



В. Г. Цыцугина, к. б. н., вед. н. с.

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

ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ ЭПИФИТОННЫХ СООБЩЕСТВ ПО ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ

На основе экспериментальных данных и результатов цитогенетического исследования природных популяций гидробионтов определены диапазоны критических уровней хромосомного мутагенеза для разных таксонов. Предложены принципы и алгоритм оценки экологического риска для эпифитонных сообществ.

Ключевые слова: эпифитонные сообщества, адаптация, оценка экологического риска.

Прибрежные зарослевые биоценозы находятся в зонах экологического риска, так как подвергаются наиболее сильному антропогенному воздействию. Оценка экологического риска должна, очевидно, базироваться на изучении способности к адаптации к загрязнению популяций всех или, по крайней мере, основных входящих в биоценозы видов. Адаптивный потенциал популяций определяется целым рядом характеристик, таких как чувствительность к повреждению всех стадий онтогенеза, возрастная, генерационная и пространственная структура популяций и другие. Особенно важную роль играет плодовитость самок. Низкая плодовитость в условиях загрязнения среды может повлечь за собой уменьшение эффективной численности популяций. Известно, что наследственная изменчивость, а, значит, и способность к адаптации тесно связаны с эффективной численностью популяций, т.е. количеством особей, которые дают потомство и тем самым определяют генетическую структуру последующих поколений. Эффективная величина популяций зависит от различий в репродуктивном вкладе отдельных особей. Чем больше дисперсия репродуктивного вклада, тем меньше эффективная величина популяции [11]. Для оценки репродуктивного вклада может быть использовано количество потомков со спонтанным мутагенезом (до 2% клеток с аберра-

циями хромосом) в качестве критерия полноценного потомства, так как потомки с более высоким уровнем мутагенеза, видимо, менее жизнеспособны [10]. Исходя из доли (%) полноценных потомков в популяции и средней плодовитости самок, можно рассчитать количество полноценных потомков на одну самку. По-видимому, существенное уменьшение эффективной численности популяций и их адаптивного потенциала следует ожидать, если на одну самку приходится менее одного полноценного потомка. Такой средний для популяции уровень хромосомного мутагенеза можно рассматривать как критический.

Экспериментальные данные по действию ионизирующего излучения и химических мутагенов на потомство самок *Chaetogammarus olivii* и *Idothea .baltica* с разной плодовитостью [8, 9, 16, 17], а также цитогенетические исследования эмбрионов (на стадии гастролы, митотическая активность 4 – 5 %) и личинок (митотическая активность 1.5 – 2 %) в природных популяциях морских и пресноводных видов гидробионтов с плодовитостью от нескольких яиц до сотен и тысяч из разных биотопов в 1975 – 2003 гг. [14, 15, 19] показали, что при одинаковом среднем для популяций уровне повреждения количество (%) полноценных потомков у всех видов приблизительно одинаково [10, 18]. Их доля существенно уменьшается

при увеличении тяжести повреждения популяций (рис. 1). Следует отметить, что при среднем уровне мутагенеза больше 10 % клеток с абберациями хромосом полноценные потомки отсутствуют у всех видов. Исходя из количества полноценных потомков в популяциях и средней плодовитости самок, можно определять репродуктивный вклад особей и прогнозировать критические для популяций уровни хромосомного мутагенеза.

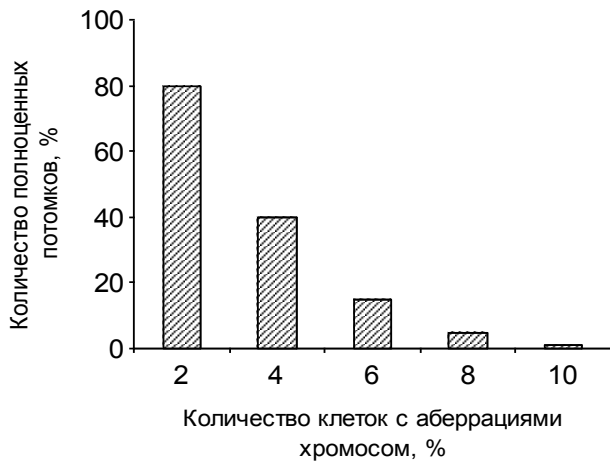


Рис. 1 Количество полноценных потомков при разном среднем для популяций уровне хромосомного мутагенеза

Fig. 1 Number of full value posterity at the different levels of chromosome mutagenesis for populations

Полученные данные о сохранении определённой доли полноценных потомков при одинаковом уровне повреждающего воздействия в популяциях разных видов гидробионтов свидетельствуют о том, что все они имеют шансы на адаптацию. Однако расчёты репродуктивного вклада особей дают основание полагать, что в популяциях с высокой плодовитостью самок эффективность адаптации будет больше.

Нужно, однако, учитывать, что одинаковые дозы (концентрации) могут индуцировать разный повреждающий эффект в популяциях разных видов гидробионтов из-за различий в их чувствительности.

На основе известных данных о плодовитости разных видов бентосных гидробионтов

[1 – 7, 12, 13] и расчётов репродуктивного вклада особей при разном среднем для популяций количестве клеток с абберациями хромосом (в %) мы определили для разных таксономических групп диапазоны критических уровней хромосомного мутагенеза, когда на одну самку будет приходиться менее одного полноценного потомка и возможны снижение адаптивного потенциала популяций и увеличение экологического риска (рис. 2).

Хорошо видно, что колебания критических уровней мутагенеза в разных таксонах разные. Наиболее широк этот диапазон в таксонах с существенными видовыми различиями в плодовитости самок (от нескольких яиц до сотен и тысяч). Самые низкие критические уровни получены для популяций более мелких ракообразных.

На основе проведённого исследования можно попытаться предложить принципы оценки экологического риска для водных биоценозов, включающих популяции гидробионтов разных таксонов. В качестве примера приведём оценку экологического риска для типичных эпифитонных сообществ цистозеры в открытом прибойном районе и филофоры у открытого побережья Чёрного моря. Эти зарослевые сообщества подробно описаны в [5]. Первое включает 13 видов, в том числе 2 вида полихет (*Platynereis dumerilii*, *Grubea clavata*), брюхоногого моллюска *Rissoa splendida*, молось *Mytilidae*, 8 видов ракообразных (5 видов – мелкие бокоплавцы, 2 – равноногие раки и один вид – из семейства десятиногих), насекомого *Chironomus salinarius* (табл. 1).

Второе сообщество включает 22 вида: 6 видов червей (*Harmothoe reticulata*, *Platynereis dumerilii*, *Pomatoceros triqueter*, *Pholoe synophthalmica*, *Nereis zonata* и *Nemertini* gen. sp.), 6 видов моллюсков (*Lepidochitona cinerea*, *Tricolia pulia*, *Triphora perversa*, *Mytilaster lineatus*, *Mytilus galloprovincialis*, *Parvicardium exiguum*) и 10 видов ракообразных (по одному виду кумовых, танаидовых и равноногих, 5 видов бокоплавцов и 2 вида десятиногих) (табл. 1).

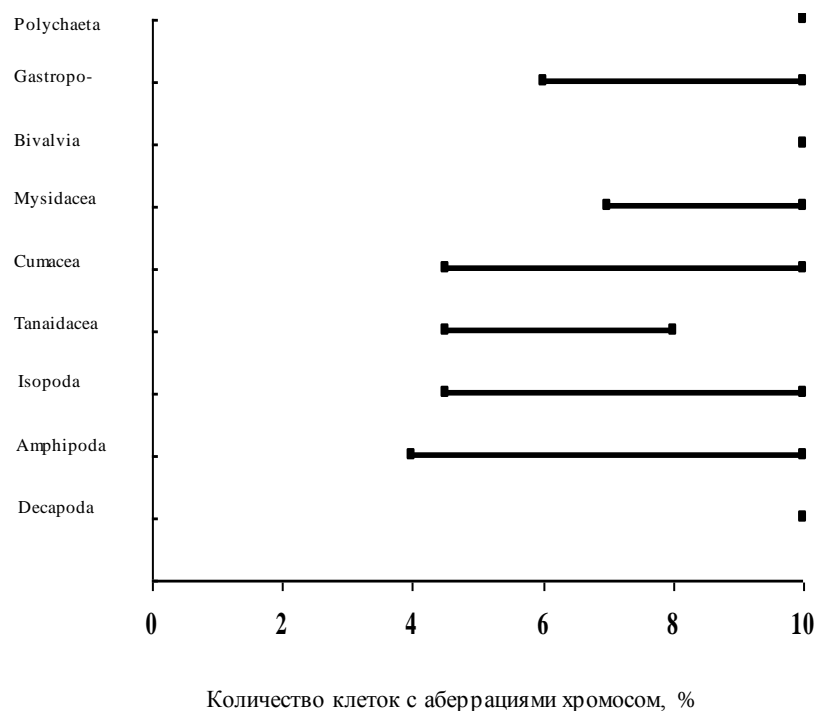


Рис. 2 Диапазоны критических уровней хромосомного мутагенеза для разных таксонов
Fig. 2 Ranges of chromosome mutagenesis critical levels for different taxa

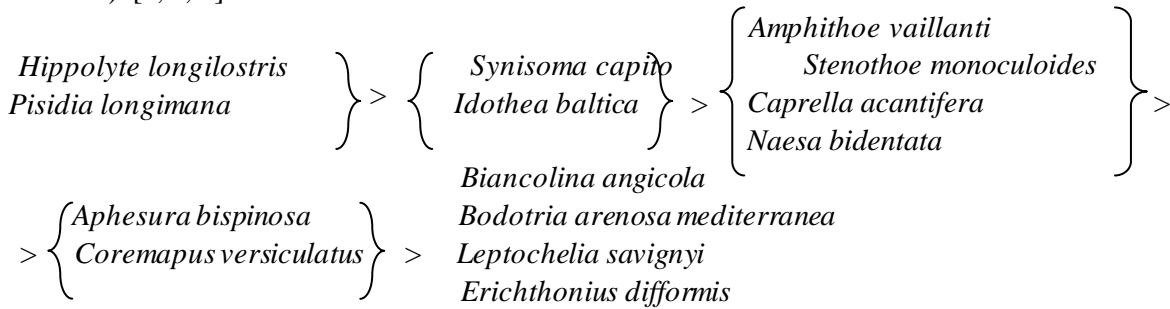
Табл. 1 Видовой состав ракообразных в зарослях цистозеры и филлофоры
Table 1 Crustacean species in *Cystoseira* and *Phyllophora* communities

Вид	Средняя длина самок, мм [5, 7]	Цистозера	Филлофора
Amphipoda			
<i>Amphithoe vaillanti</i>	3 – 9	+	+
<i>Aphesura bispinosa</i>	2 – 6	+	+
<i>Erichthonius difformis</i>	2 – 4.5	-	+
<i>Stenothoe monoculoides</i>	до 7	+	-
<i>Coremapus versiculatus</i>	до 6	-	+
<i>Biancolina angicola</i>	3	+	-
<i>Caprella acantifera</i>	3 - 8	+	+
Cumacea			
<i>Bodotria arenosa mediterranea</i>	4.5	-	+
Tanaidacea			
<i>Leptocheilia savignyi</i>	1.5 – 4.5	-	+
Isopoda			
<i>Synisoma capito</i>	до 24	+	-
<i>Idothea baltica</i>	до 17.5	-	+
<i>Naesa bidentata</i>	до 7	+	-
Decapoda			
<i>Hippolyte longilostris</i>	до 10	+	+
<i>Pisidia longimana</i>	5 – 6	-	+

Средняя плодовитость самок бокоплавов, кумовых и танаид, длина которых, в зависимости от сезона, колеблется у разных видов от 2 до 9 мм, составляет в среднем от 2 до 40 яиц [3, 5]. Плодовитость самок связана с их

длиной почти прямой зависимостью [3]. Поэтому критические уровни хромосомного мутагенеза для популяций более мелких ракообразных будут, очевидно, ниже.

Плодовитость изопод существенно не отличается от таковой бокоплавов [4]. Десятиногие раки имеют более высокую плодовитость. Так, *Hippolyte longilostris* продуцируют в среднем 235 яиц, *Pisidia longimana* – 124 яйца [2]. Полихеты и моллюски, входящие в эти сообщества, имеют высокую плодовитость (от нескольких десятков яиц до сотен тысяч и миллионов) [1, 5, 6].



По-видимому, при сильном загрязнении среды, индуцирующем в популяциях разных видов в среднем от 4 до 9 % клеток с абберациями хромосом, можно ожидать в первую очередь снижения адаптивных возможностей популяций мелких ракообразных с низкой плодовитостью, которые составляют до 50 и 30 % соответственно в сообществах цистозеры и филлофоры.

Для прогнозирования экологического риска в эпифитонных сообществах *in situ* можно предложить следующий алгоритм (рис. 3).

Заключение. Анализ экспериментальных данных и результатов цитогенетических исследований природных популяций морских и пресноводных видов гидробионтов из разных биотопов позволил определить диапазоны критических уровней хромосомного мутагенеза для разных таксонов и предложить принципы оценки экологического риска для зарослевых биоценозов на примере эпифитонных сообществ цистозеры и филлофоры. Разработан алгоритм оценки экологического риска для эпифитонных сообществ *in situ*.

Проведенный анализ показывает, что наиболее уязвимыми видами в сообществах, имеющими низкий адаптивный потенциал, следует признать мелких ракообразных.

В зависимости от адаптивных возможностей популяции ракообразных можно расположить в следующий ряд:

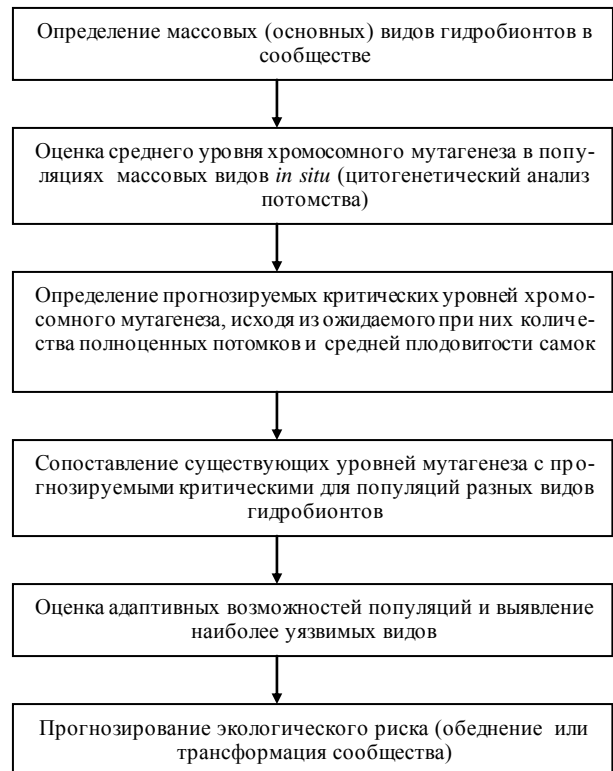


Рис. 3 Алгоритм оценки экологического риска для эпифитонных сообществ
Fig. 3 Algorithm of ecological risk assessment to epiphyton

1. *Виноградова З. А.* Материалы по биологии моллюсков Черного моря // Тр. Карадаг. биол. ст. – 1950. – Вып. 9. – С. 100 – 159.
2. *Виноградова З. А.* Материалы о плодовитости десятиногих раков (Decapoda) Черного моря. // Тр. Карадаг. биол. ст. – 1951. – Вып. 11. – С. 69 – 91.
3. *Грезе И. И.* Амфиподы Чёрного моря и их биология. – Киев: Наук. думка, 1977. – 150 с.
4. *Желтенкова М. В.* Некоторые данные о размножении и росте *Idothea baltica* (Pallas) (Isopoda) в Чёрном море. // Тр. Карадаг биол. ст. – 1951. – Вып. 11. – С. 56 – 68.
5. *Маккавеева Е. Б.* Беспозвоночные зарослей макрофитов Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1979. – 227 с.
6. *Определитель фауны Черного и Азовского морей. 1.* Свободноживущие беспозвоночные. Простейшие, кишечнополостные, черви, щупальцевые. – Киев: Наук. думка, 1968. – 438 с.
7. *Определитель фауны Черного и Азовского морей. 2.* Свободноживущие беспозвоночные. Ракообразные. – Киев: Наук. думка, 1969. – 536 с.
8. *Поликарпов Г. Г., Цыцугина В. Г.* Распределение аберраций хромосом по клеткам гидробионтов при действии ионизирующей радиации и химических мутагенов среды // Радиобиология. – 1993. – **93**, 2. – С. 205 – 213.
9. *Поликарпов Г. Г., Цыцугина В. Г.* Изучение последствий аварии на Чернобыльской АЭС для гидробионтов (1986 – 1996) // Радиационная биология, Радиэкология. – 1996. – **56**, 4. – С. 460 – 468.
10. *Цыцугина В. Г., Поликарпов Г. Г.* Оценка ожидаемого снижения адаптивных возможностей популяций ракообразных при разном уровне повреждающего воздействия // Морск. экол. ж. – 2006. – **5**, 1. – С. 92 – 98.
11. *Crow J. F., Kimura M.* An introduction to populations genetic theory. - New-York: Harper & Row, 1970. – 591 p.
12. *Grassle J. F., Grassle J. P.* Analysis of existing information on susceptibility of deep-sea animals / Contaminant levels and relative sensitivities to contaminants in the deep-sea communities. NOVA Tech. Memorandum NOS OMA 26 (Rockville, MD). 1986.
13. *Reish D.* The life history of the polychaetous annelid *Neanthes caudate* (delle Chiaje) including a summary of development in the Family Nereidae // Pac. Sci. – 1957. – **11**. – P. 216 – 228.
14. *Tsytsugina V. G.* Chromosome variability in marine organisms under natural conditions (on the problem of biological effect of contaminants) // Proc. of the Int. Symp. Interaction between water and living matter, 6 – 10 October 1979. – Moscow: Nauka, 1979. – **2**. – P. 94 – 98.
15. *Tsytsugina V. G.* Chromosome mutagenesis in population of aquatic biota in the Black Sea, Aegean Sea and Danube and Dnieper Rivers, 1986 – 1989 // Proc. of Seminar on comparative assessment of the environmental impact of radionuclides released during three major nuclear accidents: Kyshtym, Windscale, Chernobyl. Luxembourg. 1 – 5 October 1990. – **2**. – 1990. – P. 895 – 904.
16. *Tsytsugina V. G.* An indicator of radiation effects in natural populations of aquatic organisms // Radiat. Protect. Dosim. – 1998. – **75**, № 1–4. – P. 171 – 173.
17. *Tsytsugina V. G.* An equi-dosimetric approach to the comparison of radiation and chemical effects on natural populations of aquatic organisms / Equi-dosimetry (eds. F. Brechignac and G. Desmet). – Springer, 2005. – P. 43 – 49.
18. *Tsytsugina V. G.* Assessment of ecological risk to populations of aquatic invertebrates // Морск. экол. ж. – 2009. – **8**, 3. – С. 53 – 58.
19. *Tsytsugina V. G., Polikarpov G. G.* The estimation of the Chernobyl accident influence on the natural populations of the Black Sea basin hydrobionts by cytogenetic criteria / 20 years of the Chernobyl accident: Past, Present and Future (eds. E.B. Burlakova & V.I. Naidich). New-York: Nova Science Publ. Inc. 2006. – Chapter 16. – P. 287 – 302.

*Поступила 12 апреля 2010 г.
После доработки 12 июля 2010 г.*

Принципи оцінки екологічного ризику для епіфітонних угруповань за цитогенетичними критеріями. В. Г. Цыцугина. На основі експериментальних даних та результатів цитогенетичних досліджень природних популяцій гідро біонтів визначено діапазони критичних рівнів хромосомного мутагенезу для різних таксонів гідро біонтів та запропоновано принципи і алгоритм оцінки екологічного ризику для епіфітонних угруповань.

Ключові слова: епіфітон, адаптація, оцінка екологічного ризику

Principles of ecological risk assessment to epiphyton by cytogenetic criteria. V. G. Tsytsugina. On the basis of experimental data and the results of cytogenetic studies of natural hydrobiont populations ranges of chromosome mutagenesis critical levels for different hydrobiont taxons were determined. Principles and algorithm of ecological risk assessment to epiphyton were discussed.

Key words: epiphyton, adaptation, ecological risk assessment