблице «sp», нуждается в уточнении.

Для оценки трофической структуры сообщества морских нематод использовали классификацию Визера (Wieser, 1953), основанную на строении и функционировании ротовой полости. Выделены 4 трофические группы: 1А – детритофаги (потребляют бактерий и мелкие частицы детрита из грунта), 1В – неизбирательные детритофаги (потребляют детритные комплексы), 2А – «соскабливатели» (питаются бактериями и микроводорослями, которые образуют пленку, покрывающую частицы осадка), 2В – всеядные и хищники – (питаются теми же способами, что «соскабливатели» и детритофаги, но могут заглатывать мелких животных, в том числе и нематод), таблица.

Видовой состав нематод в сообществе обрастания садков на акватории о-ва Рейнеке и в зал. Китовом (Японское море): ТГ – трофическая группировка: 1А –детритофаги, 1В – неселективные детритофаги, 2А – соскабливатели, 2В – всеядные и хищники

Таксон	Рейнеке	Китовый	ТГ
1	2	3	4
Anticoma possjetica	+	+	1A
Axonolaimus seticaudatus	+	-	2A
Chromadora nudicapitata	+	-	2A
Dorylaimopsis peculiaris	+	-	2A
Enoplolaimus medius	+	-	2B
Euristomina alekseevi	+	-	2B
Monoposthia costata	+	+	2A
Monoposthia latiannulata	+	+	2A
Oncholaimium domesticum	+	-	2B
Oncholaimium japonicum	+	-	2B
Oncholaimus brachycercus	+	+	2B
Paramonhystera halerba	-	+	1B
Paracanthonchus macrodon	+	+	2A
Prochromadorella graciosa	-	+	2A
Prochromadorella oculata	-	+	2A
Pseudoncholaimus mediocaudatus	+	-	2B
Pseudoncholaimus venustus	+	-	2B
Pseudoncholaimus vesicarius	+	-	2B

Окончание таблицы

1	2	3	4
Pseudoncholaimus urbanus marinus	-	+	2B
Sabatieria finitima	+	-	1B
Sabatieria possjetica	+	-	1B
Sabatieria pulchra	+	+	1B
Steineria sp.	+	-	1B
Steineridora borealis	+	+	2A
Theristus subacer	+	-	1B
Tycnodora rectispiculata	+	+	1B
Viscosia stenostoma	+	-	2B
Chromadora heterostomata	-	+	2A
Chromadora sp.	-	+	2A
Enoplus anisospiculus	-	+	2B
Pseudoncholaimus furugelmus	-	+	2B
Pseudosteineria inaequispiculata	-	+	1B
Theristus longispiculata	-	+	1B
Общее количество видов	23	18	

Наибольшее видовое богатство отмечено на экспериментальной установке марикультуры у о-ва Рейнеке (23 вида). Максимальное число видов нематод (20) отмечено на глубине 30 м при экспозиции 25 месяцев. Фауна нематод на глубине 10 и 20 м менее богата и составляет от 7 до 14 видов. Четыре вида нематод – *Anticoma possjetica, Axonolaimus seticaudatus, Monoposthia latiannulata* и *Pseudoncholaimus mediocaudatus* являются массовыми. Они отмечены на всех глубинах во все сроки экспозиции.

На коллекторах б. Троица в зал. Китовом отмечено 18 видов нематод. Максимальное число видов нематод (12) отмечено на глубине 12 м при экспозиции 12 месяцев. Сравнение видового состава нематофауны коллекторов в бухте Троица (Белогурова, Масленников, 2005) с данными на открытой акватории о-ва Рейнеке показало, что из четырех массовых видов нематод имеются два общих: *Anticoma possjetica* и *Monopostia latiannulata*.

В трофической структуре морских нематод доминируют две группы – соскабливатели (2А), всеядные и хищники (2В) (по 33 и 37 % от численности животных в группировке соответственно). Доля неселективных детритофагов составляет 27 %, а детритофагов – 3 % (рис. 2). Данные по распределению трофических групп нематод на экспериментальных установках в районе о-ва Рейнеке и залива Китовый совпадают с таковыми для разных районов Японского моря и других морей. В песчаных осадках, как правило, преобладают «соскабливатели» (2А) и «хищники» (2В), в илистых осадках – детритоядные нематоды (Гальцова, 1991; Фадеева, 1991; Szulwinsky et al., 2001).

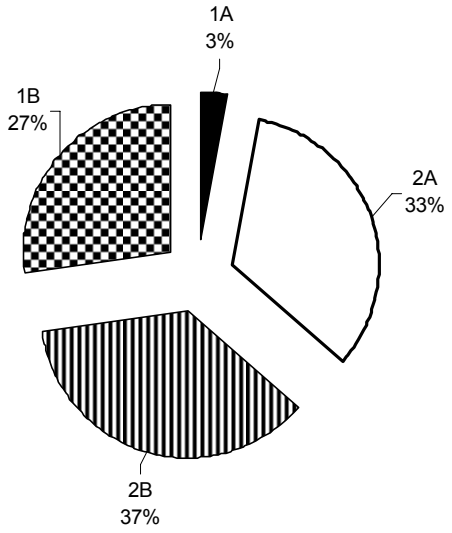


Рис. 2. Трофическая структура нематод мейофауны обрастания садков

Как показали наши наблюдения, плотность поселения организмов мейофауны садков на о-ве Рейнеке и зал. Китовом, оказалась значительно ниже по сравнению с плотностью поселения мейофауны садков марикультуры в бухте Алексеева (Гальцова, Павлюк, 2000). Небольшое количество мейофауны на коллекторах позволяет сделать вывод о том, что сообщество обрастания марикультуры приморского гребешка в районе острова Рейнеке и зал. Китовом находится на ранней стадии сукцессии.

На коллекторах б. Троица и у о-ва Рейнеке происходит формирование пионерного сообщества, когда чистые антропогенные субстраты заселяются видами, наиболее приспособленными к быстрой колонизации, т.е. в обоих случаях мы имеем дело с промежуточным сообществом, не достигшим климаксной стадии. По-видимому, из-за малого объема культивирования приморского гребешка в б. Троица и у о-ва Рейнеке влияние плантаций на сообщество мейофауны раковин моллюсков незначительно. Можно предположить, что комплекс видов нематод *A. possjetica, M. latiannulata, P. mediocaudatus, S. pulchra* – характерен для промежуточной фазы формирования сообществ мейофауны.

Библиографический список

1. *Белогурова Л.С., Масленников С.И.* Исследование сообществ мейоэпифауны культивируемых двустворчатых моллюсков в заливе Китовом Японского моря // Изв. ТИНРО, 2005. Т. 140. С. 366- 375.

2. *Белогурова Л.С., Масленников С.И.* Мейофауна сообщества обрастания садков марикультуры моллюсков (зал. Петра Великого, Японское море) // Современное состояние водных биоресурсов: Мат. Междунар. конф. Новосибирск: Агрос, 2008. С. 82-87.

3. *Гальцова В.В.* Количественный учет мейобентоса // Гидробиол. ж. 1971. Т. 7, № 2. С. 132-136.

4. *Гальцова В.В*. Мейофауна и нематоды обрастаний на искусственных коллекторах для сбора мидий // Зоол. ж. 1982. Т. 61, вып. 9. С. 1422-1424.

5. *Гальцова В.В.* Мейобентос в морских экосистемах на примере свободноживущих нематод. Л.: ЗИН АН СССР, 1991. 240 с.

6. *Гальцова В.В., Павлюк О.Н.* Мейобентос в условиях марикультуры приморского гребешка в бухте Алексеева Японского моря // Биол. моря. 1993. № 5-6. С. 17-22.

7. *Гальцова В.В., Павлюк О.Н.* Сезонная динамика плотности поселения мейобентоса в Амурском заливе Японского моря // Биол. моря. 2000. Т. 26, № 3. С. 160-165.

8. *Масленников С.И, Белогурова Л.С.* Исследование сообществ мейофауны садков экспериментальной установки марикультуры гребешка (зал. Петра Великого, Японское море) // Экологические системы: фундаментальные и прикладные исследования: Сб. матер. II Всерос. науч.-прак. конф. Нижний Тагил, 24-27 марта 2008 г. Ч. 2. С. 52-56.

9. *Фадеева Н.П.* Распределение свободноживущих нематод в районе бухты Киевка // Биологические исследования бентоса и обрастания в Японском море. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. С. 66-84.

10. *Schratzberger M., Gee J. M., Rees H.L. et al.* The structure and taxonomic composition of sublitoral meiofauna assemblages as an indicator of the status of marine environments // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 2001. Vol. 80, no. 6. P. 969-980.

11. *Wieser W.* Die Beziehung zwischen Mundholengestalt, Ernahrungswiese und Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden // Ark. Zool. 1953. Bd. 4, H. 5. S. 439-484.

FOULING MEIOFAUNA AND NEMATODES ON SCALLOP COLLECTORS IN PETER THE GREAT BAY, SEA OF JAPAN

S.I. Maslennikov*, L.S. Belogurova**

* Far-Eastern State Technical Fishery University (Dalrybvtuz), Vladivostok, Russia

**A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology FEB RAS, Vladivostok, Russia

The aim of the given work is to study taxonomic composition and population density of the basic groups of meiofauna on cage for mollusk cultivation depending on depth and exposition time Seven taxonomic groups of meiofauna were found in fouling of scallop cage. Eumeiofauna included such groups as Foraminifera, Harpacticoida, Nematoda, Ostracoda; pseudomeiofauna was represented by young Polychaeta, Bivalvia, Amphipoda. Four species (Anticoma possjetica, Axonolaimus seticaudatus, Monoposthia latiannulata, and Pseudoncholaimus mediocaudatus) were recorded as mass species at all depths and all periods of exposure.

УДК 639.6

СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ МАРИКУЛЬТУРЫ

С.И. Масленников*, С.К. Корнейчук**

*ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз»,

**Президиум ДВО РАН, Владивосток, Россия

Долгие годы марикультура Приморского края развивается по инерционному сценарию, для которого характерно сохранение в будущем сложившихся темпов динамики. Коренное изменение ситуации обеспечит создание в прибрежных и островных территориях биотехнопарка, базирующегося на инновационных технологиях. Проект станет действующей моделью нового вида деятельности по промышленному выращиванию различных ценных видов гидробионтов.

Российский Дальний Восток и, в первую очередь, Приморье является наиболее перспективным регионом страны для развития промышленной марикультуры, поскольку край располагает для этого важнейшими предпосылками: наличие разнообразных природных ценных видов гидробионтов; значительные акватории, пригодные для выращивания различных объектов; хорошие климатические и экологические условия; достаточный научно-технический потенциал; определенный хозяйственный опыт в области марикультуры; основы производственной базы по изготовлению оснастки для гидробиотехнических сооружений (ГБТС) и переработке выращиваемого сырья; трудовые и энергетические ресурсы [1, с. 243].

Однако необходимо отметить, что марикультура Приморского края развивается крайне медленными темпами, судя по числу созданных хозяйств, по величине площадей морских акваторий, на которых размещены плантации по выращиванию гидробионтов, и по объему получаемой товарной про-

дукции. А на фоне успешного ускоренного развития марикультуры в странах АТР, особенно в Китае, Японии и Корее, состояние марикультуры Приморья может быть оценено как зачаточное.

Основные проблемы, сдерживающие развитие марикультуры в Приморье, могут быть объединены в следующие группы: правовые, финансовые (особенно практически полное отсутствие государственной поддержки), биологические, биотехнологические, технические [1, 2, 3, 4].

Основываясь на анализе макроэкономических факторов, полагаем, что в долгосрочной перспективе развитие марикультуры на Дальнем Востоке может происходить по двум основным альтернативным сценариям: инерционному и прорывному (или инновационному).

Для инерционного сценария развития характерно сохранение в будущем сложившихся темпов динамики.

Именно по такому сценарию марикультура Приморского края развивается долгие годы, основываясь только на энтузиазме небольшого количества предпринимателей, как правило, не располагающих существенными финансовыми средствами и не имеющих доступа к кредитным ресурсам из-за их дороговизны и невозможности предоставить банкам необходимое залоговое обеспечение. Внутренние возможности для ускоренного развития и внутренние резервы для существенного повышения эффективности производственных процессов отсутствуют.

При инерционном сценарии не предполагается внедрение масштабных инновационных проектов. В связи с этим в таких условиях не произойдет принципиального увеличения урожая выращиваемых гидробионтов, достаточного для замещения дорогостоящих импортных продуктов из рыбы и нерыбных объектов, наводнивших отечественные рынки.

Данный сценарий не позволит решить и стратегические задачи в области социального развития, в частности, в развитии социальной инфраструктуры прибрежных и островных территорий, а, следовательно, привлечении и закреплении населения в этих районах, повышении их жизненного уровня.

Коренной перелом в этой ситуации можно достичь только путем реализации крупномасштабного инвестиционного проекта развития марикультуры. Одним из системообразующих проектов, вошедших в перечень ключевых для реализации стратегии развития Дальнего Востока, может быть предложенный Институтом биологии моря ДВО РАН проект создания биотехнопарка «Островной» по культивированию и комплексной переработке выращенного морского сырья [5, с. 363]. В настоящее время данный проект внесен в перечень предложений ДВО РАН для включения в федеральную целевую программу «Экономическое и социальное развитие Дальнего Востока и Забайкалья на период до 2013 года» в связи с продлением срока ее действия до 2018 года.

Цель организации биотехнопарка «Островной»: повысить жизненный уровень населения островных и прибрежных территорий, обеспечив их устойчивое развитие путем создания в Приморском крае действующей модели новой отрасли по промышленному выращиванию различных видов гидробионтов, доведя общий объем урожая на морских плантациях биотехнопарка до 100 тыс.т через 8-10лет после начала выращивания при соответствующем финансировании строительства объектов производственной и социальной сферы.

Достижение намечаемых объемов позволит рассматривать данный источник сырья как альтернативный рыболовству, поскольку ежегодные уловы за счет освоения естественных запасов биоресурсов промысловой зоны Приморья в последние 10 лет не превышали 30-45 тыс.т. Причем, запасы естественных биоресурсов (традиционных и потенциальных) не смогут обеспечить существенный прирост объемов добычи ни в ближайшей, ни в длительной перспективе.

Создание биотехнопарка будет базироваться на использовании инновационного потенциала, прежде всего, различных академических институтов ДВО РАН: ИБМ, ТИБОХ, ИПМТ. При организации биотехнопарка необходимо создать:

- высокотехнологичный Центр воспроизводства жизнестойкой молоди ценных видов моллюсков, иглокожих и ракообразных, рассады макрофитов для обеспечения посадочным материалом в первую очередь плантации вновь организуемых марихозяйств;
- хозяйства марикультуры по выращиванию трепанга, приморского гребешка, мидии, устрицы, а также новых объектов (моллюсков, креветок, крабов), пользующихся повышенным спросом, как на внутреннем рынке, так и на внешнем;
- морскую базу для обслуживания, ремонта, укрытия от штормов плавсредств, занятых на плантациях;
- высокотехнологичный наукоемкий процессинговый Центр по первичной и глубокой комплексной переработке сырья.

На первом этапе биотехнопарк должен финансироваться преимущественно из федерального бюджета, бюджета субъекта РФ и местного бюджета. В этом наша позиция совпадает с мнением других авторов [6, с. 159]. В последующем по мере становления и укрепления биотехнопарка государство может продавать свою долю заинтересованному бизнесу.

Развитие биотехнопарка «Островной» будет базироваться на формировании двух основных точек экономического роста.

Первой точкой роста должны стать:

- заводы по выращиванию жизнестойкой молоди иглокожих, моллюсков и ракообразных, рассады макрофитов;

- хозяйства-питомники по выращиванию посадочного материала в плантационных условиях. При наличии данных условий марихозяйства могут специализироваться на выращивании только посадочного материала.

Именно эти звенья организационной структуры обеспечат значительное расширение площадей донных и подвесных плантаций в действующих хозяйствах, а также позволят создать новые хозяйства в акваториях с биопотенциалом, недостаточным для организации рентабельного культивирования гидробионтов. В итоге в биотехнопарке произойдет ускоренное наращивание урожая марикультуры.

Итак, первая точка экономического роста будет формироваться устойчивым увеличением объемов выращиваемых гидробионтов.

Вторая точка экономического роста будет обеспечиваться процессинговым Центром по первичной и комплексной глубокой переработке выращенного сырья. Внедрение новых технологий переработки позволит повысить объемы производства, качество и экономическую эффективность выпускаемой продукции, а следовательно, и ее конкурентоспособность. В результате могут быть значительно увеличены объемы продаж продукции, как для внутреннего, так и для внешнего рынков.

Для эффективной реализации прорывного сценария на основе развития биотехнопарка необходимо взаимодействие академических и отраслевых НИИ, вузов, бизнеса, инвестиционных и венчурных фондов при соответствующей поддержке органов власти всех уровней.

Библиографический список

1. *Корнейчук С.К.* Проблемы стратегического развития марикультуры (на примере Приморского края) // Российский Дальний Восток и страны АТР: проблемы устойчивого развития в условиях глобализации: Матер. междунар. науч. конф. Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2007. С. 242-244.

2. *Платонов А.Г., Масленников С.И., Арзамасцев И.С.* Аквакультура в Приморском крае: проблемы и перспективы // Рыб. хоз-во. 2009. № 5. С. 29-30.

3. *Масленников С.И., Кудисов А.Н.* Решение проблем развития прибрежных территорий при создании сети морских биотехнопарков // Природа без границ: МОРСКАЯ ЭКОЛОГИЯ: Матер. IV междунар. эколог. форума. Владивосток: Изд-во «Рея», 2009. С. 197-198.

4. *Масленников С.И.* Инновационное развитие производства в прибрежной зоне Дальневосточных морей России на основе морских биотехнологий // Инновации РАН-2009: Матер. ежегодной науч.-практ. конф. Томск: Изд-во НТЛ, 2009. С. 279-285.

5. *Меламед И.И.* Стратегия развития Дальнего Востока России: моногр. М.: Современная экономика и право, 2008. 464 с.

6. Актуальные подходы к развитию рыбохозяйственного комплекса на основе создания технопарков: современное состояние, цели и задачи, методы / Под ред. И.А. Ефанова, И.И. Меламеда, В.В. Холодова: моногр. М.: Современная экономика и право. 2007. 192 с.

THE SCENARIOS OF MARICULTURE DEVELOPMENT

S.I. Maslennikov*, S.K. Korneychuk**
*Far-Eastern State Technical Fishery University (Dalrybvtuz), Vladivostok, Russia
**Presidium of the FEB RAS, Vladivostok, Russia

For years, mariculture Primorye developed the inertial scenario, which is characterized by preservation in the future, the prevailing rate dynamics. The radical change in the situation will establish in coastal and island areas of bio-technology park, based on innovative technologies. The project will become a working model of a new species of the Industrial growing many valuable species of aquatic organisms.

УДК 664.9517.639.27

МОРСКИЕ УСЛОВИЯ – МЕСТО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Н.И. Павлов*, Ж.П. Павлова, В.К. Гамов****
*ФГОУ ВПО «ДВГТУ», Владивосток, Россия
**ГОУ ВПО «Тихоокеанский государственный экономический университет», Владивосток, Россия

Рассматриваются метеорологические и океанологические условия для эффективного культивирования микроводорослей в Приморском крае.

Акцент на необходимость перехода мирового сообщества к новой цивилизации, к жизни по принципу устойчивого развития в настоящее время актуален. Это связано с тем, что биосфера Земли больше не в состоянии выдерживать возрастающую антропогенную нагрузку.

В создании эффективной ресурсосберегающей экономики важная роль принадлежит биологическим ресурсам Мирового океана и, в частности, марикультуре.

Морская растительность является основным источником питания не только многих обитателей подводного царства, но и животных и птиц [1, 2, 3].

Накапливается опыт по использованию морских водорослей в создании пищевых продуктов, в том числе функционального назначения и БАД [4, 5].

Микроводоросли характеризуются наиболее высоким КПД усвоения световой энергии по сравнению с другими фотосинтезирующими объектами и поэтому способны к эффективной утилизации света низкой интенсивности. Они имеют продуктивность на порядок выше продуктивности высших растений, менее зависимы от климатических условий, могут выращиваться на площадях, не пригодных для земледелия.

Учитывая, что для микроводорослей характерна большая скорость размножения, при удвоении массы за время от 5 до 24 часов решаются вопросы их массового культивирования. В МГУ (Москва) для разведения водорослей на морских плантациях разработана и успешно эксплуатируется энергосистема биоконверсии солнечной энергии «Биосоляр» с морским базированием [6]. Основной элемент «Биосоляра» – плавучий модуль, так называемый фотосинтезирующий блок (ФБ). Основным отличием ФБ от других аналогичных систем является гибкость его конструкции. Благодаря этому создаются условия для полной обработки волновых движений разной интенсивности. Существенно снижается сопротивление к волновым и ветровым нагрузкам [3].

В Приморском крае имеются благоприятные климатические условия для массового культивирования микроводорослей на морских плантациях. Большое значение при этом имеет выбор места постановки ФБ.

Один из критериев при разработке схем размещения ФБ – выяснение распределения по району зон дивергенции волн штормообразных румбов.

Путем наложения планов рефракции волн преобладающих румбов волнения можно выделить области, представляющие собой дивергенции волновых лучей штормового волнения. Энергия воздействия штормовых волн на конструкции в этих областях будет меньше в сравнении с другими участками, где происходит конвергенция волн, или же рефракция не оказывает влияния на высоту волн.

Для постановки ФБ выбирается район на пересечении зон дивергенции волновых лучей.

Эффективность работы «Биосоляра» в значительной мере зависит от волнения, вызванного циклонами и тайфунами, выходящими на Приморский край (таблица).

Повторяемость (%) циклонов и тайфунов, обусловливающих погоду в Приморском крае в различные сезоны года (по Г.В. Свинухову)

Тип циклона	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Континентальные циклоны	9	6	7	9	8
Циклон с Желтого моря	4	6	8	9	7
Циклон с Восточно-Китайского моря	0	4	2	2	2
Циклоны, возникающие над Японским морем и Приморским краем	2	5	5	6	4
Тропические циклоны (тайфуны)	0	0	3	2	1
Суммарная повторяемость циклонов, %	15	21	25	28	22

Циклоны различного типа чаще всего (28 %) оказывают влияние на погоду Приморского края осенью. Тропические циклоны выходят на Приморский край только летом и осенью.

Особый интерес для культивирования представляют красные водоросли – продуценты своеобразного сульфат редуцирующего полисахарида, способного образовывать редкие растворы и гели различной прочности, обладающего антитромбозным эффектом, энтеросорбентными и антиоксидантными свойствами, ингибирующим легочные метастазы. Благодаря своим уникальным свойствам, каррагинан имеет достаточно широкий диапазон применения в пищевой промышленности и медицине и этим выгодно отличается от других полисахаридов морских водорослей.

Не менее перспективными для культивирования являются бурые водоросли, содержащие наряду с альгиновой кислотой полисахариды – ламинары и фукоиданы, которым принадлежит роль в биологическом действии водорослей.

Впервые фукоиданы были включены в производство продуктов питания и пищевого сырья в Японии. В последующем фукоидан стали использовать более широко в производстве пищевых продуктов – хлебобулочных, молочных, напитков и др. [4; 5].

Решение проблемы дальнейшего увеличения сбора культивируемых микроводорослей с использованием установки «Биосоляр» в морских условиях зал. Петра Великого возможно при создании микроводорослевого центра со своей инфраструктурой, включая специализированный флот.

Установка «Биосоляр» обеспечивает эффективное массовое культивирование двух типов микроводорослей – спирулины и хлореллы. Такие микроводоросли, как хлореллы и спирулина превосходят

по биологически активным веществам, особенно белку, традиционные сельскохозяйственные культуры. К примеру, спирулина содержит белка (% на сухой вес) до 70, а пшеница 8,6 – 24,4.

Культивирование водорослей – весьма рентабельная отрасль и затраты на её развитие должны окупиться быстро.

Библиографический список

1. *Гайко Л.А.* Марикультура. Прогноз урожайности с учетом воздействия абиотических факторов. Владивосток: Дальнаука, 2006. 204 с.

2. *Казьмин В.* Морская нива природы Дальнего Востока. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1989. 135 с.

3. *Спектрова Л.В.* Производство микроводорослей и коловраток для марихозяйства/ Л.В. Спектрова, С.Л. Паньков, С.А. Панькова // Рыб. хоз-во. 1988. С. 71-74.

4. *Шнейдерман С.И.* Использование гидробионтов в технологии функциональных продуктов: Сб. матер. III междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2009. С. 140-141.

5. *Семилетова, Е.В., Коршенко Л.О., Елисеева Т.И.и др.* Уникальность бурых водорослей залива Петра Великого Японского моря: особенности состава и использование в технологии продуктов питания: Сб. матер. III междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2009. С. 124-125.

6. *Павлов Н.И., Соловьев Л.А.* О возможности промышленного производства микроводорослей на морских плантациях залива Петра Великого // Вестник ДВГАЭиУ. 2001. № 3. С. 72-78.

SEA CONDITIONS – THE PLACE OF INDUSTRIAL PRODUCTION OF MICROSEAWEED

N.I. Pavlov, J.P. Pavlova, V.K. Gamov
State Educational Institution of Higher Professional Training “Pacific State University of Economics”, Vladivostok, Russia

Meteorological and oceanologic conditions for effective micro seaweed cultivation in Primorsky Territory are considered.

УДК 639.222.2

ДИНАМИКА ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА И ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНЫХ ПОКОЛЕНИЙ ОХОТСКОЙ СЕЛЬДИ

А.М. Панфилов
ФГУП «Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (МагаданНИРО)», Магадан, Россия

На основании анализа многолетних данных за 1945-2009 гг. показано, что с конца XX в. произошло старение родительского стада охотской сельди. Влияние такого биологического фактора, как средний возраст производителей на формирование урожайных поколений резко снизилось. В период до депрессии запаса охотской сельди урожайные поколения появлялись при среднем возрасте производителей 5,7 лет, а неурожайные – 7,2 лет; в период восстановления запаса – в возрасте 5,8 и 6,9 лет соответственно. Показано, что в настоящее время как урожайные, так и неурожайные поколения формируются при практически одновозрастном родительском стаде – 7,4 лет.

Охотская сельдь является важнейшим промысловым объектом. В общем ОДУ всех рыбных объектов РФ (за вычетом минтая) на 2010 г. охотская сельдь занимает 26 %.

Известно, что численность охотского стада сельди подвержена значительным колебаниям, вызванным вступлением в запас урожайных либо неурожайных поколений (Тюрнин, 1975; Науменко, 2001). Следовательно, вопрос урожайности является исключительно важным при составлении прогнозов вылова охотской сельди, как краткосрочных, так и долгосрочных.

Формирование урожайного, т.е. дающего мощное пополнение (Никольский, 1974), поколения обусловлено воздействием множества факторов, как биотических, так и абиотических. Известно, что у рыб качество выметанных половых продуктов определяется возрастом родительских особей (Никольский, 1965). На основе анализа многолетних данных было показано (Тюрнин, 1975), что за период, предшествующий обрушению запаса охотской сельди в 1976 г., наиболее многочисленные и жизнеспособные поколения появлялись, когда основу нерестового стада составляли производители в возрасте 5 или 6 лет. Напротив, при доминировании в нересте особей в возрасте 7 и 8 лет воспроизводилось малочисленное потомство.

Б.В. Тюрнин (1975) показал, что средний возраст родительского стада охотской сельди, при котором появляются урожайные поколения, равен 5,74 лет, а возраст, при котором появляются неурожайные поколения – 7,17 лет. Р.К. Фархутдинов (2005) для родительского стада 1980-1990-х гг. приводит сходные величины – 5,82 и 6,90 лет соответственно.

Нами проанализированы как собственные данные по возрастному составу, собранные на промысле нерестовой и нагульной охотской сельди в 2000-2009 гг., так и данные из архива МагаданНИРО за 1945-1999 гг.

Действительно, высокоурожайное поколение 1988 г. рождения было получено при среднем возрасте нерестового стада 5,6 лет, когда на долю 5-годовиков (рыбы урожайного поколения 1983 г. рождения) пришлось 72,9 %. Однако в 1993 г. (при среднем возрасте нерестового стада 5,9 лет), когда на 5-годовиков (уже поколения 1988 г. рождения) пришлось 57,6 %, было получено неурожайное поколение.

В структуре охотской популяции с момента возобновления промысла (после запрета промышленного лова в 1977-1982 гг.) произошли значительные изменения, выразившиеся, в частности, в увеличении среднего возраста нерестового стада. В нерестовом стаде значительно снизилась доля производителей в возрасте 3-5 полных лет, и соответственно увеличилась доля старшевозрастных рыб (рис. 1). Родительское стадо охотской сельди «постарело», при этом с 1987 г. средний возраст производителей охотской сельди ежегодно превышает 7,0 лет (рис. 2). Если в 1983-1999 гг. средний возраст родительского стада был равен 6,60, то в 2000-2009 гг. составил уже 7,47 лет при колебаниях от 7,07 лет (2002 г.) до 7,99 лет (2008 г.).

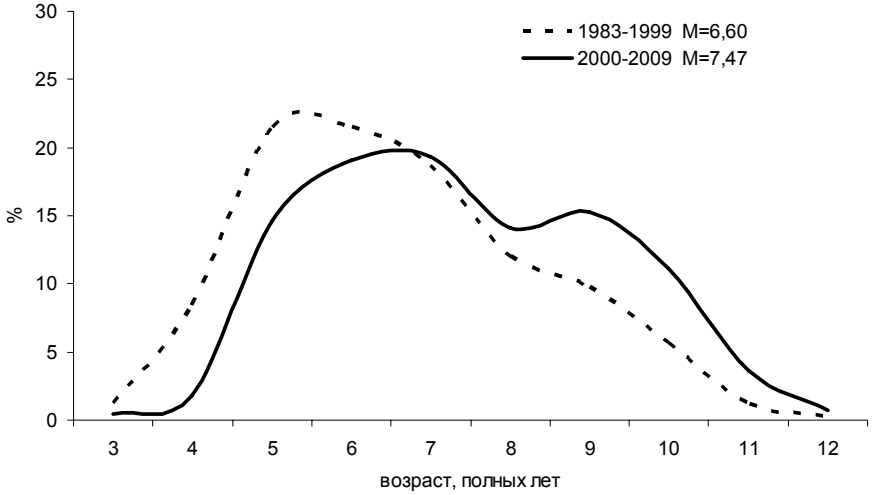


Рис. 1. Возрастной состав нерестового стада охотской сельди в периоды 1983-1999 гг. и 2009-2009 гг.

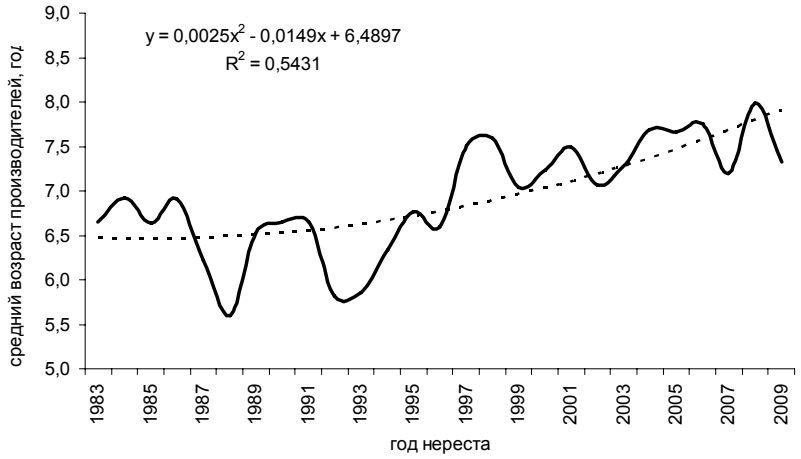


Рис. 2. Динамика среднего возраста нерестового стада охотской сельди в 1983-2009 гг.

Таким образом, согласно установленным ранее закономерностям, с 1997 г. родительское стадо охотской сельди, предположительно, не могло продуцировать урожайные поколения.

Существует вероятность, что увеличение среднего возраста связано с различием в подходах к расчету возрастов нерестующей сельди (прямым расчетом по данным биологических анализов, пересчетом на массовый промер или пересчетом на улов). Однако проверка имеющихся в нашем распоряжении материалов показала, что за рассматриваемый период оценка среднего возраста по данным

биологических анализов не применялась. Разницей же при расчете среднего возраста при пересчете на массовый промер и улов можно пренебречь, поскольку она составляет не более 1 %.

В 1997-1998 гг. появились смежные урожайные поколения охотской сельди, при среднем возрасте родительского стада 7,51 и 7,60 лет соответственно. При этом поколение 1998 г. рождения оказалось столь мощным, что даже в 2009 г., в возрасте 11 полных лет, его представители в нерестовом стаде заняли 7,4 %, что является максимальной величиной за весь период наблюдений (рис. 3). Напротив, при среднем возрасте производителей 7,04 лет в 1999 г. сформировалось неурожайное поколение.

Урожайное поколение следующего, 2000 г., появилось при среднем возрасте родительского стада 7,24 лет, при этом доля родителей в возрасте 5 полных лет составила 31,2 % (производители в возрасте 9 лет составили 27,5 %, что и вызвало увеличение среднего возраста). Данное поколение на первом году жизни перенесло холодную зиму 2000/2001 гг., вследствие чего снизились его численность и темпы созревания (Панфилов, 2009, а, б). Тем не менее, в нерестовом запасе 2009 г. рыбы этого поколения в возрасте 9 полных лет составили 16,7 % (рис. 3).

В следующем, 2001 г., при среднем возрасте родительского стада 7,5 лет, исключительно тяжелые условия нереста (нерестовый ареал охотской сельди был покрыт льдом до I декады июня) определили появление крайне неурожайного поколения (Панфилов, 2009, а).

В 2002 г. при среднем возрасте нерестового стада 7,07 лет появляется высокоурожайное поколение, на долю которого уже в возрасте 5 полных лет (2007 г.) приходится 1/3 всех производителей. Более мощные поколения (за период после депрессии стада) появлялись только в 1983 г. при среднем возрасте производителей 6,64 лет и в 1988 г. при среднем возрасте 5,6 лет. Поколение 2002 г. рождения в настоящее время формирует основу годового вылова (рис. 3).

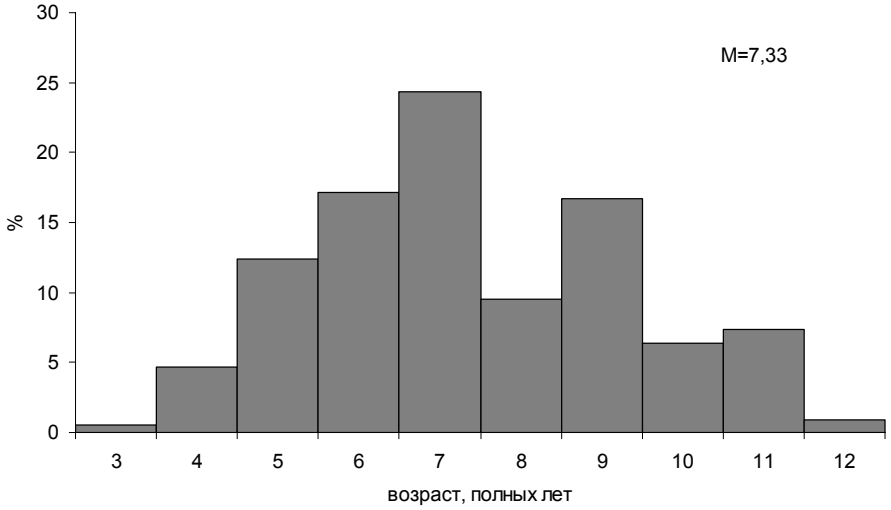


Рис. 3. Возрастной состав нерестового стада охотской сельди в 2009 г.

Хотя поколения 2003-2005 гг. рождения еще не раскрыли в полной мере свой потенциал, предварительно (по условиям нереста и доли их участия в нерестовом стаде в 2008-2009 гг.) можно предположить, что поколения 2003-2004 гг. рождения (средний возраст родительского стада 7,28 и 7,69 лет соответственно) являются урожайными, а поколение 2005 г. рождения (7,66 лет) – неурожайным.

Таким образом, за период с 1997 г. урожайные и неурожайные поколения охотской сельди появлялись практически при одном и том же среднем возрасте родительского стада – 7,4 лет. Средний возраст при формировании урожайных поколений колебался от 7,07 до 7,69 лет, а неурожайных – от 7,04 до 7,66 лет.

Можно предположить, что в период роста запаса охотской сельди и «старения» ее родительского стада средний возраст производителей уже не играет заметной роли в формировании урожайных поколений, как это было в период, предшествовавший падению запасов в середине 1970-х гг. и в период восстановления после возобновления промысла. Результаты данного исследования могут быть использованы при прогнозировании запасов охотской сельди.

Библиографический список

1. *Науменко Н.И.* Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2001. 330 с.

2. *Никольский Г.В.* Экология рыб. М.: Высш. шк., 1974. 357 с.

3. *Никольский Г.В*. Теория динамики стада рыб. М.: Наука, 1965. 383 с.

4. *Панфилов А.М*. Охотская сельдь: биология, промысел и состояние запасов (по результатам исследований 2001-2008 гг.) // Сб. науч. тр. Магаданского НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Магадан: МагаданНИРО, 2009 а. Вып. 3. С. 192-212.

5. *Панфилов А.М.* Проблема сохранения запасов охотской сельди // Вопр. рыболовства. 2009 б. Т. 10. № 2 (38). С. 292-303.

6. *Тюрнин Б.В*. Структура нерестовой популяции сельди северо-западной части Охотского моря, ее динамика и биологические основы прогнозирования улова: Дисс. … канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр, 1975. Архив. № 14343. 221 с.

7. *Фархутдинов Р.К*. Межгодовая изменчивость эффективности воспроизводства и урожайности поколений охотской сельди // Наука северо-востока России – начало века: Матер. Всерос. науч. конф. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2005. С. 427-430.

DYNAMICS OF AGE COMPOSITION AND THE FORMATION OF THE HARVEST GENERATIONS OF OKHOTSK HERRING

A.M. Panfilov

Magadan research institute of Fisheries and oceanography (MagadanNIRO), Magadan, Russia

On the basis the analysis of long-standing data in 1945-2009 yr. it is shown that from the end of XX century occurred aging the parental herd of Okhotsk herring. The influence of such wetware as the average age of producers, on the formation of harvest generations sharply was reduced. In the period to the depression of the reserve of Okhotsk herring harvest generations appeared with the average age of the producers of 5,7 years, and barren - 7,2 years; in the period of the restoration of reserve - at age 5,8 and 6,9 years respectively. It is shown that at present both the harvest and barren generations are formed with the practically coeval parental herd - 7,4 years.

УДК 639.3/.6

ХАРАКТЕРИСТИКА СКОПЛЕНИЙ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА MIZUHOPECTEN YESSOENSIS (JAY, 1856) НА ОТКРЫТОЙ АКВАТОРИИ АМУРСКОГО ЗАЛИВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ) В УСЛОВИЯХ ЕГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

С.И. Масленников*, А.Г. Подкорытов**

*ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

**ИБМ им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток, Россия

Исследования проводились водолазным способом на акватории Амурского залива в 2003-2008 гг. Изучалось пространственное распределение, плотность поселения и возрастная структура на донных плантациях приморского гребешка. Средняя плотность моллюсков составила около 0,33 экз./м^2. Наиболее плотные скопления были отмечены на глубинах 11-13 и 17-18 м. Средний размер гребешка – 125.25±0.82 мм. Основную часть скопления составляют особи промыслового размера.

В 2003-2008 гг. были проведены исследования скоплений приморского гребешка на донных плантациях хозяйства марикультуры ООО «Жилсоцсервис», расположенного на акватории о-вов Рикорда и Пахтусова, в открытой части Амурского залива (рис. 1). Хозяйство аквакультуры в бухте создано в 1998 г., тогда же проведена первая отсадка на грунт молоди гребешка. Объем собранного материала представлен в табл. 1.

Исследовали распределение, плотность поселения, биомассу и размерно-возрастную структуру скоплений приморского гребешка. Для анализа размерно-возрастной структуры мы использовали метод k-средних при помощи программы Statistica 7.0.

На акватории преобладающим типом донного грунта являются разнозернистые пески (рис. 1), благоприятные для поселений приморского гребешка.

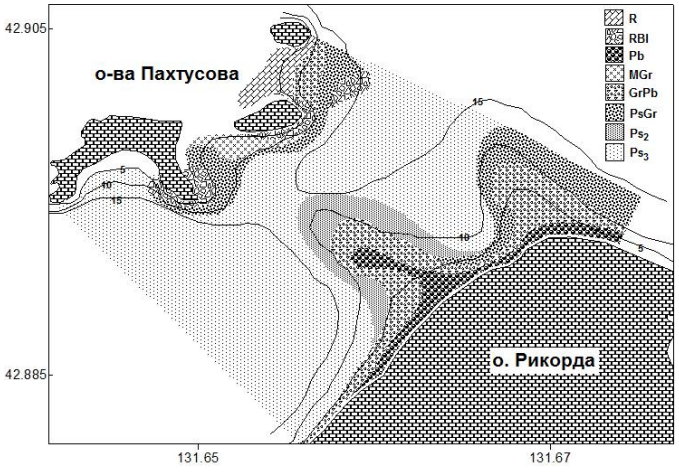


Рис. 1. Карта-схема района исследований с обозначениями грунтов. Условные обозначения типов грунта: R – скальный, RBl – скально-глыбовый, Pb – галечный, MGr – миктит гравийный, GrPb – гравий галечный, PsGr – песок гравийный, Ps_2 – песок среднезернистый, Ps_3 – песок мелкозернистый