

Перифитонные поселения мидий *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) и митилястера *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791) в условиях аномально высокой температуры прибрежных морских вод

ГОВОРИН И.А., ШАЦИЛЛО Е.И.

Одесский филиал Института биологии южных морей (ИнБЮМ) Национальной Академии наук Украины, ул. Пушкинская 37, Одесса, 65125, УКРАИНА; e-mail: igor-govorin@rambler.ru

The periphyton settlements of mussels *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) and mytilasters *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791) in abnormal high temperature conditions of the coastal sea waters

GOVORIN I.A., SHATSILLO E.I.

Odessa Branch A. O. Kovalevsky Institute of Biology of Southern Seas National Academy of Sciences of Ukraine, 37, Pushkinskaya St., Odessa, 65125, UKRAINE, igor-govorin@rambler.ru

ABSTRACT. The ecological consequences of abnormal high water temperatures in summer 2010 on mussel *Mytilus galloprovincialis* and mytilaster *Mytilaster lineatus* colonies on the concrete traverses in coastal beach areas of the Odessa Bay (Lanzheron Cape, North-western Black Sea, Ukraine) has been studied. The negative impact of prolonged period of high water temperatures (up to 29-30°C in the end of July and first half of August) reduced the density, biomass and share of mussels in total mass of biofouling from 3750 spec./m², 8.075 kg/m² and 83.2% in June to 700 spec./m², 0.410 kg/m² and 23.8% in September, respectively. At the same time, mytilaster increased its density from 3280 to 6800 spec./m², biomass from 0.481 to 0.672 kg/m² and its share in biofouling from 7.6 to 49.8%. This demonstrates a higher tolerance to long-term periods of abnormal temperature conditions in mytilasters.

Одесский залив и прилегающие к нему районы представляют собой несомненный интерес с точки зрения изучения функционирования морских экосистем в мелководных, изменённых гидротехническим строительством прибрежных акваториях, испытывающих сложные климатические условия северо-западной части Чёрного моря. Кроме акватории торгового порта, береговую линию здесь составляют неглубокие бассейны городских пляжей, отделённые от открытого моря системой надводных бетонных тра-

версов и заглублённых волноломов. Верхняя поверхность подводных волноломов находится, как правило, на глубине 0,5-0,8 м от уровня моря, что существенно ослабляет интенсивность водообмена в акваториях. Кроме того, траверсы высокого (надводного) уровня ограничивают находящиеся здесь гавани, которые характеризуются наиболее замедленным водообменом с открытым морем. Глубины в таких акваториях не превышают 2-2,5 м, вследствие чего в летний период морская вода здесь быстро прогревается, что не может не влиять на жизнедеятельность обитающих в них морских организмов [Адобовский, 2006]. Наиболее представлены в биообрастании гидротехнических конструкций в прибрежной зоне моря (и в первую очередь на бетонных траверсах и волноломах) мидии *Mytilus galloprovincialis* и митилястер *Mytilaster lineatus*. От биологического процветания и оптимального функционирования поселений этих двусторчатых моллюсков-фильтраторов во многом зависит санитарно-экологическое состояние морской среды, особенно в частично изолированных от открытого моря бассейнах пляжей, гаваней и т.п., испытывающих в летний период значительную антропогенную нагрузку [Говорин и др., 2004; Говорин, 2006].

Целью проведенных исследований было изучение экологических последствий аномальных гидрологических условий лета 2010 г. для перифитонных поселений мидий и митилястера на бетонных траверсах в мелководных прибрежных акваториях Одесского залива (район м. Ланжерон, северо-западная часть Чёрного моря, Украина).

Материал и методы

Исследования проводили в четырёх соседствующих друг с другом акваториях Одесского залива (район м. Ланжерон), различающихся по степени их изолированности от открытого моря

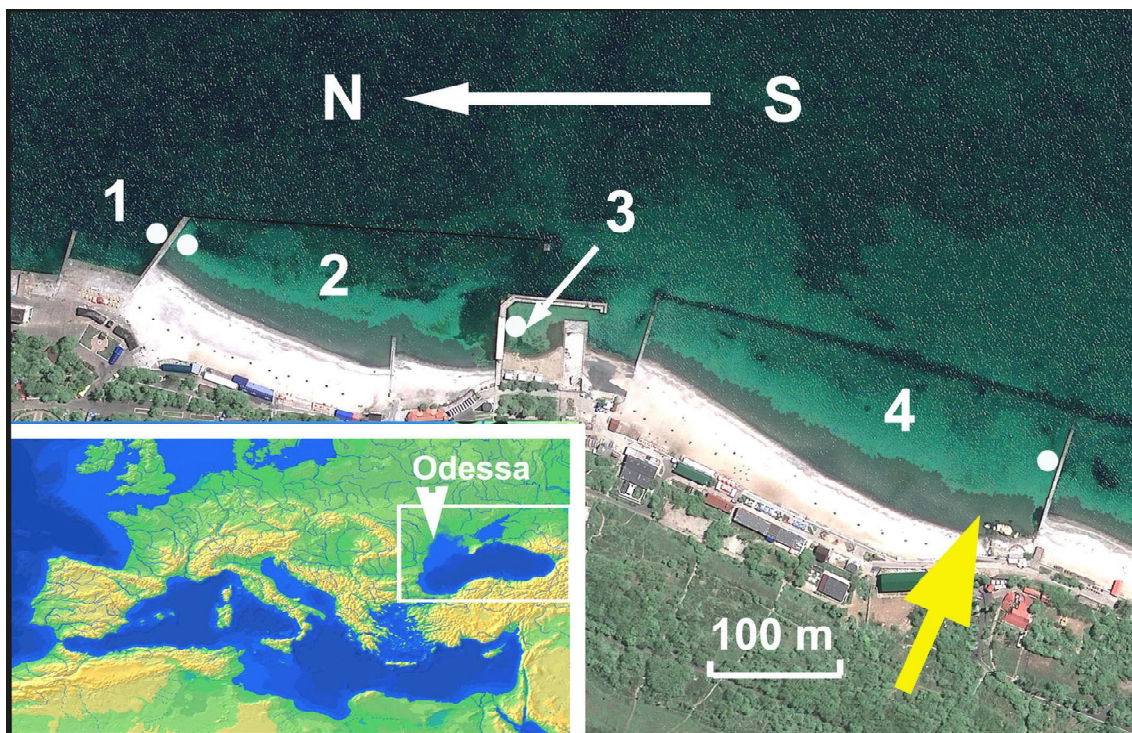


РИС. 1. Одесское побережье у м. Ланжерон (северо-западная часть Чёрного моря), где проводились исследования: 1 – открытый участок побережья со свободным водообменом, 2 – полужакрытый заглублённым волноломом участок, 3 – гавань, 4 – полужакрытый волноломом участок с выпуском дренажных вод (стрелка). Кружком отмечены траверсы, с подводной поверхности которых собирались пробы моллюсков.

FIG. 1. Marine coastal areas nearby the Lanzheron Cape (Odessa Bay, Northwestern Black Sea, Ukraine): 1 – completely open area, 2 – semi-enclosed beach area with breakwater, 3 – the harbor, 4 – beach area with breakwater and drainage waters effluent (point). The places of sampling of the molluscs on the concrete traverses are marked with dots.

различными берегоукрепительными сооружениями – надводными траверсами и заглублёнными волноломами (Рис. 1).

Изучались количественные показатели перифитонных поселений мидий *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1822) и митилястера *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1798) в следующих биотопах:

а) полностью открытая акватория, характеризующаяся свободным водообменом с открытой частью моря (пл. 1);

б) полужакрытая заглублённым волноломом акватория с замедленным водообменом (пл. 2);

в) сильно заизолированная надводными траверсами гавань, где водообмен с открытым морем осуществляется через узкий, 14-ти метровый вход (пл. 3);

г) полужакрытая волноломом акватория с выпуском дренажных вод, имеющих на протяжении всего года постоянную температуру 14-15°C и, в зависимости от сезона, охлаждающих или подогревающих водные массы в акватории. Участок траверса, используемый как площадка для отбора проб, располагается на удалении около 80 м от выпуска стоков (пл. 4).

Отбор проб проводили в 2006-2011 гг., каж-

дую последнюю декаду месяца, начиная с апреля по октябрь включительно. Моллюсков собирали с подводной поверхности бетонных траверсов (Рис. 1) на горизонте 1-1,5 м, ручным скребком с площадью «захвата» 0,2x0,25 м (0,05 м²). На каждом из выбранных траверсов бралось по 10 проб с шагом 1,0 м друг от друга, начиная с мористой оконечности траверса и двигаясь к берегу. Исходя из численности и массового состава моллюсков в пробе, рассчитывали плотность мидий и митилястера в поселении (N , тыс.экз./м²), их биомассу (M , кг/м²) и её долю в общей массе обрастания субстрата (P , %). Кроме того, определялась общая сырая масса моллюска в створке (M_1 , г) и сухая масса его мягких тканей (M_2 , г). В поселениях мидий также изучалось распределение животных по размерным группам (%), исходя из длины створок моллюсков: 0-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60 и 61-70 мм.

Предварительно проведенные визуальные (водолазные) наблюдения показали, что покрытие моллюсками выбранных траверсов в районе исследований характеризуется значительной «мозаичностью»: участки с высокой плотностью моллюсков могут соседствовать с участка-

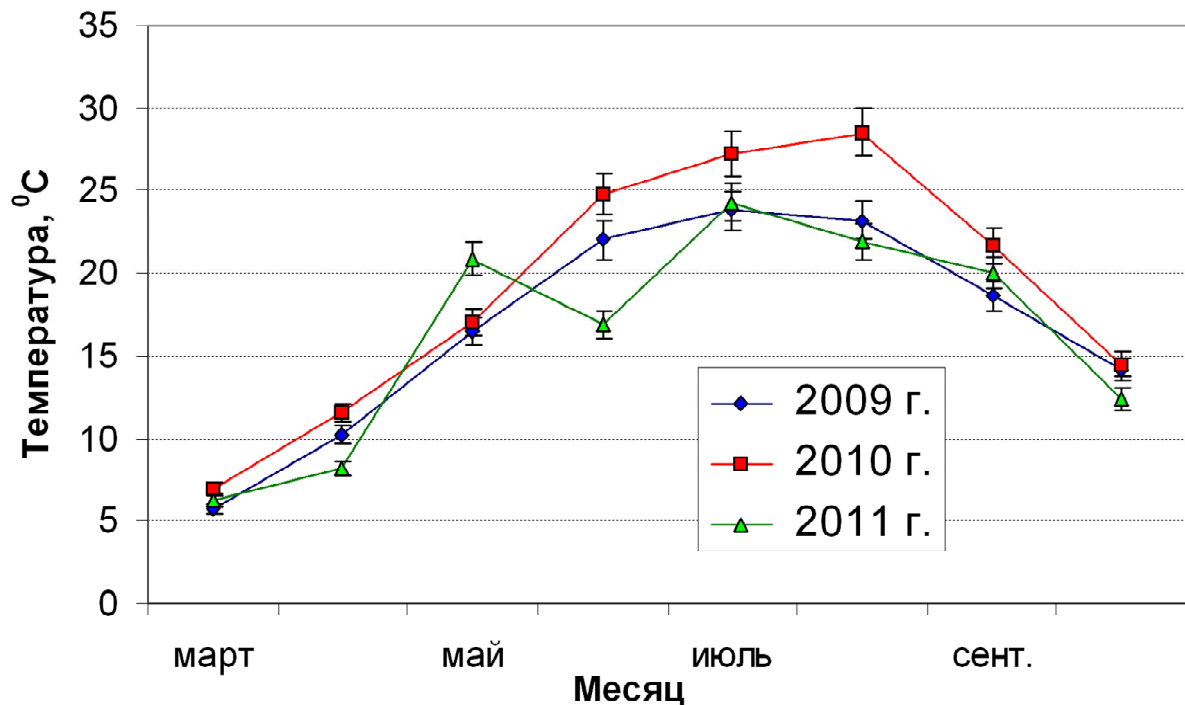


РИС. 2. Средние значения температуры морской воды (°C) в районе м.Ланжерон (Одесский залив) в марте–октябре 2009–2011 гг.

FIG. 2. The average water temperatures (°C) nearby Lanzheron Cape, Odessa coast, Northwestern Black Sea, March–October 2009–2011.

ми, где встречаются лишь единичные экземпляры животных. Поэтому, при расчётах средних величин между максимальными и минимальными значениями каждого из изучаемых показателей, было решено отказаться от средней арифметической и использовать среднюю геометрическую (G), дающую несколько заниженные, по сравнению со средней арифметической, но более приближенные к реальной ситуации значения среднего [Васнёв, 2001].

Среднюю геометрическую определяли после предварительного логарифмирования исходных значений численности и массы моллюсков (X_i) по формуле:

$$\lg G = (\sum \lg X_i) / n.$$

Одновременно с отбором проб животных, в каждой из четырёх акваторий измерялась температура морской воды на горизонте исследований (T_w , °C).

Результаты и обсуждение

Аномальный температурный режим морских вод в исследуемом районе был обусловлен интенсивной солнечной радиацией и высокими температурами воздуха, зафиксированными у одесского побережья начиная с весны и достиг-

шими пика к середине лета 2010 г. Превышение среднемесячных температур воды (T_w , °C) над среднемноголетними значениями за предыдущие 30 лет началось с марта и достигло максимального значения в августе, когда разница составила 5,4°C (в среднем за лето 4,5°C). Пик высоких температур воды был отмечен в последней декаде июля и первых двух декадах августа, когда значения T_w превышали 27°C. При этом в первой половине августа было зафиксировано несколько среднесуточных значений T_w превысивших 30°C (30,2–30,4°C). Только в третьей декаде августа началось некоторое понижение T_w , хотя среднесуточные значения все еще были выше 23°C. Следствием такого аномально высокого, долгопериодного прогрева морских вод у одесского побережья летом 2010 г., было значительное превышение средних значений температуры морской воды непосредственно в районе м. Ланжерон, по сравнению с аналогичным периодом 2009 и 2011 гг. (Рис. 2). Данные по летней температуре воды в эти годы, для каждой из исследованных акваторий на момент отбора проб моллюсков, приведены в табл. 1.

Мидийные поселения. Наблюдаемые температурные аномалии в гидрологическом режиме прибрежной зоны моря не могли не отразиться на жизнедеятельности обитающих здесь гид-

Табл. 1. Температура морской воды на каждом из исследованных участков одесского побережья, в момент отбора проб моллюсков летом 2009-2011 гг.

Table 1. The water temperatures (°C) in the investigated areas of Odessa coast at the time of sampling, summer 2009-2011.

Год	Месяц	Акватория			
		1	2	3	4
2009	VI	22,2	22,0	23,0	21,6
	VII	22,4	22,6	24,3	21,8
	VIII	23,1	23,4	24,2	22,0
2010	VI	24,6	24,8	25,2	24,5
	VII	27,0	27,4	28,0	26,8
	VIII	29,2	29,5	29,8	27,4
2011	VI	17,1	16,4	18,0	16,8
	VII	25,5	24,8	26,2	24,2
	VIII	21,8	22,2	22,7	21,4

Примечание (здесь и далее в табл. 2–3): 1 – открытый участок побережья, со свободным водообменом; 2 – полузакрытая заглублённым волноломом акватория; 3 – гавань; 4 – полузакрытая заглублённым волноломом акватория с выпуском дренажных вод.

Remark (here and in the Table 2–3): 1 – completely open area; 2 – beach basin with breakwater and slow water exchange; 3 – the harbor; 4 – beach basin with breakwater and drainage waters effluent.

робионтов, особенно на перифитонных поселениях моллюсков в наиболее прогреваемом приповерхностном горизонте моря. В первую очередь продолжительный высокотемпературный режим водной среды повлиял на количественные характеристики мидийных поселений на поверхности бетонных траверсов в мелководных прибрежных акваториях. Так, в третьей декаде июня 2010 г., несмотря на то, что морская вода у открытого побережья в районе м. Ланжерон (пл. 1) уже прогрелась до 24,6°C и до 25,2°C в бассейне гавани (пл. 3), плотность мидий на траверсах составляла, соответственно, 0,78 и 3,66 тыс.экз./м², а биомасса – 1,434 и 3,296 кг/м². Однако уже к концу августа (30.08.2010 г.) наблюдалось десятикратное и более снижение этих величин практически в каждом из исследуемых биотопов (Табл. 2).

Средние показатели (G) плотности животных в поселении уменьшились, соответственно, с 1,53 до 0,20 тыс.экз./м², а их биомасса – с 2,670 до 0,047 кг/м². Соответственно снизилась доля самих мидий в общей массе биообрастания траверсов – с 78,30 до 6,37%, и средняя масса моллюска в поселении – с 1,739 до 0,226 г.

Изучение динамики контролируемых мидийных показателей показывает, что после резкого падения плотности (N) и биомассы (M) моллюсков в августе, ситуация практически не измени-

Табл. 2. Плотность (N), биомасса (M), средняя масса моллюска (M_1) и доля в общей массе биообрастания (P) мидий *Mytilus galloprovincialis* на поверхности бетонных траверсов в районе м. Ланжерон, одесское побережье, 21 июня (над чертой) и 30 августа 2010 г. (под чертой).

Table 2. The abundance (N), biomass (M), average weight of mollusc (M_1) and the share of mussels *Mytilus galloprovincialis* in the total mass of biofouling (P) on the concrete traverses near Lanzheron Cape in June 21 (above the line) and August 30 2010 (below the line), Odessa coast, Northwestern Black Sea.

Акватория	N , тыс.экз/ м ²	M , кг/м ²	M_1 , г	P , %
1	<u>3,66</u>	<u>4,296</u>	<u>1,174</u>	<u>84,23</u>
	0,08	0,003	0,035	0,52
2	<u>0,52</u>	<u>1,021</u>	<u>1,963</u>	<u>72,52</u>
	0,00	0,000	0,000	0,00
3	<u>0,78</u>	<u>1,434</u>	<u>1,838</u>	<u>77,51</u>
	0,15	0,085	0,567	21,73
4	<u>3,74</u>	<u>8,075</u>	<u>2,159</u>	<u>79,54</u>
	0,70	0,410	0,586	23,81
Среднее	<u>1,535</u>	<u>2,670</u>	<u>1,739</u>	<u>78,30</u>
(G):	0,203	0,047	0,226	6,37

лась и к сентябрю-октябрю 2010 г. (Рис. 3). Так, в третьей декаде сентября плотность мидий на исследуемых траверсах составляла 0,06-0,54 тыс.экз./м², биомасса – 0,020-0,911 кг/м², а её доля в биообрастании субстрата – 2,10-56,39% ($G = 0,158$ тыс.экз./м², 0,163 кг/м² и 15,84%, соответственно). Для сравнения, в предыдущем 2009 г., когда летний температурный режим вод в данных акваториях не превышал 23-24°C, эти показатели в сентябре были значительно более высокими: 3,10-7,82 ($G = 5,372$) тыс.экз./м², 3,97-9,10 ($G = 5,754$) кг/м² и 77,42-91,03 ($G = 83,25$)% соответственно. Более того, пережившие аномальное лето 2010 г. мидийные поселения в данном районе одесского побережья на протяжении всего последующего года так и не смогли восстановить ни один из своих количественных показателей до среднего уровня 2009 г. (Рис. 4).

Зафиксированное аномально резкое снижение плотности и биомассы мидий на бетонных берегозащитных гидротехнических сооружениях (траверсах) у одесского побережья в июле-августе 2010 г. наблюдалось нами впервые, начиная с 2006 года. Так, в 2006-2009 гг. доля мидий в общей биомассе обрастания траверсов здесь варьировала от 62,9 до 82,1% [Говорин, Шацилло, 2009].

Кроме снижения плотности и биомассы мидий перифитона в районе м.Ланжерон к началу

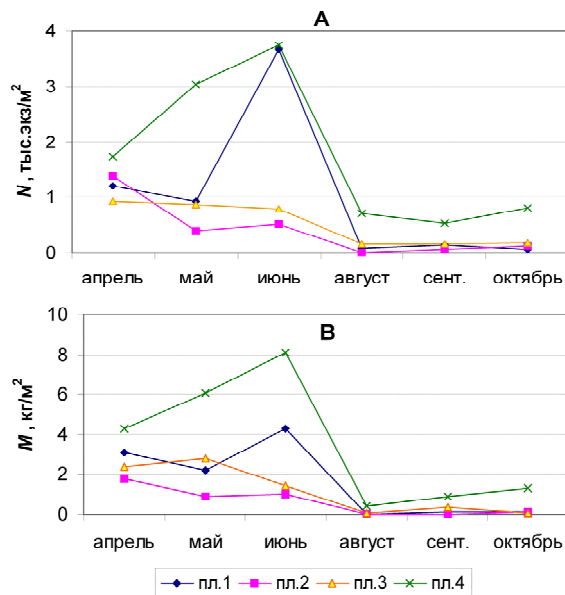


РИС. 3. Динамика плотности мидий *Mytilus galloprovincialis* (N , тыс.экз./м²) (А) и их биомассы (M , кг/м²) (В) на бетонных трассеях в районе м. Ланжерон, апрель–октябрь 2010 г. Здесь и далее: пл. 1 – открытый участок побережья; пл. 2 – полузакрытый заглублённым волноломом участок; пл. 3 – гавань; пл. 4 – полузакрытый волноломом участок со сбросом дренажных вод.

FIG. 3. The graphs of the dynamics of abundance (N , thousand ind./m²) (А) and biomass (M , kg/m²) (В) of mussels *M. galloprovincialis* on the concrete traverses in studied areas near Lanzheron Cape in April – October 2010, Odessa coast, Northwestern Black Sea.

Here and on the next figs.: 1 – open area with free water exchange; 2 – semi-enclosed area with breakwater; 3 – the harbor; 4 – semi-enclosed area with breakwater and drainage waters effluent.

осени 2010 г., были отмечены также значительные изменения в размерном составе моллюсков в поселениях. Так, в апреле–мае 2010 г. длина мидий в обрастании субстрата могла достигать 70 мм, а наибольшее количество моллюсков представляло размерную группу 21–30 мм ($31,8 \pm 2,6\%$ от общей численности животных). В сентябре–октябре этого же года максимальный размер переживших аномальный гидрологический период моллюсков уже не превышал 50 мм, а наиболее массовой была размерная группа 11–20 мм ($37,5 \pm 7,3\%$) (Рис. 5).

Наглядным подтверждением массовой гибели моллюсков в исследованных акваториях может служить необычно большое количество пустых створок животных, которые остались на трассеях, будучи прикрепленными к их бетонной поверхности биссусными нитями (Рис. 6). Так, 30 августа 2010 г. на трассе в полностью открытой акватории (пл. 1) масса пустых створок погибших животных ($M_{\text{ств.}}$) достигала

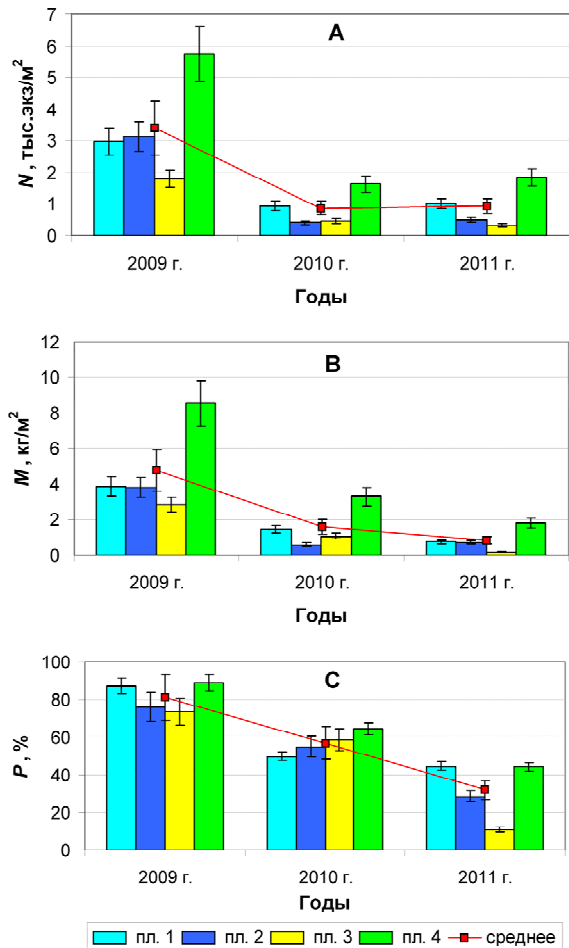


РИС. 4. Плотность мидий *Mytilus galloprovincialis* (N , тыс.экз./м²) (А), биомасса моллюсков (M , кг/м²) (В) и её доля в общей массе биообрастания (P , %) (С) на бетонных трассеях в районе м. Ланжерон, 2009–2011 гг.

FIG. 4. The abundance of mussels *M. galloprovincialis* (N , thousand spec./m²) (А), its biomass (M , kg/m²) (В) and its share in the total mass of biofouling on the concrete traverses (P , %) (С) in studied areas near Lanzheron Cape, Odessa coast, Northwestern Black Sea, 2009–2011.

$0,491 \pm 0,180$ кг/м², а масса живых мидий (M) не превышала $0,028 \pm 0,019$ кг/м² ($M_{\text{ств.}}/M = 17,5$). В полузакрытом волноломом бассейне со сбросом дренажных вод (пл. 4) эти величины составляли, соответственно, $0,534 \pm 0,194$ и $0,401 \pm 0,082$ кг/м² ($M_{\text{ств.}}/M = 1,3$). Следует отметить, что в данном конкретном случае дренажные воды, имеющие на протяжении всего года постоянную и относительно невысокую температуру ($T = 14\text{--}15^\circ\text{C}$, дебит штольни 7–10 тыс.м³/сутки), сыграли положительную роль для функционирования мидийного поселения на трассе, расположенном в прилегающем к выпуску участку акватории, снижая здесь температуру морской воды в летний период на $1,5\text{--}2,5^\circ\text{C}$ (см. табл. 1).

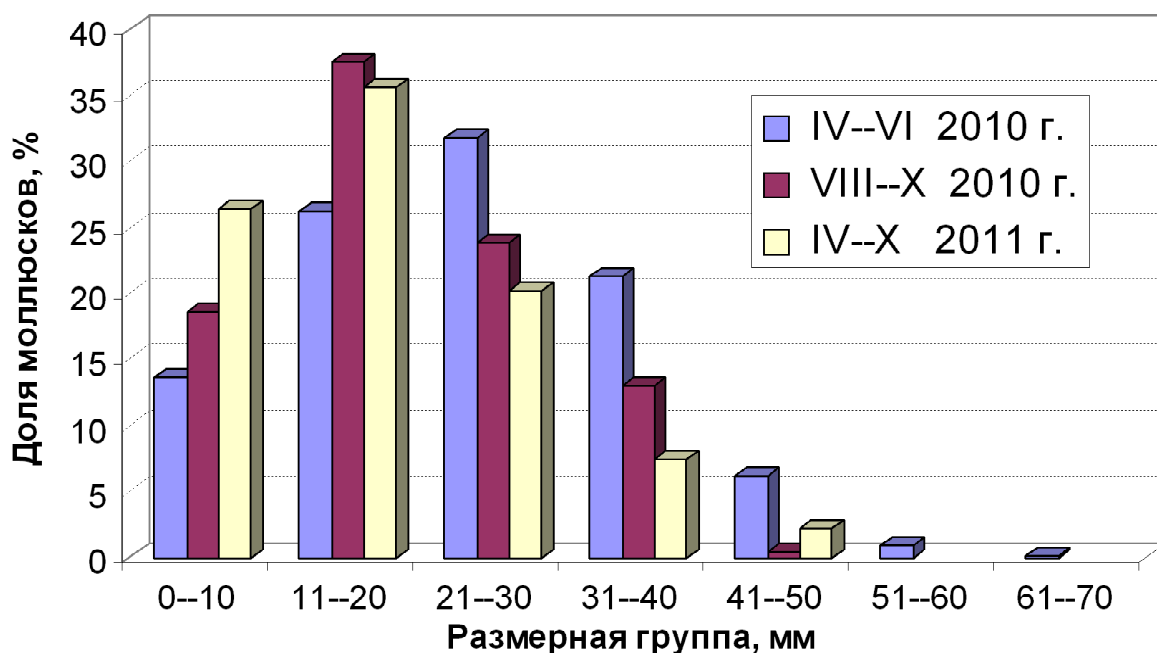


РИС. 5. Распределение численности мидий *Mytilus galloprovincialis* по размерным группам (%) в обрастании бетонных траверсов у м.Ланжерон в апреле–июне 2010 г. (до массовой гибели моллюсков), начиная с конца августа по октябрь 2010 г. и в апреле–октябре 2011 г.

FIG. 5. The distribution of abundance between size groups of mussels *M. galloprovincialis* (%) on the concrete traverses near Lanzheron Cape in April–June 2010 (before the mass mortality of mollusks), from late August to October 2010 and in April–October 2011.

Табл. 3. Плотность (N), биомасса (M), средняя масса моллюска (M_1) и доля в общей массе биообрастания (P) митилиастера *Mytilaster lineatus* на поверхности бетонных траверсов в районе м. Ланжерон, 21 июня (над чертой) и 30 августа 2010 г. (под чертой).

Table 3. The abundance (N), biomass (M), average weight of mollusc (M_1) and the share of *Mytilaster lineatus* in the total mass of biofouling (P) on the concrete traverses near Lanzheron Cape in June 21 (above the line) and 30 August 2010 (below the line), Odessa coast, Northwestern Black Sea.

Акватория	N , тыс.экз/м ²	M , кг/м ²	M_1 , г	P , %
1	<u>0,74</u>	<u>0,132</u>	<u>0,179</u>	<u>2,62</u>
	1,92	0,228	0,119	10,24
2	<u>0,34</u>	<u>0,045</u>	<u>0,131</u>	<u>3,23</u>
	1,10	0,140	0,127	42,21
3	<u>1,36</u>	<u>0,141</u>	<u>0,104</u>	<u>7,64</u>
	2,23	0,221	0,099	49,82
4	<u>3,28</u>	<u>0,481</u>	<u>0,147</u>	<u>4,73</u>
	6,80	0,672	0,099	17,40
Среднее	<u>1,029</u>	<u>0,142</u>	<u>0,138</u>	<u>4,164</u>
(G):	2,379	0,262	0,110	24,689

FIG. 6. The biomass of live specimens of mussels and mytilasters, and weight of empty valves of molluscs (kg/m²) on the concrete traverses in the completely open area with free water exchange (A) and in semi-enclosed beach basin with breakwater and drainage waters effluent (B) in August 30, 2010, Lanzheron Cape, Odessa coast, Northwestern Black Sea.

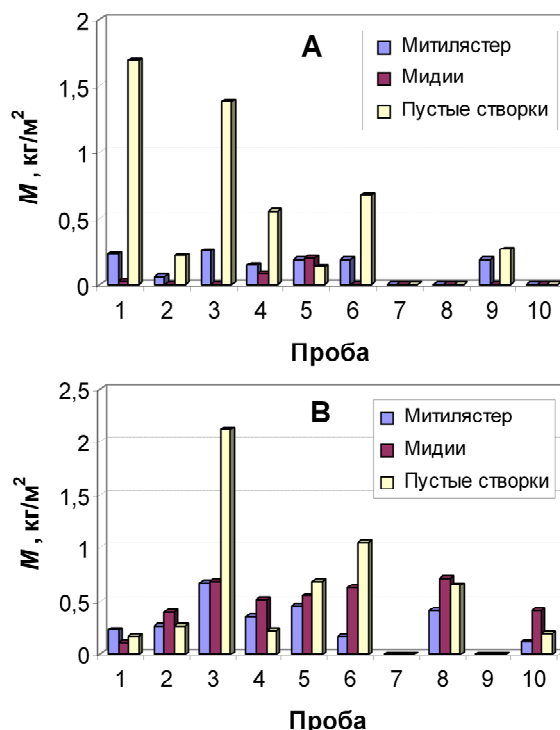


РИС. 6. Масса живых мидий и митилиастера, а также пустых створок моллюсков (кг/м²) на бетонных траверсах в полностью открытой акватории со свободным водообменом (А) и в полузакрытом подводном волноломом бассейне с выпуском дренажных вод (В), район м. Ланжерон, 30 августа 2010 г.

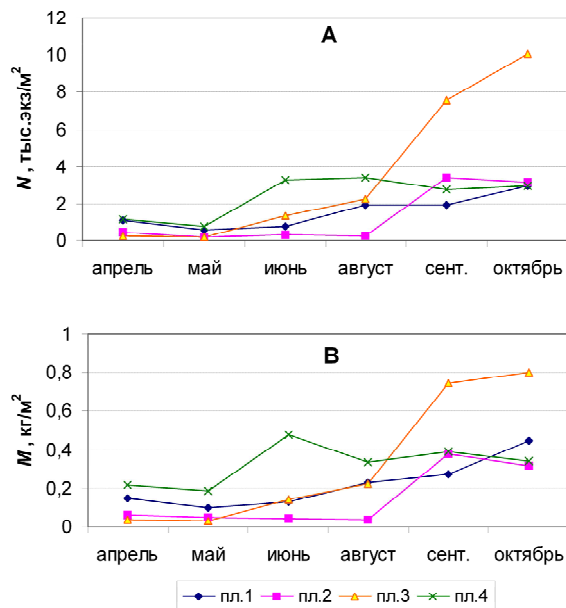


РИС. 7. Динамика численности митилястера *Mytilaster lineatus* (N , тыс.экз./м²) (А) и его биомассы (M , кг/м²) (В) на бетонных траверсах в районе м. Ланжерон, апрель–октябрь 2010 г.

FIG. 7. The graphs of the dynamics of number (N , thousand ind./m²) (А) and biomass (M , kg/m²) (В) of mytilasters *M. lineatus* on the concrete traverses in studied areas near Lanzheron Cape in April–October 2010, Odessa coast, Northwestern Black Sea.

Поселения митилястера. В отличие от наблюдаемой летом 2010 г. деградации мидийного обрастания бетонных траверсов у м. Ланжерон, поселения митилястера, наоборот, демонстрировали здесь заметное увеличение своих количественных показателей. Так, за период с июня по сентябрь 2010 г. средняя плотность этих моллюсков выросла с 1,029 до 2,379 тыс.экз./м², а их масса – с 0,142 до 0,262 кг/м². При этом доля митилястера в общей биомассе обрастания субстрата также увеличилась с 4,2 до 24,7% (Табл. 3).

Следует констатировать, что митилястер значительно легче перенёс аномальный температурный режим лета в 2010 г. Так, с июня по август ни в одном из исследованных биотопов не наблюдалось такого резкого снижения количественных показателей поселений животных, как это было у мидий. Более того, на некоторых участках побережья (пл. №№ 1 и 3) в этот период отмечался даже некоторый рост плотности и биомассы моллюсков. Уже в сентябре поселения митилястера, заняв освободившуюся экологическую нишу, продемонстрировали увеличение своей биомассы практически на всех на-

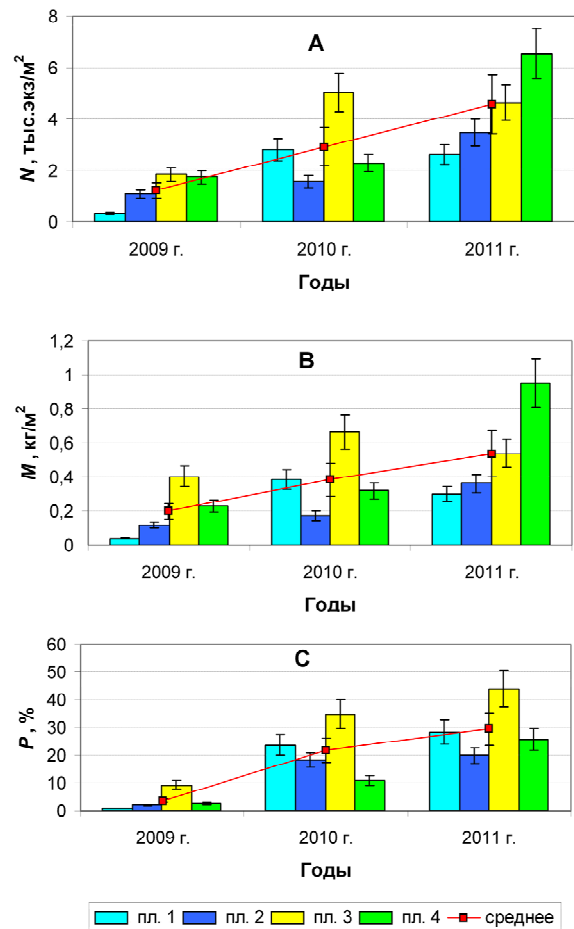


РИС. 8. Плотность митилястера *Mytilaster lineatus* (N , тыс.экз./м²) (А), биомасса моллюсков (M , кг/м²) (В) и её доля в общей массе биообрастания (P , %) (С) на бетонных траверсах в районе м. Ланжерон, 2009–2011 гг.

FIG. 8. The abundance of mytilaster *M. lineatus* (N , thousand spec./m²) (А), its biomass (M , kg/m²) (В) and her share in the total mass of biofouling on the concrete traverses (P , %) (С) in the studied areas near Lanzheron Cape, Odessa coast, Northwestern Black Sea, 2009–2011.

блюдаемых траверсах (Рис. 7). Следует отметить, что подобная тенденция роста плотности этого моллюска, его биомассы и доли в общей массе биообрастания сохранилась здесь и в следующем, 2011 году (Рис. 8).

Масса тела у переживших температурные аномалии моллюсков. Известно, что температура окружающей среды оказывает непосредственное влияние на жизнедеятельность двусторчатых моллюсков. Так, у черноморских мидий *M. galloprovincialis*, при температуре воды выходящей за верхний предел температурного оптимума ($>20^{\circ}\text{C}$) интенсивность фильтрации начинает постепенно снижаться [Финенко и др., 1990]. Экспериментальные исследования показывают, что верхний температурный предел то-

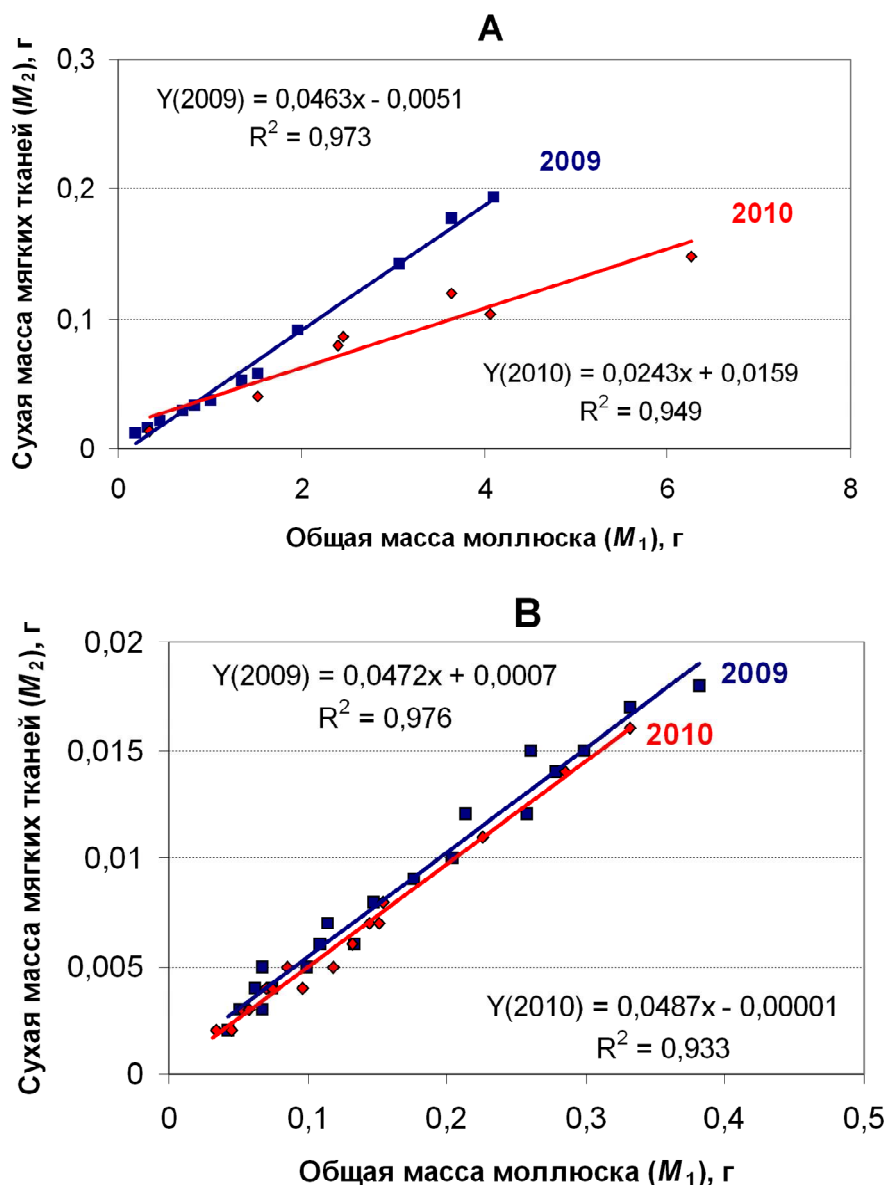


РИС. 9. Зависимость сухой массы мягких тканей моллюска от его общей массы в створке у мидий (А) и митилястера (В) в акватории гавани 21 сентября 2009 (прямоугольники) и 27 сентября 2010 гг. (ромбы).

FIG. 9. The graphs of dependence between the dry mass of the soft body and total mass of animal in the mussels *M. galloprovincialis* (А) and mytilasters *M. lineatus* (В) from the harbor near Lanzheron Cape, Odessa Bay, September 21, 2009 (squares) and September 27, 2010 (diamonds).

лерантности для мидий в северо-западной части Чёрного моря не превышает 25-28°C, выше которого начинаются необратимые деструктивные изменения в организме животных [Стасiум, 1980]. При этом у моллюсков наблюдается общее истощение организма, что в первую очередь проявляется в повышенной *обводненности* его тканей и органов, и их частичной дегенерации. Соответственно, у таких животных заметно снижается масса тела по сравнению с их общей массой в створке. Как показал проведенный анализ, в сентябре 2010 г. у выживших в

акватории гавани мидий отношение массы сухого остатка мягких тканей к общей биомассе моллюска (M_2/M_1) составляло $2,79 \pm 0,34\%$, что было почти в два раза ниже, чем для аналогичного периода 2009 г., когда этот показатель был равен $4,47 \pm 0,16\%$. Подобное снижение уровня «упитанности» мидий свидетельствует о длительном голодании и, в итоге, об общей дистрофии тех животных, которые пережили неблагоприятный температурный режим второй половины лета 2010 г. (Рис. 9 А).

Что касается митилястера, то по сравнению с

мидиями этот моллюск в исследуемом районе демонстрировал большую устойчивость к высоким температурам окружающей среды, ещё раз подтверждая свою высокую экологическую пластичность. Об этом, косвенно, можно судить по широкому распространению митиластера в бассейне Каспийского моря, после его вселения в середине 20-го века. Известно, что в южной части моря температура воды летом поднимается до 30°C. В северном Каспии средняя температура поверхностного слоя морских вод в середине лета составляет 24–26°C, а в особо жаркие годы температура воды в неглубоких прибрежных акваториях поднимается до 35°C [Aladin, Plotnikov, 2004; Zonn *et al.*, 2010]. Вместе с тем поселения митиластера в этом регионе демонстрируют значительную численность и биомассу [Малиновская, Зинченко, 2009; Rozengurt, Hedgpeth, 1989].

В рассматриваемом нами случае средние значения параметра M_2/M_1 у митиластера в акватории гавани лишь незначительно отличались друг от друга в сентябре 2009 и 2010 гг.: $5,32 \pm 0,16$ и $5,01 \pm 0,13\%$ соответственно. Об отсутствии заметных различий в «упитанности» митиластера в эти годы наглядно свидетельствует практически полное совпадение графиков зависимости сухой массы мягких тканей животных от их общей массы в данной акватории (Рис. 9 В).

Выводы

Аномальные климатические условия лета 2010 г. стали причиной значительных изменений в гидрологическом режиме Одесского региона северо-западной части Чёрного моря, что наиболее наглядно проявилось в необычайно большом прогреве водных масс в его неглубоких прибрежных акваториях. Анализ динамики количественных характеристик мидий *Mytilus galloprovincialis* и митиластера *Mytilaster lineatus* в нескольких пляжных акваториях Одесского залива показал, что долгопериодные экстремально высокие температуры морской среды, достигающие в июле–августе 29–30°C, обусловили значительные изменения в структуре перифитонных поселений этих моллюсков в районе исследований. В частности, было зафиксировано катастрофическое снижение плотности мидий (N), их биомассы (M) и её доли в общей массе биообрастания субстрата (P), которые за период с конца июня по сентябрь 2010 г. снизили свои максимальные значения, соответственно, с 3,75 до 0,70 тыс.экз./м², с 8,075 до 0,410 кг/м² и с 83,2 до 23,8%. В то же время, поселения митиластера за этот же период, наоборот, увеличили свои показатели: N – с 3,28 до 6,80 тыс.экз./м², M – с 0,481 до 0,672 кг/м² и P – с 7,6 до 49,8%, что можно рассматривать как следствие более высо-

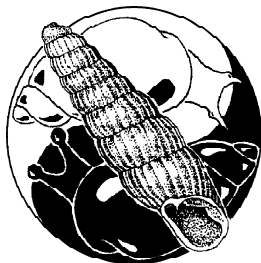
кой толерантности митиластера к высоким температурам окружающей среды. Следствием подобных изменений в структуре перифитонных сообществ этих двух моллюсков и, в первую очередь, из-за массовой смертности мидий, как наиболее активных моллюсков-фильтраторов в биообрастании, вероятнее всего станет временная деградация сложившегося здесь уникального биофильтра, позитивно влияющего на формирование экологического состояния морской среды в прибрежных акваториях, испытывающих в летний период высокие антропогенные нагрузки.

Литература

- Адобовский В.В. 2006. Антропогенно преобразованная прибрежная зона. В книге: *Северо-западная часть Черного моря: биология и экология*. Киев, Наукова думка: 52–58.
- Васнёв В.А. 2001. *Статистика. Учебное пособие*. М., Изд-во МГУ, 170 с.
- Говорин И.А. 2006. Роль мидий из обрастания берегозащитных гидротехнических сооружений в формировании микробиологических характеристик морской среды пляжных акваторий. *Гидробиологический журнал*, 42(3): 41–50.
- Говорин И.А., Адобовский В.В., Шацилло Е.И. 2004. Мидийное обрастание гидротехнических сооружений как составляющая природного биофильтра в прибрежной зоне Черного моря. *Гидробиологический журнал*, 40(3): 68–75.
- Говорин И.А., Шацилло Е.И. 2009. Формирование фильтрационного потенциала поселений мидий и митиластера в антропогенно преобразованной прибрежной зоне моря. *Гидробиологический журнал*, 45(6): 3–12.
- Финенко Г.А., Романова З.А., Аболмасова Г.И. 1990. Экологическая энергетика черноморской мидии. В книге: *Биоэнергетика гидробионтов*. Киев, Наукова думка: 32–71.
- Малиновская Л.В., Зинченко Т.Д. 2009. *Mytilaster lineatus* (Gmelin): многолетняя динамика, распределение инвазионного моллюска в Северном Каспии. *Российский журнал биологических инвазий*, № 1: 7–17.
- Aladin N., Plotnikov I. 2004. The Caspian Sea. *Lake Basin Management Initiative: Thematic Paper*, 28 June 2004: 1–29.
- Cracium C. 1980. Effect of high temperatures on the ultrastructure of Leydig cells in *Mytilus galloprovincialis*. *Marine Biology*, 60: 73–79.
- Rozengurt M.A., Hedgpeth J.W. 1989. The impact of altered river flow on ecosystem of Caspian Sea. *Reviews in Aquatic Science*, 1: 337–362.
- Zonn I. S., Kostianoy A., Kasarev A.N., Glantz M. 2010. The Caspian Sea Encyclopedia. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*: 310–311.

РЕФЕРАТ. Исходя из анализа плотности и биомассы перифитонных поселений мидий *Mytilus galloprovincialis* и митилястера *Mytilaster lineatus* на бетонных траверсах в мелководных прибрежных акваториях Одесского залива (район м. Ланжерон, северо-западная часть Черного моря), рассматриваются экологические последствия аномаль-

ных гидрологических условий лета 2010 г., когда температура морской воды в июле–августе достигала 29–30°C. Продемонстрировано негативное влияние длительного высокотемпературного периода на количественные показатели мидий и более высокую толерантность митилястера к подобным аномалиям окружающей среды.



This paper is published on a CD-ROM to comply with the Article 8.6 of the International Code of Zoological Nomenclature. The copies of the CD-ROM were mailed on the date mentioned on the front page to: Department of biological literature of the Library on Natural Sciences of Russian Ac. Sci., Library of Zoological Institution of Russian Ac. Sci., Malacology library of Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris, France), Malacology library of the Natural History Museum (London, UK), Library of the National Museum of Natural History, Smithsonian Institution (Washington, DC, USA); Thomson Reuters (publishers of Zoological Record).

Эта статья опубликована на CD-ROM, что соответствует требованиям статьи 8.6 Международного Кодекса Зоологической номенклатуры. Копии CD-ROM разосланы в день, указанный на первой странице в следующие библиотеки: Библиотеку биологической литературы РАН (Москва), которая является отделом Библиотеки по естественным наукам Российской академии наук (БЕН РАН); библиотеку Зоологического института РАН; малакологическую библиотеку Muséum National d'Histoire Naturelle (Париж, Франция); малакологическую библиотеку Natural History Museum (London, UK), библиотеку National Museum of Natural History, Smithsonian Institution (Washington, DC, USA); Thomson Reuters (издатели Zoological Record).