

Н.Л.Финогенова

Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины, г.Одесса

**ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОСЕЛЕНИЙ
ANADARA INAEQUIVALVIS (BIVALVIA, ARCIDAE)
ОДЕССКОГО РЕГИОНА ЧЕРНОГО МОРЯ**

Определены популяционные характеристики поселений двустворчатого моллюска *Anadara inaequalvis* в двух участках Одесского региона Черного моря – район выпуска СБО Северная и район выпуска СБО Южная. Выявлены аллометрические соотношения размеров и массы моллюска из разных биотопов, характеристики линейного роста, продолжительность жизни *A. inaequalvis* в Одесском регионе. Показано влияние глубины и характера донных отложений на морфофункциональные характеристики моллюсков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Черное море, моллюски, популяционные характеристики, рост, возраст.*

Anadara inaequalvis (Brugu ere, 1789) – недавний вселенец в Черное море. К настоящему времени обитает вдоль всех берегов моря на глубине до 34 м. Створки анадары стали обычной составляющей береговых выбросов. В Азовском море моллюск заселил южный, западный и частично северный участки. Вдоль северного берега Азовского моря *A. inaequalvis*, очевидно, не сможет проникнуть далее Белосарайской косы – по направлению к верховьям Таганрогского залива соленость воды резко снижается до 5 – 7 ‰. Такое же препятствие *A. inaequalvis* встречает в направлении на восток от керченского пролива – опресненные воды дельты Кубани преграждают ему путь в Таганрогский залив. На Кавказском побережье в районе Туапсе – Шепси средняя плотность этого вида с 1968 до 1989 гг. возросла в 20 – 25 раз [1].

Новый вселенец превратился в существенный компонент донных биоценозов и встречается на различных грунтах (илистых, илисто-песчаных, песчаных), образуя поселения с плотностью до 400 экз/м² и биомассой до 4280 г/м² [2]. *A. inaequalvis* обычно встречается как субдоминирующий вид в биоценозах *Mytilus galloprovincialis* в Черном море и в биоценозах *Hydrobia acut*, *Cerastoderma glaucum*, *Balanus improvisus* в Азовском море [3]. По данным А.В.Бородиной, одной из причин, дающих моллюску преимущество, являются особенности его биохимического обмена – наличие гемоглобина в эритроцитах, что обеспечивает *A. inaequalvis* высокую устойчивость к аноксии (недостатку кислорода) [4]. Кроме того, концентрация пигментов в организме *A. inaequalvis* вселившегося в Черное море, в 3 – 4 раза выше, чем у других видов *Anadara*, а присутствие в тканях высокого содержания транс-пектенолона (транс-изомера каротиноидного пигмента) способствует быстрой адаптации этого вида к различным условиям распространенности и кислородного голодания в Черном море [4].

Несмотря на широкое распространение, в экспедиционных сборах до 2009 г. в Одесском регионе *A. inaequalvis* встречался единично и сведения



Р и с . 1 . Схема станций ОФ ИнБЮМ НАН Украины в Одесском регионе Черного моря в 2009 – 2010 гг.

(длина L , высота H , ширина B) штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Определяли прижизненную массу моллюска (W_L), массу сырых тканей (W_{LT}), массу сухих тканей (W_D) и массу створок (W_{ST}). Результаты взвешиваний и измерений служили основой для анализа изменений в онтогенезе моллюсков пропорций раковины и соотношения между их линейными и весовыми показателями. Для аппроксимации онтогенетических изменений использовали линейное уравнение:

$$\ln Y = a + b \ln L, \quad (1)$$

где Y – зависимая переменная ($H, B, W_L, W_{LT}, W_D, W_{ST}$); L – длина моллюска, a, b – аллометрические коэффициенты, определяемые по эмпирическим данным.

Достоверность отличия коэффициента b от 1 в размерных соотношениях и от 3 в масс-размерных зависимостях оценивали по соотношению:

$$Z = (b - 1)/SE \text{ – для размерных зависимостей,}$$

$$Z = (b - 3)/SE \text{ – для масс-размерных зависимостей [5].}$$

Значения в интервале $-1,96 < Z < 1,96$ соответствуют изометрии.

Одноименные, полученные в разные годы зависимости считали значимым, если сравниваемые линии регрессии достоверно различались углом наклона.

Используя кольца задержки роста в качестве возрастных меток, определяли возраст моллюсков [6]. Линейный рост моллюсков на разных станциях аппроксимировали уравнением Бергаланфи:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}],$$

где L_t – длина раковины моллюска в возрасте t , L_∞ – расчетная предельная длина моллюска, k – коэффициент, характеризующий скорость замедления процесса роста, t_0 – возраст в котором длина раковины равна нулю. Коэффициенты L_∞, k и t_0 находили нелинейным методом наименьших квадратов, используя пакет статистических программ FISAT II [7]. Полученные коэффициенты L_∞ и k использовали в расчетах и показателя φ , отражающего реализацию физиологического потенциала роста:

$$\varphi = \log k + 2 \log L.$$

о популяционных характеристиках поселений этого вида в Черном море отсутствуют.

Целью данной работы было выявление характера и особенностей роста двустворчатого моллюска *A. inaequalis* в поселениях Одесского региона.

Материал и методика. Для исследования использовали материалы экспедиционных рейсов НИС «Спрут» 2009 г. и 2010 г. Моллюски были собраны на станциях с разной удаленностью от района выпуска сточных вод станции биологической очистки (СБО) «Северная» и в районе СБО «Южная» (ст.22) (рис.1).

Для всех моллюсков определяли линейные характеристики створок

Для сравнения темпов роста использовали показатель, характеризующий скорость роста моллюсков T_{20} – время (в годах) достижения моллюсками длины 20 мм:

$$T_{20} = t_0 - (1/k)[\ln(1 - 20/L_x)],$$

где, L_x, k, t_0 – коэффициенты уравнения Бергаланфи.

Продолжительность жизни моллюсков рассчитывали на основании полученных значений коэффициентов уравнения Бергаланфи:

$$T = - [\ln(1 - L_m/L_x)]/k,$$

где T – возраст; L_m – среднее значение длины моллюсков старшей возрастной группы; k, L_x – параметры уравнения Бергаланфи [8]. Коэффициент смертности (Z) рассчитывали из соотношения численности возрастных классов [9]:

$$\ln N_t = \ln N_0 - Z_t,$$

где N_t – численность моллюсков возраста t , N_0 численность моллюсков начального класса. Ежегодную выживаемость моллюсков вычисляли из выражения $V = e^{-Z}$ [9].

Для сравнения полученных морфо-функциональных характеристик моллюска из разных районов использовали однофакторный дисперсионный анализ. Регрессионный анализ, сравнение линий регрессии, сравнение средних значений, дисперсионный анализ проводили, используя пакет прикладных программ *Statgraphics Plus 5.0*.

Результаты и обсуждение. В качестве показателей, отражающих состояние поселений двустворчатого моллюска *A. inaequalvis* в Одесском регионе Черного моря, использовали численность и биомассу моллюсков на каждой станции (табл.1).

В 2009 г. поселения *A. inaequalvis* были обнаружены на трех станциях в районе выпуска СБО «Северная». В 2010 г. площадь, занимаемая поселением *A. inaequalvis* в районе выпуска СБО «Северная», увеличилась – моллюски

Таблица 1. Популяционные характеристики поселений *A. inaequalvis* в Одесском регионе.

станция	численность, экз./м ²	биомасса, г/м ²	возраст		грунт	глубина, м
			max	min		
2009 г.						
СВ1200	28	183,82	5	3	черный ил	8
СВ1500	43	293,97	5	3	черный ил	8
СВ1800	13	101,93	5	0,5	черный ил	8
2010 г.						
СВ800	10	15,98			ил, песок	7,5
СВ1000	20	126,48	4	2	черный ил, песок	9,5
СВ1200	25	211,18	5	4	черный ил	9,5
СВ1500	20	151,54	4	4	черный ил	9,0
СЮ800	5	12,85	2	2	черный ил, песок	6,0
Юст.22	50	89,07	3	0,5	серый ил	16

были обнаружены на пяти станциях. Кроме того, в районе СБО «Южная» на одной станции было обнаружено одно поселение с относительно высокой плотностью, основу которого составили моллюски возрастом 1 и 2 года.

Не выявлено достоверных различий при сравнении средних значений биомассы ($F = 1,85, p = 0,223$) и численности ($F = 2,25, p = 0,184$) моллюсков поселений в районах выпуска СБО «Северная» по годам. Средние значения длины и средней массы на станциях в районе выпуска СБО «Северная» в 2010 г. остались на уровне предыдущего года (рис.2). Различия средних размеров ($t = 0,072, p = 0,943$) и средней массы моллюска ($t = 0,508, p = 0,614$) статистически не значимы.

Получены оценки влияния глубины и качества донных отложений на размерные и масс-размерные показатели моллюска свидетельствуют, что характер грунта оказывает статистически достоверное влияние на все показатели. Влияние глубины обитания достоверным оказалось для характеристик массы тканей моллюска и массы сухих тканей (табл.2).

Анализ масс-размерных характеристик *A. inaequivalvis* показал, что у моллюсков на станциях в районе выпуска СБО «Северная» в процессе роста общая масса, сухих тканей, масса створок изменяется по принципу изометрии. Положительную аллометрию соотношений массы тканей от длины моллюска объясняет присутствие нескольких особей сеголеток. У моллюсков на ст.22 (СБО «Южная») эти показатели меняются по принципу положительной аллометрии ($b > 3$), что объясняется преобладанием на ст.22 моллюсков начальных возрастных классов (табл.3).

Высота раковины относительно ее длины и ширина раковины относительно ее длины моллюсков на ст.22 (СБО «Южная») и на станциях в районе выпуска СБО «Северная» в 2009 г. меняются по принципу изометрии, а у моллюсков в районе выпуска СБО «Северная» в 2010 г. – по принципу отрицательной аллометрии ($b < 1$) (табл.3).

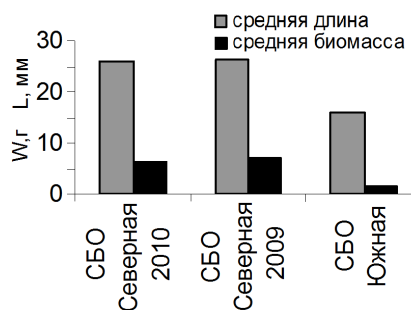


Рис. 2. Средние значения масс-размерных характеристик для *A. inaequivalvis* в Одесском регионе Черного моря.

Таблица 2. Результаты многофакторного дисперсионного анализа зависимости размерно-весовых характеристик показателей *A. inaequivalvis* в Одесском регионе.

фактор влияния	дисперсионное отношение, F					
	H	B	W_L	W_{TL}	W_D	W_{ST}
характер грунта	5,79	6,24	5,98	7,07	16,61	6,08
глубина	<u>3,78</u>	<u>3,68</u>	<u>3,35</u>	5,78	20,21	<u>3,51</u>

Примечание: W_L – общая масса моллюска, W_{TL} – масса тканей моллюска, W_D – масса сухих тканей моллюска, W_{ST} – масса створок моллюска, H – высота раковины, мм; B – ширина раковины, мм; подчеркнуты значения F , для которых $p > 0,05$.

Т а б л и ц а 3. Коэффициенты уравнений регрессии для масс-размерных и размерных соотношений двустворчатого моллюска *A. inaequalvis* в Одесском регионе (2009 – 2010 гг.).

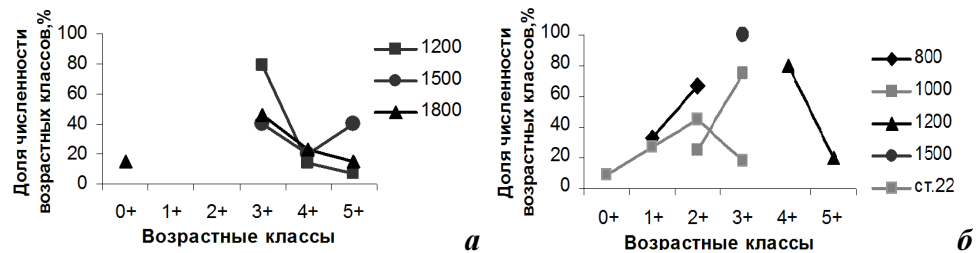
уравнение регрессии	район	коэффициенты		SEa	SEb	R ²
		a	b			
$\ln W_L = a + b \ln L$	I	-8,336	3,101	0,257	0,079	0,98
	II	-8,327	3,085	0,498	0,153	0,97
	III	-9,267	3,451	0,265	0,096	0,99
$\ln W_T = a + b \ln L$	I	-11,474	3,622	0,343	0,106	0,98
	II	-10,343	3,294	0,514	0,158	0,97
	III	-10,239	3,227	0,193	0,069	0,99
$\ln W_D = a + b \ln L$	I	-11,811	3,147	0,419	0,128	0,97
	II	-12,003	3,283	0,553	0,164	0,96
	III	-14,399	4,051	1,014	0,368	0,95
$\ln W_{ST} = a + b \ln L$	I	-8,718	3,037	0,289	0,089	0,97
	II	-9,159	3,162	0,545	0,168	0,96
	III	-10,132	3,559	0,423	0,152	0,99
$\ln H = a + b \ln L$	I	-0,241	1,015	0,101	0,031	0,97
	II	0,054	0,929	0,109	0,034	0,95
	III	-0,125	0,996	0,137	0,049	0,98
$\ln B = a + b \ln L$	I	-0,845	1,142	0,104	0,032	0,98
	II	-0,657	1,080	0,226	0,069	0,95
	III	-1,143	1,260	0,134	0,048	0,98

Примечание: I – СБО «Северная» (2009 г.), II – СБО «Северная» (2010 г.), III – СБО «Южная» (2010 г.); W_L – общая масса моллюска, W_{TL} – масса тканей моллюска, W_D – масса сухих тканей моллюска, W_{ST} – масса створок моллюска, L – длина раковины, мм; H – высота раковины, мм; B – ширина раковины, мм; R^2 – коэффициент детерминации. Жирным шрифтом выделены значения коэффициентов, соответствующие изометрии.

Ширина раковины относительно ее длины моллюсков на ст.22 (СБО «Южная») и на станциях в районе выпуска СБО «Северная» в 2009 г. меняются по принципу положительной аллометрии ($b > 1$), а у моллюсков в районе выпуска СБО «Северная» в 2010 г. – по принципу изометрии (табл.3).

При сравнении значений коэффициента b в уравнениях зависимости размерных и масс-размерных характеристик моллюсков станций в районах выпуска СБО «Северная» по годам достоверных различий не обнаружено. Достоверные различия между районами отбора проб обнаружены для соотношений общей массы моллюска к длине ($F = 3,37, p = 0,08$), массы сухих тканей к длине ($F = 4,36, p = 0,049$) и ширины моллюска к длине ($F = 3,62, p = 0,0703$).

Анализ возрастной структуры поселений моллюсков показал, что *A. inaequalvis* в Одесском регионе образует нестационарные поселения, для которых характерно преобладание одного-двух возрастных классов (рис.3).



Р и с. 3. Возрастной состав поселений для двустворчатого моллюска *A. inaequalvis* в Одесском регионе в 2009 (а) и 2010 (б) гг.

Такой тип возрастной структуры поселений моллюсков этого вида, характерен и для других районов Черного моря [10].

Оседание личинок в местах обитания взрослых особей почти не происходит. Негативная корреляция между оседанием личинок и численностью взрослых моллюсков была показана и для моллюсков Адриатического моря [11]. Созревание половых продуктов у анадары в Черном море, как показала Казанкова И.И. [12], происходит в августе – сентябре, личинки встречаются в планктоне с сентября по декабрь. Пик численности личинок наблюдается в октябре ($135 \text{ экз} \cdot \text{м}^{-3}$) [12]. Поэтому моллюски, определенные нами как сеголетки, имеют возраст 8 – 10 месяцев, годовики – (1+) год, двухлетки – (2+) года и т.д.

Линейный рост моллюсков на разных станциях отличается незначительно. Колебания значений коэффициентов L_x , k и значений φ вероятно связаны с изменчивостью роста моллюска в биотопах с различными гидрологическими, микроклиматическими условиями и уровнями антропогенной нагрузки (табл.4). По мере удаления поселений моллюска от зоны выброса сточных вод станции биологической очистки, показатели роста увеличивались. Наибольшие темпы роста наблюдались у моллюсков в районе СБО «Северная» на станции СВ1800, а наименьшие – на станции СВ1000.

Так, показатель наибольшей длины L_x оказался наивысшим для моллюсков на станции СВ1800, а значения k , характеризующего возрастные замедления скорости роста, – наименьшим. Соответственно, и скорость роста моллюсков здесь оказалась выше, т.е. расчетное время достижения ими максимальной длины меньше, чем для моллюсков станций СВ1000, СВ1200 и СВ1500.

Учитывая нестационарность поселений моллюсков в Одесском заливе, получение показателей смертности и выживаемости не всегда возможно. Тем не менее, по материалам 2009 г. значения показателей коэффициента смер-

Таблица 4. Параметры уравнения роста Берта-ланфи для *A. inaequalvis* в Одесском регионе.

станция	параметры уравнения роста				показатель роста φ
	L_x	k	T_0	T_{20}	
СВ1000	34,36	0,39	-0,09	2,15	2,66
СВ1200	35,70	0,36	-0,11	2,17	2,67
СВ1500	37,85	0,36	-0,04	2,05	2,72
СВ1800	39,73	0,32	-0,09	2,09	2,71

ности и выживаемость в поселениях моллюсков на станции СВ1800 СБО «Северная» были следующими: $Z = -0,613$ ($F = 28,59$, $p = 0,033$) и $V = 54,17 \%$. По объединенным (по всем станциям) материалам 2009 г. для поселения моллюсков СБО «Северная»: $Z = -0,914$ ($F = 18,23$,

$p = 0,0507$) и $V = 40,1$ %.

В 2010 г. эти показатели были определены только для поселений моллюсков на ст.22: $Z = -0,89$ ($F = 58,58$, $p = 0,083$) и $V = 41,07$ %.

Для оценки продолжительности жизни моллюсков использовали среднее значение длины моллюсков старшей возрастной группы (33,85 мм). Полученный расчетный максимальный возраст моллюсков в Одесском регионе равен ≈ 7 годам.

Выводы. В Одесском регионе двустворчатый моллюск *A. inaequalvis* образует нестационарные поселения с небольшой численностью моллюсков. Отмечены достоверные различия морфо-функциональных характеристик моллюсков, обитающих в районах СБО «Северная» и СБО «Южная». На формирование этих характеристик основное влияние оказывает глубина обитания и тип донных отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анистратенко В.В., Халиман И.А.* Двустворчатый моллюск *Anadara inaequalvis* (BIVALVIA, ARCIDAE) в северной части Азовского моря: завершение колонизации Азово-Черноморского бассейна // Вестник зоологии.– 2006. – 40, № 6.– С.505-511.
2. *Золотарев В.Н., Золотарев П.Н.* Двустворчатый моллюск *Cunearca cornea* – новый элемент фауны Черного моря // Докл. АН СССР.– 1987.– 297, № 2.– С.501-502.
3. *Набоженко М.В., Шохин И.В., Сарвилина С.В., Коваленко Е.П.* Современное состояние макрозообентоса Азовского моря // Вестник Южного научного центра РАН. 2006.– т.2, № 2.– С.83-92.
4. *Бородина А.В., Нехорошев М.В., Солдатов А.А.* Каротиноидный состав тканей двустворчатого моллюска *Anadara inaequalvis* – вселенца в Черное море // Экология моря.– 2008.– вып.76.– С.34-39.
5. *Nayamiitaru, Matsukuma Akihiko* Variation of bivariate characters from the standpoint of allometry // Paleontology.– 1970.– v.13, part 4.– P.588-605.
6. *Финогенова Н.Л.* Возрастные элементы раковины двустворчатого моллюска *Anadara inaequalvis* // Междунар. научн. конф. «Современные проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы решений».– Херсон, 2008.– С.484-487.
7. FISAT II: FAO-ICLARM Fish stock Assessment Tools (version 1.2.2.)
8. *Золотарев В.Н.* Склерохронология морских двустворчатых моллюсков.– Киев: Наукова думка, 1989.– 112 с.
9. *Шурова Н.М.* Роль популяционных исследований в современной гидробиологии // Междунар. научн. конф. «Современные проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы решений».– Херсон, 2008.– С.28-33.
10. *Чикина М.В., Колоджина Г.А., Кучерук Н.В.* Аспекты биологии размножения *SCAPHARCA INAEQUALVIS* (BRUGUIÈRE) (BIVALVIA, ARCIDAE) в Черном море // Экология моря.– 2003.– вып.64.– С.72-77.
11. *Mistri M., Rossi R., Ceccherelli V.U.* Growth and production of the ark shell *Scapharca inaequalvis* (Bruguiere) in a Lagoon of the Po River Delta // Marine Ecology.– 1988.– v.9, № 1.– P.35-49.
12. *Казанкова И.И.* Сезонная динамика личинок двустворок и их вертикальное распределение в прибрежном планктоне внешнего рейда Севастопольской бухты (Черное море) // Экология моря.– 2002.– вып. 61.– С.59-63.

Материал поступил в редакцию 14.09.2011 г.

АНОТАЦІЯ. Визначено популяційні характеристики поселень двостулкового молюска *Anadara inaequalis* в двох ділянках Одеського регіону Чорного моря – район випуску СБО Північна і район випуску СБО Південна. Виявлено аллометричні співвідношення розмірів і маси молюска з різних біотопів, характеристики лінійного росту, тривалість життя *A. inaequalis* в Одеському регіоні. Показано вплив глибини і характеру донних відкладень на морфо-функціональні характеристики молюсків.

ABSTRACT. Determined population characteristics of settlements bivalve *Anadara inaequalis* in two regions of Odessa Black Sea region – the area of biological treatment plant issue of North and South. Allometric relationships are revealed the size and weight of different shellfish habitat characteristics of linear growth, life expectancy *A. inaequalis* in the Odessa region. Shows the effect of depth and nature of sediment on the morpho-functional characteristics of the mollusks.