

УДК 594.124:591/134 262/(5)

## ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ПЛОДОВИТОСТЬ И СКОРОСТЬ ГЕНЕРАТИВНОГО РОСТА УСТРИЦЫ (*OSTREA EDULIS L.*)

Сытник Н.А.<sup>1</sup>, Орленко А.Н.<sup>2</sup>, Золотницкий А.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Керченский экономико-гуманитарный институт Таврического национального университета, Керчь, Украина

<sup>2</sup>Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

E-mail: kegi\_tnu@kerch.crimea.com

Исследована индивидуальная плодовитость и скорость генеративного роста плоской устрицы. Обнаружено, что плодовитость устриц зависит от массы тела и варьирует в пределах 0,13-2,39 млн. личинок-особь<sup>1</sup>. Дана количественная характеристика удельной генеративной продукции устрицы, величина которой близка 17 %. Показано, что с возрастом и увеличением массы тела скорость генеративного роста опережает прирост соматической ткани моллюска.

**Ключевые слова:** устрица, личинки, плодовитость, масса, генеративный рост.

### ВВЕДЕНИЕ

Плоская (грядовая или европейская) устрица (*Ostrea edulis L.*) является одним из наиболее ценных представителей малакофауны Черного моря. В начале XX века этот вид был широко распространен в прибрежной зоне моря, но затем запасы устриц резко сократились [1-4], что обусловило необходимость разработки биотехнологий их искусственного воспроизводства [3-7].

Основные черты биологии черноморской устрицы довольно хорошо изучены [1, 2, 5-7], однако ряд эколого-физиологических параметров, представляющих интерес при разработке методов культивирования этого вида, требуют более детальных исследований. Одним из таких малоисследованных вопросов является оценка величины индивидуальной плодовитости и скорости генеративного роста (продукции) устриц в онтогенезе.

В настоящее время существуют немногочисленные материалы по плодовитости устриц, полученные на популяциях моллюсков побережья Северного Кавказа [5, 8] и заливах северо-западной части Черного моря [2], тогда как данные по генеративному росту (продукции) этого вида отсутствуют.

Между тем изучение этого вопроса, наряду с практическим значением, связанным с оценкой величины суточных рационов в онтогенезе этого вида, представляют определенный теоретический интерес, в частности, при анализе репродуктивных стратегий двустворчатых моллюсков [10].

В задачу работы входило изучение индивидуальной плодовитости и оценка скорости генеративного роста устриц в лимане Донузлав (западное побережье Крыма), который в настоящее время является единственной акваторией, где сохранились

небольшие естественные популяции плоской устрицы, и рассматриваемый в качестве одного из основных районов для организации выращивания этого вида [4].

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Материал для исследований собирали в лимане Донузлав в 2000-2007 гг. в период, предшествующий естественному размножению. Использовали моллюсков, высотой 37-77 мм, массой 8,9-68,2 г, которых собирали с коллекторов и обрастаний камней и бетонных блоков в период естественного нереста.

Индукция созревания и нереста устриц проводили методом температурной стимуляции в комбинации с гормональным воздействием [9, 11]. Моллюски помещали в аквариум с регулируемой температурой воды, которая возрастала с 12-13°C до 21-22°C, в соответствии естественным ходом температуры в акватории. Затем ее резко повышали до 27-28°C после чего ее вновь снижали до 22-23°C. При таком режиме стимуляции моллюски начинали вымет половых клеток через 20-40 мин.

После того как у самок, подвергнутых температурной стимуляции, начинали появляться зрелые яйца, их пересаживали в отдельный сосуд объемом 10 л и выдерживали до полного выхода личинок на стадии велигера. Часть яиц, использовали для биохимического анализа. Полученных личинок концентрировали при помощи газ-сита 96 мкм и переносили вместе с водой в сосуды, для последующего подсчета плодовитости [5, 11]. Полноту нереста оценивали после вскрытия особей и просмотра остаточной гонады под микроскопом.

После завершения опыта устриц подвергали морфометрическому анализу: измеряли высоту, длину и толщину раковины, определяли массу целого моллюска, створок, мягких тканей. При расчете генеративной продукции были использованы материалы по калорийности сырого мяса устриц [12]. При оценке энергетического содержания органического вещества раковины и яиц использованы собственные данные, а также материалы Манна [13] и Родхауза [14]. При анализе скорости генеративного роста (индивидуальной генеративной продукции) использованы данные по росту этого вида в лимане Донузлав [15].

Статистическую обработку данных проводили с помощью статистических компьютерных пакетов «Statistica», «Microcal Origin 6.1» и электронных таблиц «Excel».

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Результаты исследований показали, что с увеличением длины и массы тела индивидуальная плодовитость устриц возрастает. Минимальное значение численности личинок, равное 0,13 млн. зарегистрировано у устрицы высотой 37 мм и общей (живой) массой 8,8 г, максимальное число личинок – 2,39 млн. у моллюска, размером 68 мм и массой 60,2 г.

Среднее число личинок у особей высотой 37-40 мм составляло 0,35 млн., в группе 41-50 мм средняя плодовитость возросла до 0,68 млн. яиц, а у моллюсков длиной 51-60 и 61-70 мм она увеличивалась соответственно до 0,95 и 1,49 млн. личинок. У устриц, высотой 70-80 мм средняя плодовитость составляла 1,54 млн. личинок.

Следует отдельно отметить, что устрицы, высотой 37-38 мм также реагировали на стимулирующее действие температуры, поскольку в их мантийной полости личинки. Это косвенно подтверждает возможность размножения устриц в возрасте одного года. Анализ экспериментальных данных показал, что связь плодовитости с высотой моллюска удовлетворительно аппроксимируется степенной функцией вида:

$$E = a \cdot H^b,$$

где  $E$  – плодовитость (млн. личинок·особь<sup>-1</sup>),  $H$  – высота раковины моллюска (мм),  $a$  и  $b$  – коэффициенты уравнения для данного размерного ряда. У исследованных устриц в размерном диапазоне 35-76 мм связь между плодовитостью и высотой раковины в численной форме выражается следующим уравнением:

$$E = 4,77 \cdot 10^{-5} \cdot H^{2,43 \pm 0,428}, n = 18, r = 0,76 \quad (1)$$

где  $n$  – число особей,  $r$  – коэффициент корреляции.

Приведенное уравнение может быть использовано для ориентировочной оценки плодовитости разноразмерных особей. Однако как отмечает ряд авторов [16, 17], с биологической точки зрения численность продуцируемых половых клеток более целесообразно связывать не с размером, а массой особей. Параметры уравнения связи численности личинок с массой описывается аналогичным уравнением:

$$E = m \cdot W^k,$$

где  $W$  – масса тела (г),  $m$  и  $k$  – параметры уравнения.

Результаты статистической обработки показали, что зависимость плодовитости ( $E$ , млн. лич.·особь<sup>-1</sup>) от сухой массой тела ( $W_c$ , г, без раковины) имела вид (рис. 1):

$$E = 1,67 \cdot W_c^{0,967 \pm 0,184}, n = 18, r = 0,81 \quad (2)$$

Из уравнения (2) видно, что плодовитость в определяющей степени зависит от массы тела, о чем свидетельствует величина коэффициента детерминации –  $r^2$ , равная 0,65.

В то же время на 35% вариабельность плодовитости обусловлена другими факторами, из которых, по-видимому, наиболее важным является исходное гетерогенное исходное состояние ооцитов самок.

Для практических целей при оценке плодовитости устриц можно использовать более простое линейное уравнение, имеющее вид:

$$E = 1,57 \cdot W_c + 0,136, n = 18, r = 0,70 \quad (3).$$

Для сопоставления наших данных с материалами, полученными на устрицах побережья Северного Кавказа [8, 9] было рассчитано уравнение связи плодовитости с массой целого (со створкой) моллюска ( $W$ ), которое имело вид:

$$E = 0,038 \cdot W^{0,914 \pm 0,168}, n = 18, r = 0,79 \quad (4).$$

Сравнительный анализ показал, что плодовитость устриц побережья Северного Кавказа были несколько выше – при близких значениях коэффициента регрессии

(0,945 и 0914), величина коэффициента пропорциональности в районе Северного Кавказа (0,514) было в 1,4 выше, чем в лимане Донузлав. В связи с этим величина плодовитости устриц, полученных этими авторами выше наших данных примерно на эту же величину.

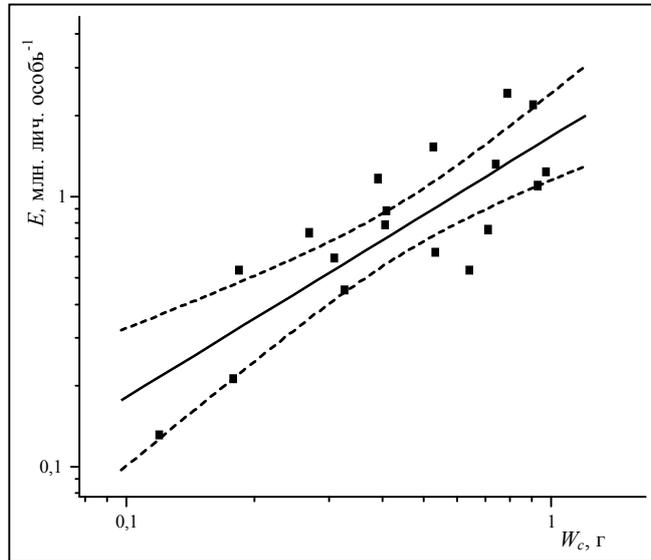


Рис. 1. Зависимость плодовитости ( $E$ ) от сухой массы тела ( $W_c$ ) устрицы (штриховые линии – 95% доверительный интервал).

Заметно более низкие значения плодовитости черноморской устрицы были получены Т.Ф. Кракатица [2]. Автором был использован прямой подсчет личинок в мантийной полости особей в ходе естественного нереста и обнаружено, что у устриц северо-западной части Черного моря, имеющих размер 40-70 мм, плодовитость варьировала в пределах 73,6-490,4 тыс. личинок на особь. Анализ полученной ею данных показал, что зависимость числа личинок от массы целого моллюска передается линейным уравнением:

$$E = 0,0114 \cdot W + 0,088 \quad (5)$$

Таким образом, по данным этого автора плодовитость устриц примерно в 2 раза ниже, чем в опытах по температурной стимуляции нереста.

В то же время максимальные значения плодовитости полученных нами (2,39 млн. личинок·особь<sup>-1</sup>) и В.Л. Мониным (2,96 млн. особь личинок·особь<sup>-1</sup>) [8, 9] были заметно выше полученных для данного вида в других географических зонах [10, 18, 20].

Так, Коул [18], в результате своих обширных исследованиях плодовитости разных размерных групп европейской устрицы, полученных в процессе естественного нереста в Чезакпикском заливе (штат Мэриленд, США), приводит минимальные и максимальные значения для этого вида соответственно равные 0,091 (у особей размером 38 мм) до 1,73 млн. личинок (у моллюсков высотой 68-75

мм). Этот автор, ссылаясь на работу Эйтона [Eyton, 1858, цит. по [18]] приводит его данные по плодовитости – 1,8 млн. личинок·особь<sup>-1</sup>. Практически такие же материалы приводят в своей работе Лукас с соавт. [19] – 1,79 млн. особь·особь<sup>-1</sup>.

Сходные данные приводятся в работе Уолна [20] – по его данным у устриц, размером 40-90 мм, число личинок изменяется соответственно от 0,1 до 1,5 млн. особь на особь.

По-видимому, более высокие значения плодовитости устриц в наших исследованиях и работах В.Л. Моница [8, 9], обусловлены стимулирующим воздействием температуры на процессы овуляции самок.

В целом, полученные нами данные по индивидуальной плодовитости плоской устрицы Черного моря сопоставимы с таковой других географических рас этого вида, у которых она варьирует от 65 тыс. до 2 млн. личинок [18, 20]. Характерно, что полученные нами данные согласуются с результатами исследований В.Б. Цейтлина [17], который обобщив имеющиеся материалы выявил линейную зависимость плодовитости от массы тела у животных разных таксономических групп.

При исследовании репродуктивных стратегий морских двусторчатых моллюсков большое значение имеет оценка энергетических затрат, идущих на размножение того или иного вида [18, 20]. Для их характеристики используют величину репродуктивного усилия (*reproductive effort*) [19], т.е. долю энергетического бюджета, идущего на размножение. Этот показатель часто определяется значением гамето-соматического индекса (ГСИ) – отношением энергии зрелых половых клетках продуцируемых особями к энергетическому эквиваленту мягких тканей или целого моллюска [18, 20].

На основе полученных материалов по плодовитости, средней сырой массе яйца ( $0,63 \cdot 10^{-3}$  мг) и его энергетическом эквиваленте ( $5,1$  дж мг<sup>-1</sup>) была рассчитана зависимость между энергетическим содержанием яиц устриц и энергией заключенной в массе моллюска ( $W$ , дж особь<sup>-1</sup>), которая выражалась уравнением:

$$W_g = 0,172 \cdot W^{0,967 \pm 0,158}, n = 18, r = 0,80 \quad (6).$$

Поскольку коэффициент регрессии в уравнении (6) близок к единице, указанное уравнение можно представить в виде:

$$\frac{W_g}{W} \approx 17\% \quad (7).$$

Полученное значение гамето-соматического индекса у черноморской устрицы заметно выше величин, приведенных в работах других авторов [18, 20] – 12,0 и 12,7 %, что, вероятно, обусловлено более высокой плодовитостью устриц, связанной с температурной индукцией созревания и нереста производителей.

Для характеристики скорости генеративной роста (продукции) ( $P_g$ , дж·сут.<sup>-1</sup>) в разные периоды жизненного цикла устриц, наряду с данными по плодовитости, были использованы материалы по весовому росту этого вида [15].

Поскольку плодовитость и масса выметанных яиц связана с сухой массой тела степенной функцией, где коэффициент регрессии практически не отличается от единицы, было принято, что и энергия, идущая на формирование половых клеток в

процессе развития половых желез, прямо пропорциональна приросту массы тела. На основе этого допущения, а также материалов по весовому росту устрицы [15] были рассчитана скорость генеративного роста устриц в течение 1-го ( $P_{g1}$ , дж·сут.<sup>-1</sup>) и 2-го ( $P_{g2}$ , дж·сут.<sup>-1</sup>) цикла гаметогенеза (рис. 2).

В численном виде зависимость  $P_g$  от сухой массы тела выражались следующими уравнениями:

$$P_{g1} = 54,1 \cdot W_c - 4,0 \quad r = 0,96 \quad (8),$$

$$P_{g2} = 211,6 \cdot W_c - 80,7, \quad r = 0,94 \quad (9)$$

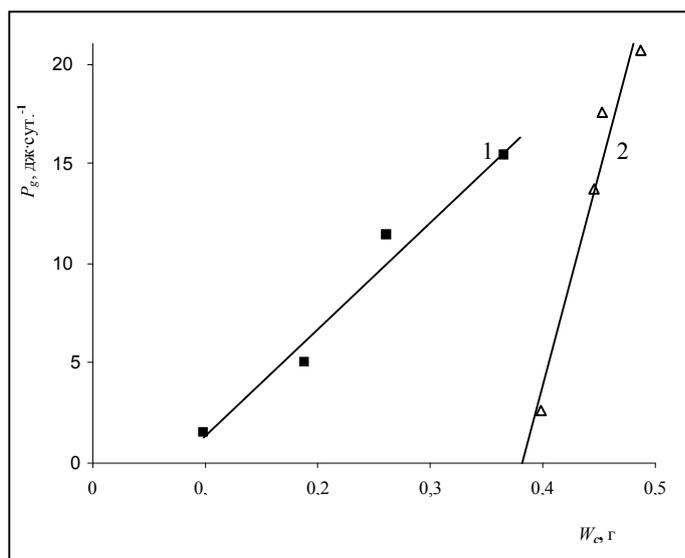


Рис. 2. Зависимость скорости генеративного роста ( $P_{g,i}$ , дж сут.<sup>-1</sup>) от сухой массы тела ( $W_c$ ) устрицы в 1-й (1) и 2-ой (2) годы жизни.

Из уравнений (8) и (9) и Рис. 2 видно, что на 2-м году жизни происходит более значительное возрастание скорости генеративного роста по сравнению с 1-м годом. Вероятно, это обусловлено разной скоростью роста соматической ( $P_s$ ) и генеративной ( $P_g$ ) ткани в указанные периоды онтогенеза. В частности, за интервал равный одному циклу гаметогенеза на 2-м году жизни в гонадах происходит полное формирование половых клеток пропорциональное массе тела, т.е. прирост осуществляется за счет своеобразного суммирования массы половых клеток, развивающихся в течение 1-го и 2-го годов жизни.

В то же время прирост соматической ткани ( $P_s$ ) за этот же промежуток времени был значительно ниже - лишь от начала до конца 2-го года жизни ( $W_2 - W_1$ ). Таким образом, интегральные значения индивидуальной генеративной продукции устрицы в конце 1-го и 2-го цикла гаметогенеза составляли соответственно 1011 и 1842 дж,

Анализ соотношений скоростей генеративного роста и соматического генеративного роста ( $v = P_g/P_s$ ) показал, что, если значение  $v$  в течение 1-го цикла гаметогенеза варьировало от 14,1 до 17,2 %, в среднем составляя 15,1 %, то в течение 2-го цикла доля энергетических трат на генеративный обмен возросла до 32,2-39,6 % (среднее значение 37,1 %).

В общем виде изменение  $v$  в зависимость от сухой массы тела ( $W_c$ ) можно описать обычным линейным уравнением:

$$v = 0,65 \cdot W_c + 0,04, r = 0,81 \quad (10)$$

Таким образом, изменение скорости генеративного роста в процессе индивидуального развития обусловлено опережающими энергетическими тратами на репродукцию по сравнению с тратами энергии на рост соматических тканей тела.

### ВЫВОДЫ

1. Величина индивидуальной плодовитости плоской устрицы лимана Донузлав сопоставима с таковой устриц из других местообитаний и варьирует в пределах от 0,13 до 2,39 млн. личинок·особь<sup>-1</sup>.
2. Плодовитость устриц связана с сухой массой тела и аппроксимируется степенной функцией, имеющей вид:  $E = 1,67 \cdot W_c^{0,967}$ .
3. Величина относительных энергетических трат на размножение (удельная генеративная продукция) черноморской устрицы близка к 17 %.
4. В онтогенезе с возрастанием индивидуальной массы скорость генеративного роста увеличивается, что обусловлено опережающим темпом роста массы гонад, по сравнению с приростом соматической ткани устриц.

### Список литературы

1. Иванов А.И. Изучение роста устриц (*Ostrea taurica* Крын.) в Черном море / А.И. Иванов // Океанология. – 1966. – Т. 6, В. 5. – С. 869–876.
2. Кракатица Т.Ф. Биология черноморской устрицы в связи с вопросами ее воспроизводства / Т.Ф. Кракатица // Биологические основы морской аквакультуры, 1976. – В. 2 – 79 с.
3. Переладов М.В. Современное состояние популяции черноморской устрицы / М.В. Переладов // Прибрежные гидробиологические исследования. – М: ВНИРО. – 2005. – Т. 144. – С. 254–274.
4. К вопросу организации крупномасштабного культивирования устриц в озере Донузлав / А.П. Золотницкий, А.Н. Орленко, В.Г. Крючков [и др.] // Труды ЮгНИРО. – 2008. – Т. 46. – С. 48–54.
5. Монин В.Л. Биологические основы разведения черноморской устрицы *Ostrea edulis* L. : автореф. дисс... канд. биол. наук: спец. 03.00.17 «Гидробиология» / В.Л. Монин – Севастополь, 1990. – 24 с.
6. Пиркова А.В. Воспроизводство черноморской устрицы *Ostrea edulis* L. как исчезающего вида / А.В. Пиркова, Л.В. Ладыгина, В.И. Холодов // Рыбное хозяйство Украины. – 2002. – №. 3–4. – С. 8–12.
7. Супрунович А.В. Культивируемые беспозвоночные. Пищевые беспозвоночные: мидии, устрицы, гребешки, раки, креветки / А.В. Супрунович, Ю.Н. Макаров // К: Наукова думка, 1990 – 263 с.
8. Монин В.Л. Половая структура и величина индивидуальной плодовитости черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) и устрицы (*Ostrea edulis* L.) / В.Л. Монин, А.П. Золотницкий // Тез. докл. IV Всес. конф. по пром. беспозвоночных. – Севастополь. – 1986. – С. 261–262.
9. Монин В.Л. О температурной стимуляции нереста черноморской устрицы *Ostrea edulis* L. / В.Л. Монин // Эколого-физиологические основы аквакультуры на Черном море. – М.: ВНИРО. – 1981.– Т. 122. – С. 106–112.

10. Касьянов В.Л. Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих / Касьянов В.Л. – Л: Наука, 1989. – 161 с.
11. Loosanoff V.L. Rearing of bivalve mollusks / V.L. Loosanoff, H.C. Davis // Adv. in Mar. Biol. Acad. Press. – Edit. F. S. Russel. – London, 1963. – N 1. – P. 1–136.
12. Горомосова С.А. Сезонные изменения химического состава черноморской устрицы / С.А. Горомосова // Гидробиол. журн. – 1968. – Т. 4, № 3. – С. 74–76.
13. Mann R. Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Grassostrea gigas* and *Ostrea edulis* growth at sustained floater temperatures / R. Mann // J. Mar. Biol. Ass. U. K. – 1979. – Vol. 59. – P. 95–110.
14. Rodhouse P.G. Energy transformation by the oyster *Ostrea edulis* in a temperate estuary / P.G. Rodhouse // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. – 1978. – Vol. 34. – P. 1–22.
15. Сытник Н.А. Особенности линейного и весового роста устрицы в озере Донузлав / Н.А. Сытник, С.В. Красноштан // Рыбн. хоз-во Украины. – 2008. – № 6. – С. 44–48.
16. Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков / А.Ф. Алимов. – Л.: Наука, 1981. – 248 с.
17. Цейтлин В.Б. Генеративная продукция водных животных / В.Б. Цейтлин // Океанология. – 1988. – Т. 28, № 3. – С. 493–497.
18. Cole H.A. The fecundity of *Ostrea edulis* / H.A. Cole // J. Mar. Biol. Ass. U.K. – 1941. V. 25 – P. 243–260.
19. Lucas A. L'effort de reproduction dans la strategie demographique de six bivalves de l'atlantique / A. Lucas, J. Carvo, M. Trancart // Haliotis. – 1978. – Vol. 9, № 2. – P. 107–116.
20. Walne P.R. Culture of bivalve mollusks. 50 years experience at Conway, West Byfleet. / P.R. Walne // Fish. News (Books), 1974. – 173 p.

**Сытник Н.О. Індивідуальна плодючість і швидкість генеративного росту устриці (*Ostrea edulis* L.) / Н.О. Сытник, А.М. Орленко, О.П. Золотницький // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 188-195.**

Досліджена індивідуальна плодючість і швидкість генеративного росту плоскої устриці. Виявлено, що плодючість устриць залежить від маси тіла і варіює в межах 0,13-2,39 млн. личинок·екз<sup>-1</sup>. Дана характеристика величини питомої генеративної продукції устриці, яка була близька до 17 %. Показано, що з віком і збільшенням маси тіла швидкість генеративного росту випереджає приріст соматичної тканини моллюска.

**Ключові слова:** устриця, личинки, плодючість, маса, генеративний ріст.

**Sytnik N.A. Individual fecundity and generative growth speed of oysters (*Ostrea edulis* L.) / N.A. Sytnik, A.N. Orlenko, A.P. Zolotnitsky // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 188-195.**

Individual fecundity and generation growth speed of flat oyster it is investigated. Depending on weight of a body fecundity of oysters varies from 0,13 to 2,39 million larvae-ind<sup>-1</sup>. The characteristic of specific generative production value oyster was given which was close to 17 %. With the age and increase of body weight the generative growth speed advances of a somatic mollusk tissue.

**Keywords:** oyster, larvae, fecundity, mass, generative growth.

Поступила в редакцію 12.11.2010 г.