

И.А.Говорин

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

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЖИЗНЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАССЫ
У РАПАН *RAPANA VENOSA* (VALENCIENNES, 1846)
ПО MORFOMETРИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ИХ РАКОВИН
ИЗ ШТОРМОВЫХ БЕРЕГОВЫХ ВЫБРОСОВ**

Изучена возможность использования морфометрических показателей пустых раковин рапаны *Rapana venosa* Valenciennes, 1846 [= *Rapana thomasiana* Crosse, 1861] для прогнозной оценки прижизненных характеристик массы этого моллюска. Пробы животных из естественных популяций отбирали с 2004 по 2011 гг. на шельфе о.Змеиный, в Одесском заливе и прилегающих к нему акваториях, в Тендровском и Каркинитском заливах, а также у м.Тарханкут (северо-западное побережье Крыма). Живых рапан из штормовых выбросов, пустые раковины моллюсков и их крышечки (operculum) собирали на участке Одесского побережья от пересыпи Тилигульского лимана до м. Санжейский. Статистический анализ с высокой степенью вероятности ($p < 0,01$) подтвердил тесную взаимосвязь размерно-массовых показателей у живых моллюсков и их раковин. Построенные математические модели позволяют рассчитать общую массу рапаны и массу её мягкого тела (сырого, и в сухом эквиваленте), исходя из параметров её пустой раковины, найденной в штормовых береговых выбросах в исследованном регионе северо-западной части Чёрного моря.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: брюхоногий моллюск *Rapana venosa*, живые особи, пустые раковины, размерно-массовые соотношения, донные популяции, штормовые выбросы, северо-западная часть Чёрного моря, Украина.

Брюхоногий моллюск *Rapana venosa* Valenciennes, 1846 [= *Rapana thomasiana* Crosse, 1861] в настоящее время является одним из наиболее известных представителей малакофауны Черноморского бассейна [1, 8]. Рапана, впервые обнаруженная в середине прошлого века у побережья Новороссийской бухты [6], со временем широко распространилась в северо-западной части Чёрного моря [4, 5, 7] и продолжает демонстрировать уникальные адаптационные возможности, осваивая всё новые районы обитания [2]. Наглядным свидетельством присутствия рапаны в каждом конкретном районе моря может служить обнаружение в береговых штормовых выбросах её пустых раковин или крышечек (operculum). Поэтому, несомненный интерес представляет изучение возможности реконструкции прижизненных показателей массы животных, в первую очередь исходя из их конхологических характеристик. Раковины взрослых рапан, благодаря своей прочности и сложной пространственной структуре, очень устойчивы к различным механическим воздействиям и могут долгое время сохраняться на берегу в штормовых выбросах после гибели самих моллюсков. Целью данной работы было изучение возможности применения размерно-массовых показателей пустых раковин рапаны *R.venosa* для последующей прогнозной оценки прижизненных характеристик массы этого моллюска в прибрежных районах северо-западной части Черного моря (СЗЧМ).

© И.А.Говорин, 2012

Материал и методика. Отбор проб моллюсков и их пустых раковин проводили в 2004 – 2011 гг. в следующих районах украинского шельфа СЗЧМ:

1) придунайском (на шельфе о.Змеиный): живые моллюски с глубины 7 – 12 м, грунт – песок, камни, скалы, выборка – 150 экз.;

2) одесском (побережье от м.Северный до м.Большой Фонтан, район м.Санжейский, пересыпи Дофиновского и Тилигульского лиманов): рапана с глубины 2 – 8 м, грунт – песок, камни, скалы, бетонные гидротехнические сооружения, выборка – 94 экз.; живые моллюски из береговых штормовых выбросов – 73 экз., пустые раковины найденные там же – 106 шт.;

3) в восточном секторе СЗЧМ (Тендровский и Каркинитский заливы): глубина 4 – 14 м, грунт – песок, выборка – 10 экз. моллюсков;

4) у северо-западного побережья Крыма (м.Тарханкут): глубина 10 м, грунт – песок, 15 экз. рапан.

У живых рапан измеряли штангенциркулем высоту (H , мм) и диаметр (D , мм) раковины, определяли общую массу в раковине (M_1 , г), сырую и сухую массу мягкого тела (M_2 и M_4 , г), массу самой раковины (M_3 , г) и массу роговой крышечки, прикрывающей её устье (M_5). Пустые раковины животных из штормовых выбросов также измерялись (H и D) и взвешивались (M_3). Взвешивание производили на электронных весах с точностью до 0,01 г. Результаты морфометрических измерений подвергали статистической обработке с помощью стандартных пакетов компьютерных программ (*Statgraph Plus 5.0* и *Excel*). Методом сравнительного анализа вариантов делались заключения о наличии или отсутствии статистически значимой ($p < 0,01$) корреляции между контролируемыми параметрами в каждом из исследованных районов. При расчетах зависимости исследуемых характеристик массы моллюска ($M_1 - M_4$) от высоты его раковины (H) использовали формулу степенной зависимости $M_i = a \cdot H^b$, для выявления взаимосвязи отдельных параметров массы между собой применяли формулу линейной зависимости $M_i = a + b \cdot M$. С помощью уравнений множественной регрессии (ANOVA) создавались математические модели, описывающие зависимость общей массы моллюска (M_1), массы его сырого (M_2) и сухого (M_4) мягкого тела от массы раковины (M_3) и её линейных размеров (H и D).

Результаты и обсуждение. Высота раковины (H) у рапан из донных популяций в исследованных районах СЗЧМ варьировала от 28,4 до 114,2 мм, а её диаметр (D) – от 17,9 до 78,4 мм. При этом общая масса животного (M_1) колебалась от 3,07 до 232,94 г, а масса его раковины (M_3) – от 9,62 до 148,00 г. У живых моллюсков из штормовых выбросов, найденных на одесском побережье, максимальные значения этих показателей были несколько ниже и не превышали, соответственно, $H = 31,1 - 88,0$ мм, $D = 19,4 - 65,5$ мм, $M_1 = 3,82 - 109,95$ г, $M_3 = 2,30 - 56,05$ г. Пустые раковины животных в выбросах можно было отнести практически к той же размерно-массовой группе, что и живые особи, найденные там же (H , D и M_3 30,5 – 82,8 мм, 19,2 – 55,4 мм и 2,32 – 55,27 г соответственно) (табл.1).

О принадлежности черноморских рапан к тому или иному району обитания можно с высокой степенью вероятности судить по морфометрическим особенностям их раковины, в частности, по соотношению её линейных размеров. Так, например, рапаны у одесского побережья характеризуются

Т а б л и ц а 1. Характеристики размеров и массы у рапаны *Rapana venosa* из донных популяций (RB), у живых моллюсков (RC) и их раковин (SC), найденных в штормовых выбросах, 2004 – 2011 гг.

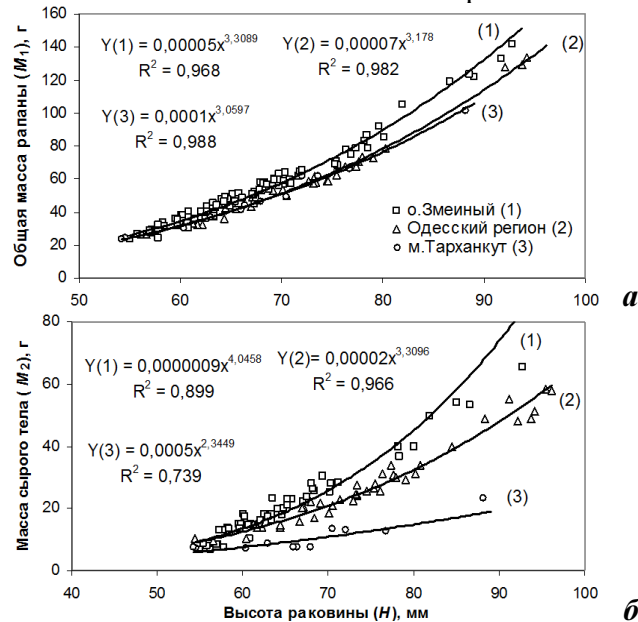
район	объект изучения	<i>H</i> , мм	<i>D</i> , мм	<i>M</i> ₁ , г	<i>M</i> ₂ , г	<i>M</i> ₃ , г	<i>M</i> ₄ , г	<i>M</i> ₅ , г
1	RB	30,6 – 101,6	19,0 – 72,2	3,98 – 173,87	1,57 – 73,65	3,16 – 100,52	2,21 – 17,09	0,01 – 1,55
2	RB	28,4 – 110,6	17,9 – 78,4	3,07 – 183,62	2,80 – 68,06	9,62 – 98,60	1,90 – 18,75	0,06 – 1,29
	RC	31,1 – 88,0	19,4 – 65,5	3,82 – 109,95	9,45 – 56,18	2,30 – 56,05	0,24 – 9,77	0,08 – 0,68
	SC	30,5 – 82,8	19,2 – 55,4	–	–	2,32 – 55,27	–	–
3	RB	46,4 – 114,2	31,8 – 78,4	19,04 – 232,94	6,57 – 76,30	10,36 – 148,00	–	0,07 – 1,74
4	RB	54,2 – 89,0	38,3 – 64,2	23,7 – 112,57	7,08 – 37,82	14,1 – 68,32	1,31 – 10,91	0,10 – 1,05

Примечание (здесь и в табл. 2 и 3): районы отбора проб: шельф о. Змеиный (1), Одесский регион (2), Гендровский и Каркинитский заливы (3), м. Тарханкут (4); *H*, *D* – высота и диаметр раковины (мм); *M*₁ – общая масса моллюска, *M*₂ – масса его сырого тела, *M*₃ – масса раковины, *M*₄ – сухой эквивалент массы тела, *M*₅ – масса роговой крышечки, закрывающей устье раковины (г); «–» – не определялось.

более удлинённой формой раковины, чем моллюски, обитающие у восточного побережья Крыма (Судакская бухта). Отношение высоты раковины к её диаметру (H/D) у рапан из этих двух районов составляет $1,7 \pm 0,02$ и $1,3 \pm 0,01$ соответственно [3, 9]. Для сравнения, у рассматриваемых в данной работе моллюсков из района м.Тарханкут (северо-западное побережье Крыма), значения H/D не превышали $1,36 \pm 0,01$. Таким образом, по этому показателю их можно с большой долей вероятности отделить от рапан из одесского региона СЗЧМ и отнести к «крымской группе» моллюсков, основываясь не только на сугубо географическом расположении района их вылова.

Исходя из высоты раковины рапаны (H) можно с высокой степенью достоверности определить как параметры общей массы животного (M_1), так и массы его сырого тела (M_2), основываясь на тесной взаимозависимости этих показателей, наблюдаемой в каждом конкретном районе обитания моллюсков (рис.1). Однако у раковин, найденных после шторма в береговых выбросах, как правило, бывает частично «сточена» или полностью отбита наиболее хрупкая её верхушка, из-за чего точное определение размера животного зачастую не представляется возможным. В этом случае, для прогнозного определения прижизненной массы моллюска лучше всего использовать такой относительно стабильный параметр,

как масса его раковины (M_3),
которая



Р и с . 1 . Зависимость общей массы моллюска (M_1 , г) (а) и массы его сырого тела (M_2 , г) (б) от высоты раковины (H , мм) у *Rapana venosa* из донных популяций в исследованных районах северо-западной части Чёрного моря: шельф о. Змеиный (1), одесский регион (2), крымское побережье, м.Тарханкут (3); 2004 – 2011 гг.

в меньшей степени подвержена изменениям даже при некоторых механических повреждениях, возникающих во время штормового воздействия.

Проведенный статистический анализ с высоким уровнем достоверности ($p < 0,01$) продемонстрировал тесную корреляционную связь между общей массой рапаны (M_1), сырой и сухой массой её тела (M_2 и M_4) с одной стороны, и массой раковины животного (M_3) – с другой (табл.2).

При этом необходимо отметить, что находка в штормовых выбросах не только пустой раковины рапаны, но даже одной роговой крышечки, закрывающей её устье, позволяет рассчитать по массе последней (M_5) основные прижизненные показатели массы моллюска, которому она в своё время принадлежала (табл.3).

Сравнительный анализ линий регрессии на графиках линейной зависимости общей массы животного (M_1) от массы раковины (M_3) показал, что этот показатель у моллюсков из донных популяций Одесского региона и у рапан на шельфе о.Змеиный практически не отличается от прогнозных величин $M_1(SC)$, рассчитанных нами исходя из массы пустых раковин моллюсков, найденных в штормовых выбросах на Одесском побережье (рис.2, а). Наблюдаемое при этом аналогичное совпадение графиков расчетной (по массе раковины) и прижизненной зависимости сырой (M_2) и сухой (M_4) массы мягких тканей животных от массы их раковин (рис.2, б, в), позволяет с высокой вероятностью констатировать практически одинаковый уровень

«упитанности» рапаны у Одесского побережья и у о.Змеиный. Подобное совпадение показателей массы мягкого тела моллюсков может служить, Таблица 2. Параметры уравнений зависимости общей массы моллюска (M_1), массы сырого мягкого тела (M_2) и его сухого эквивалента (M_4) от массы раковины (M_3) у *Rapana venosa* в исследованных районах Чёрного моря, 2004 – 2011 гг.

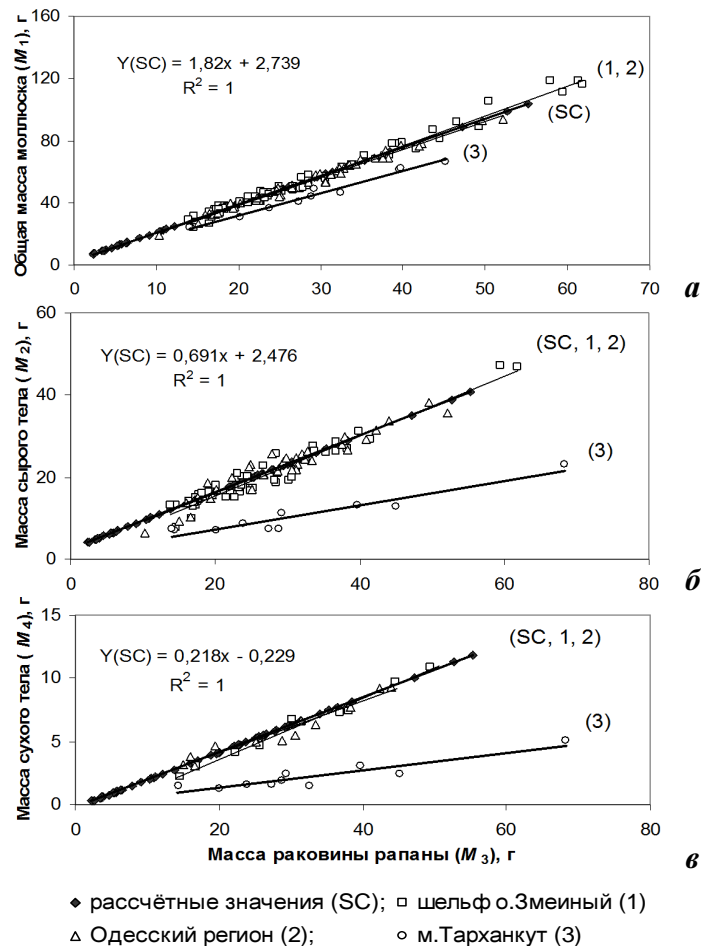
район	уравнение	n	R^2	SEE
1	$M_1 = -0,622 + 1,911 \cdot M_3$	124	98,31	4,458
	$M_2 = -1,432 + 0,792 \cdot M_3$	124	89,03	4,941
	$M_4 = -1,964 + 0,265 \cdot M_3$	20	93,68	1,112
2	$M_1 = 1,664 + 1,889 \cdot M_3$	157	97,87	4,921
	$M_2 = 3,662 + 0,694 \cdot M_3$	128	81,97	5,105
	$M_4 = -0,130 + 0,215 \cdot M_3$	110	90,72	1,279
3	$M_1 = 18,717 + 1,493 \cdot M_3$	10	98,04	8,635
	$M_2 = 16,363 + 0,445 \cdot M_3$	10	80,89	8,842
4	$M_1 = 0,722 + 1,594 \cdot M_3$	15	90,69	8,626
	$M_2 = -0,958 + 0,435 \cdot M_3$	15	45,25	8,087
	$M_4 = -0,813 + 0,119 \cdot M_3$	15	37,54	2,595

Примечание (здесь и в табл. 3): n – объём выборки (экз.); R^2 – коэффициент детерминации (%); SEE – стандартная ошибка уравнения.

Таблица 3. Параметры уравнений зависимости общей массы моллюска (M_1), массы сырого мягкого тела (M_2) и его сухого эквивалента (M_4), массы раковины (M_3) от массы крышечки, прикрывающей устье раковины (M_5) у *Rapana venosa* в исследованных районах Чёрного моря, 2004–2011 гг.

район	уравнение	n	R^2	SEE
1	$M_1 = 13,412 + 132,348 \cdot M_5$	124	93,96	8,421
	$M_2 = 4,231 + 55,359 \cdot M_5$	124	86,63	5,456
	$M_3 = 7,595 + 68,460 \cdot M_5$	124	93,39	4,568
	$M_4 = 0,563 + 16,964 \cdot M_5$	20	93,03	1,168
2	$M_1 = 10,965 + 146,954 \cdot M_5$	157	94,36	8,015
	$M_2 = 7,133 + 54,256 \cdot M_5$	128	83,42	4,896
	$M_3 = 5,242 + 76,808 \cdot M_5$	157	93,95	4,346
	$M_4 = 0,862 + 17,148 \cdot M_5$	110	88,88	1,401
3	$M_1 = 23,562 + 103,236 \cdot M_5$	10	83,43	25,106
	$M_2 = 14,027 + 33,631 \cdot M_5$	10	82,34	8,501
	$M_3 = 8,859 + 64,881 \cdot M_5$	10	74,90	20,499
4	$M_1 = 17,111 + 94,137 \cdot M_5$	15	89,38	9,215
	$M_2 = 2,735 + 27,613 \cdot M_5$	15	51,48	7,613
	$M_3 = 10,784 + 57,824 \cdot M_5$	15	94,48	3,967
	$M_4 = 0,084 + 7,836 \cdot M_5$	15	45,93	2,415

Примечание: условные обозначения – см. табл. 1.



Р и с. 2. Зависимость общей массы моллюска (M_1 , г) (а), массы его сырого (M_2 , г) (б) и сухого мягкого тела (M_4 , г) (в) от массы раковины (M_3 , г) у *Rapana venosa* в исследованных районах северо-западной части Чёрного моря: SC – прогнозные величины, рассчитанные исходя из массы пустых раковин моллюсков, найденных в штормовых выбросах на одесском побережье; рапана из донных популяций у о.Змеиный (1), в одесском регионе (2), у крымского побережья, район м.Тарханкут (3); 2004 – 2011 гг.

в частности, косвенным подтверждением схожести трофического состояния этих двух районов СЗЧМ.

В то же время, графики зависимости контролируемых параметров массы моллюсков (M_1 , M_2 и M_4) от массы их раковины M_3 , построенные для рапан из придунайского и одесского районов, в значительной степени отличаются от таковых для рапан, выловленных возле крымского побережья у м. Тарханкут. Это может свидетельствовать о существенных различиях этих двух регионов СЗЧМ, в первую очередь по их трофическому потенциалу для обитающих там хищников. Так, по данным водолазного наблюдения, в 424

районе м.Тарханкут практически отсутствовали мидии *M.galloprouncialis*, а главным источником питания для рапаны были мелкоразмерные моллюски *Mytilaster lineatus* и *Anadara inaequivalvis*. В то же время, в одесском регионе, наоборот, основным кормовым объектом рапане служат в первую очередь мидии, донные поселения которых на настоящий момент демонстрируют здесь наиболее значительную численность и биомассу, по сравнению с другими массовыми видами двустворчатых моллюсков.

Как следствие, отношение массы сырого мягкого тела (M_2) и его сухого эквивалента (M_4) к массе раковины (M_3) у рапан из этого района было значительно ниже, чем, например, у моллюсков, выловленных возле одесского побережья: $M_2/M_3 = 0,342 \pm 0,028$ и $0,781 \pm 0,016$, $M_4/M_3 = 0,0701 \pm 0,0063$ и $0,198 \pm 0,0067$ соответственно.

Итоговые уравнения, связывающие параметры общей массы рапаны (M_1), массы её сырого и сухого тела (M_2 и M_4) с массой раковины (M_3) и её линейными размерами – с высотой (H) и диаметром (D) у моллюсков в придонном и одесском районах СЗЧМ имеют следующий вид ($p < 0,01$):

$$\ln M_1 = -4,326 + 0,453 \cdot \ln M_3 + 0,532 \cdot \ln H + 1,171 \cdot \ln D$$

$$(n = 291; R^2 = 99,35; SEE = 0,073),$$

$$\ln M_2 = -13,224 - 0,352 \cdot \ln M_3 + 0,640 \cdot \ln H + 3,793 \cdot \ln D$$

$$(n = 261; R^2 = 95,47; SEE = 0,210),$$

$$\ln M_4 = -11,916 + 0,054 \cdot \ln M_3 + 1,301 \cdot \ln H + 2,052 \cdot \ln D$$

$$(n = 137; R^2 = 88,68; SEE = 0,330).$$

Вместе с тем, необходимо констатировать, что полученные уравнения могут использоваться в первую очередь применительно к моллюскам из данного сектора СЗЧМ, где близкие климатические и трофические условия обитания рапан обуславливают схожесть размерно-массовых показателей животных. Вполне вероятно, что в других районах моря подобные корреляционные связи между отдельными морфометрическими характеристиками моллюсков могут иметь свои специфические отличия, и будут описываться другими формулами.

Выводы. Проведенные исследования с высокой степенью достоверности ($p < 0,01$) подтверждают тесную корреляционную зависимость основных размерно-массовых характеристик у живых особей рапаны *Rapana venosa* от массы их пустой раковины и даже от массы роговой крышечки, прикрывающей её устье. Полученные статистически значимые уравнения могут быть использованы в дальнейшем для прогнозного воссоздания прижизненных показателей общей массы моллюска и массы его мягкого тела (как сырого, так и в сухом эквиваленте), исходя только из параметров его раковины, найденной в штормовых выбросах на исследованных участках побережья северо-западной части Чёрного моря.

Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам ОФ ИнБЮМ А.П.Куракину за водолазный отбор проб рапаны на шельфе о.Змеиный и в Одесском заливе, и В.В.Адобовскому за помощь при сборе моллюсков и их раковин в береговых штормовых выбросах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бондарев И.П.* Морфогенез раковины и внутривидовая дифференциация рапаны *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) // *Ruthenica*.– 2010.– т.20, № 2.– С.69-90.
2. *Говорин И.А., Куракин А.П.* Находка рапаны *Rapana thomasiana* в Придунайском районе северо-западной части Черного моря // *Экология моря*.– 2005.– т.69.– С.18-19.
3. *Говорин И.А., Куракин А.П.* Аллометрические характеристики рапаны *Rapana thomasiana* в северо-западной части Черного моря // *Еколого-функціональні та фауністичні аспекти дослідження молюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища: Збірник наук. праць*.– 2-й вип.– Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І.Франка, 2006.– С.60-63.
4. *Гончаров А.Д.* Рапана у северо-западного побережья Черного моря // *Гидро-биол. журн.*– 1977.– т.13, № 3.– С.29-31.
5. *Гришин А.Н., Золотарев П.Н.* Биологическая характеристика и запас рапаны в Черном море // *Сырьев. ресурсы и биол. основы рац. использов. промысл. беспозвоночных: Тез. докл. Всес. совещ., Владивосток, 22-24 ноября 1988.*– Владивосток: ТИНРО, 1988.– С.56-57.
6. *Драпкин Е.И.* Новый моллюск в Черном море // *Природа*.– 1953, № 9.– С.92-95.
7. *Иванов А.И.* Расширение ареала рапаны и проникновение ее в северо-западную часть Черного моря // *ДАН СССР*.– 1965.– т.161, № 3.– С.694-696.
8. *Чухчин В.Д.* Экология брюхоногих моллюсков Черного моря.– Киев: Наукова думка, 1984.– 176 с.
9. *Govorin I.A.* The morphometric features of the marine gastropod *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) near the Ukrainian coast of the northwestern Black Sea // *Mollusca*.– 2009.– vol.27 (2).– P.137-141.

Матеріал поступил в редакцию 24.05.2012 г.

АНОТАЦІЯ. Вивчена можливість використання морфометричних показників порожніх мушель рапани *Rapana venosa* Valenciennes, 1846 [= *Rapana thomasiana* Crosse, 1861] для прогнозу оцінки прижиттєвих характеристик маси цього молюска. Проби рапан із донних популяцій відбирали на шельфі о. Зміїний, в Одеській затоці та прилеглих до неї акваторіях, в Тендрівській та Каркінітській затоках, а також біля м. Тарханкут (північно-західне узбережжя Криму). Живих молюсків із штормових викидів, пусті мушлі та їх покривки (operculum) збирали на Одеському узбережжі від пересипу Тілігульського лиману до м.Санжейській. Відбір матеріалу для досліджень охоплює період з 2004 по 2011 рр. Статистичний аналіз з високим ступенем вірогідності ($p < 0,01$) підтвердив тісний взаємозв'язок розмірно-масових показників у живих молюсків та їх порожніх мушель. Побудовані математичні моделі дозволяють визначати загальну масу рапани і масу її м'якого тіла (сирого, і в сухому еквіваленті), виходячи з параметрів раковин тварин, знайдених в штормових берегових викидах в дослідженому регіоні Чорного моря.

ABSTRACT. The using of morphometric parameters of wide shells *Rapana venosa* Valenciennes, 1846 [= *Rapana thomasiana* Crosse, 1861] from after-storm ejects for prognosis evaluations of lifetime mass characteristics of these mollusks were studied. Investigations were carried in 2004–2011, in a few areas of northwestern part of the Black Sea: nearby Zmeiny Island, Odessa coast, Tendra and Karkinitsky Gulfs, nearby Tarkhankut Cape (northwestern coast of Crimea). Statistical analysis with high probability ($p < 0,01$) demonstrated the strong interdependence between size-mass characteristics of live mollusks and its wide shells. The constructed mathematical models allow to determine the total weight of *Rapana* and its soft body (raw and dry), based on the size-

mass parameters of shells found in coastal after-storm ejects in the investigated region of the Black Sea.