

УДК 574.9 : 551.46(262.5)

ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ ЧЕРНОМОРСКИХ АКАРЦИИД КАК ОДИН ИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОСФЕРЫ

О.А. Гарбазей¹, Ю.А. Загородняя²

*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского
Национальной академии наук Украины, г. Севастополь*

Изучено проявление флуктуирующей асимметрии (ФА) у трех видов черноморских акарциид: *Acartia clausi*, *Acartia tonsa*, *Acartia margalefi*. Определены значения ФА и оценен уровень стабилизации развития внутри вида *A. clausi* в разных точках ареала, а также между тремя видами *A. clausi*, *A. tonsa*, *A. margalefi*. При исследовании ФА *A. clausi* выявлено увеличение уровня ее проявления с продвижением к берегу. Определено, что из трех исследуемых видов развитие наиболее канализовано у *A. margalefi*, а также развитие самок более стабилизировано, чем самцов. Полученные данные могут быть использованы при оценке экологического состояния гидросферы.

Введение

Флуктуирующая асимметрия (ФА) является одной из форм реализационной изменчивости и выражается в незначительных ненаправленных отклонениях от строго билатеральной симметрии организмов [1]. Уровень ФА зависит от комфортности условий развития и возрастает в дискомфортных условиях. Благодаря этому может служить показателем дестабилизации развития особей в популяциях, находящихся в неблагоприятных условиях развития [2, 3].

Таким образом, используя показатели ФА, можно оценивать уровень дестабилизации развития в популяциях и степень дискомфорта условий развития для данной популяции [4].

В настоящее время изучение ФА широко используется при оценке состояния популяций наземных и водных животных и растений [5]. В частности, эти показатели являются обязательными при мониторинге наземных и пресноводных экосистем в России.

В применении к морским экосистемам данный вопрос разработан слабо, хотя есть единичные работы. На наш взгляд, изучение ФА билатеральных признаков акарциид может стать одним из перспективных направлений оценки усиливающейся антропогенной нагрузки в Черноморском регионе.

Постановка целей и задач научного исследования

Цель работы - исследовать проявление ФА массовых черноморских копепод в разных точках ареала, определить ее значение и возможность использования как одного из показателей экологического состояния гидросферы.

Для решения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- рассчитать и сравнить ФА у *Acartia clausi* в разных выборках;
- рассчитать и провести сравнительный анализ ФА у трех видов акарциид (*Acartia clausi*, *Acartia tonsa* и *Acartia margalefi*);

- выявить различия ФА у самок и самцов;
- провести анализ ФА измеренных параметров у различных видов гидробионтов и предложить использовать наиболее изменчивые параметры для оценки экологического состояния морской среды.

Материалы и методы

Для исследования были взяты пробы зоопланктона из разных районов Черного моря: Керченское предпроливье (1) и северо-западная часть Черного моря (СЗЧМ) (2); 2,5 мили от Севастопольской бухты (3) и бухта Круглая (4). Из них были выбраны *A. clausi*. А также была взята проба из Сиваша, из которой выбирались *A. margalefi*, составляющие до 93 % численности, и проба из побережья Крыма, из которой выбрали *A. tonsa*. После количественной обработки проб из каждой пробы произвольно отбирали по 20 экземпляров половозрелых самок и самцов.

Измерения проводили под микроскопом Leica DMLS2 при увеличении 10 x 10 и 10 x 20. У самок промерено слева и справа 12 морфологических признаков, у самцов - 6. У самок измерялись следующие параметры: длина антеннул ($L_{ан}$); длина фуркальных ветвей ($L_{фв}$); ширина фуркальных ветвей ($H_{фв}$); длина первых члеников пятых ног ($L_{1чл}$); ширина первых члеников пятых ног ($H_{1чл}$); длина вторых члеников пятых ног ($L_{2чл}$). У самцов: длина антеннул ($L_{ан}$); длина фуркальных ветвей ($L_{фв}$); ширина фуркальных ветвей ($H_{фв}$).

Выбранные для анализа признаки являются в основном либо общепринятыми при изучении морфологии и систематики копепод, либо связанными с функциями движения и парения рачков.

Результаты измерений обрабатывались стандартными статистическими методами. Для того чтобы исключить направленную асимметрию у анализируемых признаков в каждой выборке проведен анализ с помощью *t*-критерия Стьюдента, где сравнивались средние значения этих признаков. Там, где выявлялась достоверность различий (то есть подтверждалось наличие направленной асимметрии), направленная асимметрия (Md) оценивалась как разница между средними значениями признака слева и справа. При наличии направленной асимметрии выраженность флуктуирующей асимметрии (А) определялась по формуле

$$A = \frac{\sum |X_{пр1} - X_{лев1}| - Md}{n}, \quad (1)$$

где *n* – количество особей в выборке.

Если наличие направленной асимметрии не подтверждалось, то выраженность флуктуирующей ассиметрии (А) определялась по формуле

$$A = \frac{\sum |X_{пр1} - X_{лев1}|}{n}. \quad (2)$$

Относительная выраженность флуктуирующей асимметрии (В) определялась по формуле

$$B = \sum \frac{2|X_{пр} - X_{лев}|}{X_{пр} + X_{лев}} : n. \quad (3)$$

Сравнение значимости различий флуктуирующей асимметрии (ФА) между выборками из разных районов и разных видов проводилось с помощью методов вариационной статистики.

Сравнения дисперсий проводились с помощью критерия Фишера ($F_{эмп}$) по формуле

$$F_{эмп} = d_1^2 / d_2^2, \quad (4)$$

где d_1^2 – большая дисперсия.

Если между дисперсиями различия не достоверны, то средние значения сравнивали по t -критерию Стьюдента, используя формулу

$$t = \frac{|X_{cp1} - X_{cp2}|}{\sqrt{m_1^2 - m_2^2}}, \quad (5)$$

где $m = d / \sqrt{n-1}$.

Степень свободы $f = n_1 + n_2 - 2$, где n – количество особей в выборке.

Если дисперсии различались достоверно, то средние значения сравнивали по приближенному t -критерию по формуле

$$t = \frac{|X_{cp1} - X_{cp2}|}{\sqrt{d_1^2/n_1 + d_2^2/n_2}}, \quad (6)$$

число степеней свободы

$$f_1 = \frac{1}{u^2/n_1 - 1 + (1-u)^2/n_2 - 1},$$

где

$$u = \frac{d_1^2/n_1}{d_1^2/n_1 + d_2^2}.$$

Процент асимметричных особей рассчитывался по формуле

$$\%_{ас.ос} = \frac{n_{ас.ос}}{n} \cdot 100 \%, \quad (7)$$

где $n_{ас.ос}$ – количество асимметричных особей и n – всех особей в выборке.

Определение флуктуирующей асимметрии *A. clausi* в разных выборках

Флуктуирующая асимметрия (А) оценена у *A. clausi* в разных выборках. Процент асимметричных особей *A. clausi*, рассчитанный по формуле (7), представлен в табл. 1. Из табл. 1 видно, что наибольшее количество асимметричных особей среди самок и самцов по длине антеннул ($L_{ан}$), длине фуркальных ветвей ($L_{фв}$), а у самок и по длине вторых члеников пятых ног ($L_{2чл}$). Наименьшее количество асимметричных особей наблюдалось среди самок по ширине фуркальных ветвей ($H_{фв}$), а также по длине и ширине первых члеников пятых ног ($L_{1чл}$, $H_{1чл}$), а у самцов – по ширине фуркальных ветвей ($H_{фв}$).

Проведенный анализ показал, что направленная асимметрия по изученным признакам отсутствует, поэтому для них величины флуктуирующей асимметрии рассчитывали по формуле (2), результаты которых представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 1

Процент асимметричных особей по всем исследуемым параметрам среди самок (FM) и самцов (M) *A. clausi*

Район	Пол	$L_{ан} \%_{ас}$	$L_{фв} \%_{ас}$	$H_{фв} \%_{ас}$	$L_{1чл} \%_{ас}$	$H_{1чл} \%_{ас}$	$L_{2чл} \%_{ас}$
Керченское предпроливье	FM	95	75	15	0	0	20
	M	80	90	50			
СЗЧМ	FM	90	75	0	5	0	0
	M	80	70	0			
2.5 мили от Севастопольской бухты	FM	95	95	20	45	15	95
	M	50	80	5			
Бухта Круглая	FM	100	67	0	6 %	0	87
	M	81	95	0			

Т а б л и ц а 2

Выраженность проявления флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков у самок и самцов *A. clausi* в разных выборках

Пол	Параметры					
	$L_{ан}$	$L_{фв}$	$H_{фв}$	$L_{1чл}$	$H_{1чл}$	$L_{2чл}$
Керченское предпроливье						
FM	0.03	0.0034	0.0006	0.0008	0	0.001
M	0.03	0.003	0.0016			
СЗЧМ						
FM	0.023	0.0035	0	0.0003	0	0
M	0.032	0.0027	0			
2.5 мили от Севастопольской бухты						
FM	0.015	0.0048	0.0008	0.0018	0.0006	0.0053
M	0.04	0.0033	0.0002			
Бухта Круглая						
FM	0.04	0.0027	0	0.00027	0	0.0048
M	0.017	0.0033	0			

Из табл. 2 видно, что признаки, имеющие небольшие линейные размеры, показывают невысокие значения флуктуирующей асимметрии. Это может быть связано как с небольшой вариацией размера признака, так и с особенностью контроля изменчивости при индивидуальном развитии особи. Для сравнения уровня ФА по разным признакам необходимо от абсолютных величин перейти к относительным показателям по формуле (3), результаты расчетов приведены в табл. 3.

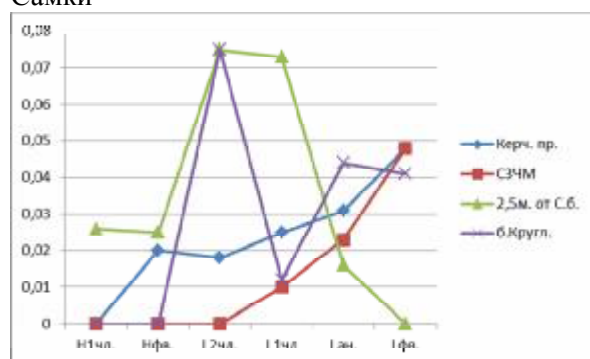
Наибольшая выраженность ФА у самок и самцов *A. clausi* во всех выборках наблюдается в длине фуркальных ветвей, длине антеннул, а у самок также в длине первого и второго члеников пятых ног. Именно по этим параметрам наблюдалась наибольшая вариабильность при морфологических исследованиях.

По данным табл. 3 составлены графики уровней проявления ФА (рис. 1), при этом было проведено ранжирование параметров по величине ФА.

Выраженность проявления флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков самок (FM) и самцов (M) *A. clausi* из разных выборок в относительных величинах

Пол	Параметры					
	$L_{ан}$	$L_{фв}$	$H_{фв}$	$L_{1чл}$	$H_{1чл}$	$L_{2чл}$
Керченское предпроливье						
FM	0,031	0,048	0,02	0,025	0	0,018
M	0,034	0,05	0,045			
СЗЧМ						
FM	0,023	0,048	0	0,01	0	0
M	0,041	0,047	0			
2.5 мили от Севастопольской бухты						
FM	0,016	0,067	0,025	0,073	0,026	0,075
M	0,044	0,057	0,0076			
Б. Круглая						
FM	0,044	0,041	0	0,012	0	0,075
M	0,034	0,076	0			

Самки



Самцы

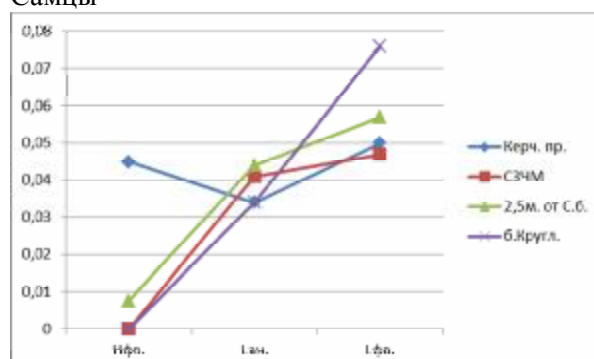


Рис. 1. Уровень проявления выраженности ФА у самок и самцов *A. clausi* из разных выборок, где по оси X – параметры, а по оси Y – значения ФА

Наименьший уровень проявления ФА по всему комплексу исследованных морфологических признаков проявляется у самок и самцов во второй выборке (СЗЧМ, открытое море). Здесь, судя по величине ФА, условия для развития *A. clausi* оказались наиболее комфортными.

Величина ФА позволяет также судить об уровне стабильности индивидуального развития организмов. Достоверность обнаруженных различий величин флуктуирующей асимметрии по каждому признаку между четырьмя выборками, выявленная методами вариационной статистики при попарном сравнении выборок (формулы (4) – (6)), приведена в табл. 4.

У самок между выборками 1 - 2 и 1 - 4 различия не обнаружены, уровень стабильности развития, оцениваемый по ФА, в этих выборках одинаковый. В выборках 1 и 3 различия наблюдаются по двум признакам ($L_{ан}$ и $L_{2чл}$) (в 3-й значения больше). Между 2 и 3 – по одному признаку ($L_{1чл}$) (во 2-й значение больше). Между 2 и 4 – по одному признаку ($L_{ант}$) (в 4-й - больше). Между 3 и 4 – по двум признакам ($L_{ан}$ и $L_{1чл}$) (в 3-й - больше).

Т а б л и ц а 4

Достоверность различий выраженности проявления ФА исследуемых признаков у самок и самцов *A. clausi* четырех выборок

Признак	Районы исследования					
	1 и 2	1 и 3	1 и 4	2 и 3	2 и 4	3 и 4
Самки						
$L_{ан}$	нет	да	нет	нет	да	да
$L_{фв}$	нет	нет	нет	нет	нет	нет
$H_{фв}$	нет	нет	нет	нет	нет	нет
$L_{1чл}$	нет	нет	нет	да	нет	да
$L_{1чл}$	нет	нет	нет	да	нет	да
$H_{1чл}$	нет	нет	нет	нет	нет	нет
$L_{2чл}$	нет	да	нет	нет	нет	нет
Самцы						
$L_{ан}$	нет	нет	нет	нет	нет	нет
$L_{фв}$	нет	нет	нет	нет	нет	нет
$H_{фв}$	нет	да	нет	нет	нет	нет

Примечание. 1 – Керченское предпроливье, 2 – СЗЧМ, 3 – 2,5 мили от Севастопольской бухты, 4 – б. Круглая

По самцам различия выявлены только между 1 и 3 – $DH_{фв}$, при этом в 1-й больше.

Проведенный анализ показал, что уровень выраженности ФА достоверно различающихся признаков увеличивается при продвижении к берегу, отсюда следует, что канализованность индивидуального развития *A. clausi* выше в открытых районах моря.

Сравнительный анализ флуктуирующей асимметрии у трех видов черноморских *Acartia* (*A. clausi*, *A. tonsa* и *A. margalefi*)

Таким же образом и по тем же признакам была проанализирована ФА у двух других видов черноморских *Acartia* (*A. tonsa* и *A. margalefi*). Полученные для этих видов данные были сопоставлены с результатами исследований *A. clausi*.

В табл. 5 представлен процент асимметричных особей, рассчитанных с помощью формулы (7) по исследуемым признакам для трех видов черноморских акарциид.

Т а б л и ц а 5

Процент асимметричных особей самок (FM) и самцов (M) *A. clausi*, *A. tonsa* и *A. margalefi*

Район	Пол	$L_{ан}$ % ас	$L_{фв}$ % ас	$H_{фв}$ % ас	$L_{1чл}$ % ас	$H_{1чл}$ % ас	$L_{2чл}$ % ас
<i>A. clausi</i>	FM	94	79	9	17	4	48
	M	80	69	13			
<i>A. tonsa</i>	FM	75	35	10	10	10	35
	M	90	75	40			
<i>A. margalefi</i>	FM	85	30	5	10	10	5
	M	100	25	10			

Видно, что асимметрия по всем исследуемым признакам есть как у самок, так и у самцов всех трех исследуемых видов акариид. Наибольший процент асимметричных особей наблюдается у самок и самцов в длине антеннул ($L_{ан}$), длине фуркальных ветвей ($L_{фв}$), а у самок также в длине вторых члеников пятых ног ($L_{2чл}$). Меньшее количество особей обоих полов с асимметрией по ширине фуркальных ветвей ($H_{фв}$), а у самок также - по длине и ширине первых члеников пятых пар ног ($L_{1чл}$, $H_{1чл}$). Следует отметить значимо более высокий процент асимметричных особей по изученным признакам в популяции *A. tonsa* по самцам. Это, вероятно, связано с тем, что *A. tonsa* - вселенец в Черном море и ее онтогенез в новом местообитании менее стабилизирован. Аналогичный результат был получен для другого недавнего вселенца в Черное море – *Anadara (Bivalvia)* [10]. Наименьший процент асимметричных особей выявлен у самок и самцов аборигенного вида *A. margalefi*.

Для сравнения уровня ФА по разным признакам у разных видов по формуле (3) рассчитана относительная величина флуктуирующей асимметрии у *A. clausi*, *A. tonsa* и *A. margalefi* (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Относительная величина флуктуирующей асимметрии разных билатеральных признаков у самок (FM) и самцов (M) трех видов акариид

Пол	Параметры					
	$L_{ан}$	$L_{фв}$	$H_{фв}$	$L_{1чл}$	$H_{1чл}$	$L_{2чл}$
<i>A. clausi</i>						
FM	0.027	0.052	0.012	0.031	0.0069	0.04
M	0.037	0.057	0.013			
<i>A. tonsa</i>						
FM	0.016	0.031	0.016	0.055	0.019	0.039
M	0.017	0.088	0.053			
<i>A. margalefi</i>						
FM	0.053	0.025	0.002	0.009	0.007	0.008
M	0.099	0.029	0.009			

Наибольшая величина ФА среди самок трех видов акариид проявляется в длине фуркальных ветвей ($L_{фв}$), длине антеннул ($L_{ан}$), длине первого и второго члеников пятых ног ($L_{1чл}$, $L_{2чл}$). Она менее выражена в ширине фуркальных ветвей ($H_{фв}$) и ширине первого членика пятых ног ($H_{1чл}$). У самцов наибольшая величина ФА отмечена в длине фуркальных ветвей ($L_{фв}$), длине антеннул ($L_{ан}$), она меньше в ширине фуркальной ветви ($H_{фв}$).

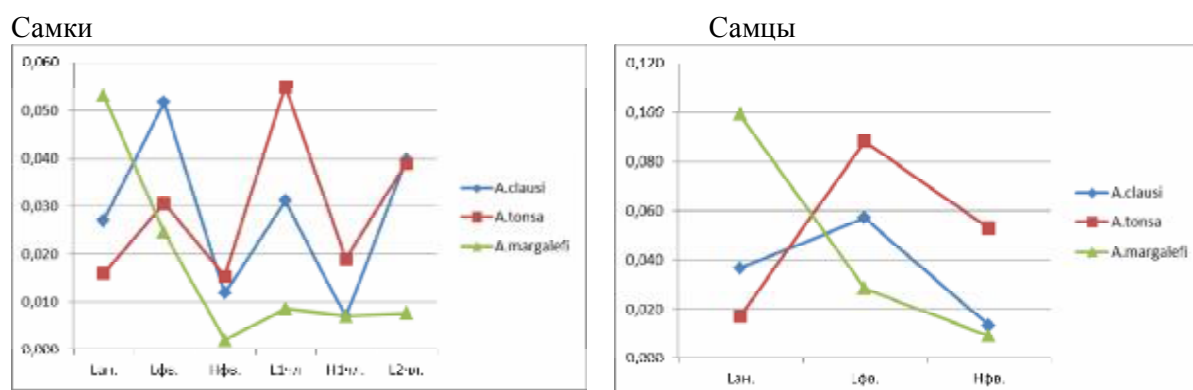


Рис. 2. Уровень проявления выраженности ФА у трех видов акариид (по оси X - признаки, оси Y - значения ФА)

На рис. 2 представлены уровни проявления ФА. Соотношения ФА для разных параметров у самок и у самцов *A. clausi* и *A. tonsa* сходные, тогда как кривая, полученная для *A. margalefi*, существенно отличается.

Для сравнения стабильности индивидуального развития акарицид выявлялась значимость различий флуктуирующей асимметрии у трех видов по всем исследованным признакам при их попарном сравнении (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Достоверность различий выраженности проявления ФА исследуемых признаков у самок и самцов *A. clausi*, *A. tonsa* и *A. margalefi*

Признаки	<i>A.cl.-A.t.</i>	<i>A.cl.-A.m.</i>	<i>A.t.-A.m.</i>
Самки			
$L_{ан}$	нет	нет	да
$L_{фв}$	нет	нет	нет
$H_{фв}$	нет	да	нет
$L_{1чл}$	нет	нет	нет
$H_{1чл}$	нет	нет	нет
$L_{2чл}$	нет	да	да
Самцы			
$L_{ан}$	да	нет	да
$L_{фв}$	нет	да	да
$H_{фв}$	нет	нет	да

Наибольшее количество проявлений различий по ФА у самок разных видов обнаружены в длине вторых члеников пятых ног ($L_{2чл}$), в одном случае - в длине антеннул ($L_{ан}$) и ширине фуркальных ветвей ($L_{фв}$). Одинаковые проявления ФА у самок выявлены в длине фуркальных ветвей ($H_{фв}$), длине первых члеников пятых ног ($L_{1чл}$) и ширине первых члеников пятых ног ($H_{1чл}$). У самцов акарицид различия в величине проявления ФА обнаружены по всем исследуемым признакам у трех видов.

Флуктуирующая асимметрия у самок и самцов

Проведенный статистический анализ позволил судить об уровне стабильности развития каждого вида. Исходя из величин ФА и достоверности различий оказалось, что у самок *A. margalefi* величина ФА признаков, достоверно различающихся с такими же признаками у двух других видов была наименьшей, то есть можно предположить, что стабильность ее индивидуального развития выше, чем у самок *A. clausi* и *A. tonsa*, а стабильность индивидуального развития самок *A. clausi* и *A. tonsa* достоверно не различались. У самцов *A. clausi* и *A. tonsa* достоверное различие выявлено только по ФА антеннул, у *A. tonsa* она была меньше. У *A. clausi* и *A. margalefi* выявлены различия ФА по длине ф.в. (у *A. margalefi* - меньше). ФА *A. tonsa* и *A. margalefi* различалась по всем исследуемым признакам (у *A. margalefi* ФА ниже). Следовательно, у самцов, как и у самок, наиболее стабильное развитие было у *A. margalefi*.

Проявление ФА у самок исследуемых видов меньше, чем у самцов, следовательно, стабильность индивидуального развития самок выше, что может свидетельствовать о более эффективном использовании самцов для оценки состояния окружающей среды.

Выводы

1. Изучено проявление флуктуирующей асимметрии (ФА) у трех видов черноморских акарцид: *Acartia clausi*, *Acartia tonsa*, *Acartia margalefi*. Наибольшая выраженность ФА наблюдается у исследованных видов в длине фуркальных ветвей, длине антеннул, а у самок еще и в длине первого и второго члеников пятых ног (это наиболее чувствительные к внешнему воздействию параметры, которые можно использовать для оценки состояния окружающей среды).

2. Определены значения ФА и оценен уровень стабилизированности вида *A. clausi* в разных точках ареала, а также у двух других видов *A. tonsa*, *A. margalefi*. Определено, что из трех исследуемых видов развитие наиболее канализовано у *A. margalefi*. При исследовании ФА всех трех видов выявлено увеличение уровня ее проявления с продвижением к берегу.

3. Уровень проявления выраженности ФА у самок ниже, чем у самцов, что свидетельствует о большей стабильности развития самок по сравнению с самцами, то есть самцы наиболее чувствительны к изменению окружающей среды, что, вероятно, также необходимо учитывать при оценке экологического состояния морской среды.

4. Сравнение значений ФА исследованных параметров между изучаемыми выборками показало, что там, где значения ФА выше, там хуже условия их обитания.

Данные, полученные в этой работе, являются отправной точкой в дальнейших исследованиях, которые продолжаются в настоящее время.

ФЛУКТУВАЛЬНА АСИМЕТРІЯ ЧОРНОМОРСЬКИХ АКАРЦІЙД ЯК ОДИН З ПОКАЗНИКІВ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ГІДРОСФЕРИ

О.О. Гарбазей, Ю.А. Загородняя

Вивчено прояв флуктувальної асиметрії (ФА) у трьох видів чорноморських акарцид: *Acartia clausi*, *Acartia tonsa*, *Acartia margalefi*. Визначені значення ФА і оцінений рівень стабілізованості розвитку всередині виду *A. clausi* в різних точках ареалу, а так само між трьома видами *A. clausi*, *A. tonsa*, *A. margalefi*. При дослідженні ФА *A. clausi* виявлено збільшення рівня її проявлення з просуванням до берега. Визначено, що з трьох досліджуваних видів розвиток найбільш каналізований у *A. margalefi*, а також розвиток самок більш стабілізований, ніж самців. Отримані дані можуть бути використані при оцінці екологічного стану гідросфери.

FLUCTUATING ASYMMETRY of the BLACK SEA ACARTIA as ONE of the ECOLOGICAL STATE INDICATORS of the HYDROSPHERE

O. Garbazey, J. Zagorodnyaya

Fluctuating asymmetry (FA) display for three Black sea species of the *Acartia* (*Acartia clausi*, *Acartia tonsa*, *Acartia margalefi*) was studied. FA values were determined. The stabilization development level within the species *A. clausi* in different points of the area, as well as between three forms of *A. clausi*, *A. Acartia tonsa*, *A. margalefi* was assessed. When studying the *A. clausi*' FA, its display level increasing was observed with the movement to the shore. The *A. margalefi* development is determined to be the most canalized between three researched forms, and the female development is more stabilized than that of males. The data obtained can be used in the hydrosphere ecological state assessment.

Список использованных источников

1. Струнников В.А. Третья изменчивость / В.А. Струнников. – М.: Стройиздат, 1989. – С. 17 – 27.
2. Mather K. Genetical control of stability in development / K Mather. – W.: Heredity, 1953. – 7. – 336 p.

3. *Waddington C.N.* The strategy of the genes / C.N. Waddington. – L.: Allen and Unwin, 1957. – 179 p.

4. *Захаров В.М.* Онтогенез и популяция (стабильность развития и популяционная изменчивость) / В.М. Захаров. – М.: Экология, 2001. – 421 с.

5. *Гелашвили Д.Б.* Статистический анализ флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков разноцветной ящурки *Eremiasarguta* / Д.Б. Гелашвили [и др.]. – Т.: Химия, 2004. – 949 с.

Надійшла до редакції 30.01.2013 р.
Після доопрацювання 12.02.2013 р.

УДК 621.311.2:628.1

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФЛОКУЛЯНТА МАРКИ BESFLOC K051C ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВОДЫ РЕКИ СТЫРЬ (РАЭС)

Т.Н. Замыслова¹, Е.А. Магдыч¹, С.А. Федорова¹, И.А. Чугай²

¹*Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности*

²*ОП РАЭС, г. Кузнецовск*

Представлены результаты исследования по оценке эффективности катионного флокулянта марки BESFLOC K051C при проведении предварительной обработки воды реки Стырь (РАЭС).

Введение

Подготовка воды на атомной электростанции является важной и ответственной задачей. От качества воды в большой мере зависят надежность и экономичность эксплуатации оборудования.

Многообразие примесей в природной воде служит причиной того, что очистка воды для подпитки контуров и собственных нужд технологических систем электростанций организуется в несколько этапов, первым из которых является предварительная обработка [1].

Основными технологическими процессами предварительной обработки являются коагуляция и известкование, предназначенные для удаления из воды грубодисперсных и коллоидных примесей, снижения щелочности и частичного уменьшения жесткости. Кроме того, предусмотрена дополнительная очистка от грубодисперсных примесей фильтрационными методами [2, 3].

Обработка воды коагулянтами – самый распространенный метод очистки больших объемов воды от грубодисперсных и коллоидных загрязнений. В результате процесса коагуляции и осветления увеличивается прозрачность воды, снижается ее окисляемость и происходит обесцвечивание. При правильно налаженных режимах коагуляции из воды удаляется примерно 60...80 % органических веществ. Кроме того, с применением коагуляции воды значительно ускоряется процесс осаждения взвесей, уменьшается объем сооружений и снижаются капитальные затраты [4].