

В.В.Адобовский*, И.А.Говорин*, Э.Б.Краснодембский**

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

**Одесский государственный экологический университет, г.Одесса

ВЛИЯНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА МИДИЙНЫЕ ОБРАСТАНИЯ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОДЕССКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Исходя из динамики характеристик поселений мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. на бетонных траверсах в четырёх акваториях городских пляжей г.Одессы, анализируются экологические последствия аномальных гидрологических условий лета 2010 г., когда температура морской воды у одесского побережья в июле – августе достигала 30 °С. Продемонстрировано негативное влияние длительного высокотемпературного периода на численность, биомассу моллюсков и её долю в общей массе биообрастания субстрата, которые с конца июня по сентябрь снизили свои максимальные значения в районе исследований с 3,75 до 0,70 тыс. экз·м⁻², с 8,075 до 0,410 кг·м⁻² и с 84,21 до 23,81 % соответственно.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *обрастания гидротехнических берегозащитных сооружений, мидии Mytilus galloprovincialis Lam., численность, биомасса моллюсков, аномальный гидрологический режим прибрежных вод, Одесский залив, северо-западная часть Чёрного моря.*

Характерным примером максимальной концентрации хозяйственной деятельности в береговой зоне северо-западной части Черного моря можно считать побережье Одесского залива и прилегающий к нему участок у м. Ланжерон, где находятся акватории наиболее посещаемых городских пляжей [1]. Пляжные бассейны отделены от открытого моря системой бетонных траверсов и заглублённых волноломов. Верхняя поверхность подводных волноломов находится, как правило, на глубине 0,5 – 0,8 м при среднем уровне водной поверхности, что существенно ослабляет водообмен в акваториях пляжей. Кроме того, волноломы высокого уровня ограничивают располагающийся здесь же бассейн типа “гавань”, который характеризуется наиболее затрудненным водообменом с открытым морем через узкий 14-ти метровый «створ». Глубина в таких пляжных акваториях не превышает 1,0 – 2,5 м, вследствие чего в летний период температура морской воды достигает высоких значений, что не может не сказываться на жизнедеятельности обитающих здесь морских организмов. Наиболее значительную роль в биообрастании гидротехнических конструкций в акваториях, искусственно преобразованных берегоукрепительным гидростроительством, играют такие массовые моллюски-фильтраторы, как мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam., от жизнедеятельности которых во многом зависит экологическое состояние морской среды в частично изолированных от открытого моря бассейнах пляжей, гаваней и т.п. [3, 4].

Целью проведенных исследований было изучение экологических последствий аномальных гидрологических условий лета 2010 г., исходя из ди-

намики численности, биомассы поселений мидий и масс-размерных характеристик этих моллюсков из обрастания берегозащитных гидротехнических сооружений в нескольких пляжных акваториях одесского побережья.

Материал и методика. Для анализа хода гидрологических процессов в прибрежной зоне были использованы как периодические наблюдения непосредственно в бассейнах системы берегозащиты, так и стационарные наблюдения за температурой морской воды (T_w , °C), её солёностью (S_w , ‰) и уровнем моря, выполняемые Морской геофизической лабораторией Одесского государственного экологического университета. Гидрологические наблюдения и их обработка проводились стандартными приборами по стандартным методикам [5, 6].

Пробы мидий отбирали каждый месяц с апреля по сентябрь в 2009 и 2010 гг. с подводной поверхности бетонных траверсов (горизонт отбора 1 – 1,5 м), ручным скребком с площадью «захвата» $0,2 \times 0,25$ м ($0,05$ м²). Для исследований был выбран участок одесского побережья, прилегающий к м. Ланжерон. Здесь на сравнительно небольшом отрезке береговой линии протяженностью около 800 м находится несколько бассейнов городских пляжей (Ланжерон, Лермонтовский и др.), значительно отличающихся друг от друга по гидрологическим условиям вследствие различной изолированности от открытого моря берегоукрепительными сооружениями. Исследуемые траверсы располагались в акваториях четырёх типов:

- 1) полностью открытая акватория, характеризующаяся свободным водообменом с открытой частью моря;
- 2) полузакрытый заглубленным волноломом бассейн с замедленным водообменом;
- 3) практически полностью закрытая системой незаглубленных волноломов и траверсов гавань, в которой водообмен с открытым морем осуществляется через узкий 14-ти метровый вход;
- 4) полузакрытая заглублённым волноломом акватория с выпуском дренажных вод.

На основе анализа взятых проб рассчитывали численность мидий (N , тыс. экз·м⁻²), их биомассу (M , кг·м⁻²) и её долю в общей массе обрастания субстрата (P , %). Кроме того, определяли среднюю массу животного в створке (M_1 , г) и массу его высушенного мягкого тела (M_2 , г).

Поскольку контролируемые параметры поселений моллюсков в акваториях исследуемого района значительно отличались друг от друга, для более точного определения средней величины между их максимальными и минимальными значениями использовали среднюю геометрическую (G) [2], которую вычисляли после предварительного логарифмирования исходных значений численности и массы моллюсков.

Результаты и обсуждение. Климатические условия зимы 2009 – 2010 гг., первого полугодия и лета 2010 г. в Одесском регионе были аномальными по своим гидрометеорологическим характеристикам.

Зима 2009 – 2010 гг. была умеренной и отличалась обилием осадков. Сумма градусо-дней мороза составила – 229,7 °C. По данным Одесской гидрометеорологической обсерватории, лето 2010 г. было самым жарким за весь период наблюдений, начиная с 1896 г. Особенно высокие значения

температуры воздуха были зафиксированы в августе: фактически 26,2 °С при норме (среднее значение за многолетний период) 21,4 °С.

Если за весь 2009 г. выпало 405 мм осадков, то из этой суммы на последний квартал 2009 г. пришлось 191 мм, т.е. 47 %. В зимний период, декабрь 2009 г. – февраль 2010 г., при норме 97 мм выпало 275 мм, т.е. фактически три нормы осадков. В первом полугодии 2010 г. выпало 339 мм осадков, что превысило норму в 1,6 раза.

В бассейнах крупных рек, впадающих в СЗЧМ, также отмечалось превышение норм осадков, выпавших за зимний период, в среднем в 1,5 раза.

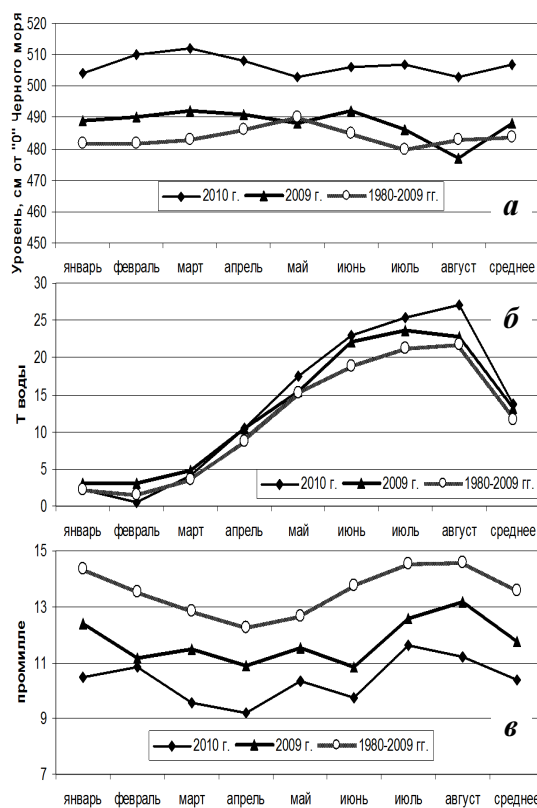
Уровень моря у берегов Одесского региона в первом полугодии 2010 г. в течение всего лета был существенно выше среднеемноголетних значений. Если среднегодовое значение уровня за 1980 – 2009 гг. было 484 см, то среднее значение за первое полугодие 2010 г. составило 507 см. Это стало следствием необычно большого объема речного стока, выпадением значительных осадков, а также высокой повторяемостью ветров (59 – 74 %), с тех направлений, которые прижимали поток распресненных вод из Днепро-Бугского лимана к берегу и осуществляли подпор дунайских и днестровских вод, затрудняя их продвижение на юг в сторону румынских берегов.

Аномальные климатические условия зимы 2009 – 2010 гг. и весны 2010 г. способствовали резкому увеличению объемов стока крупных рек, впадающих в СЗЧМ. Сток Дуная за первое полугодие 2010 г. составил 164 км³, при среднем значении за последние 30 лет 122 км³. Объем стока Днестра в первом полугодии 2010 г. был 31,7 км³, при среднеемноголетнем значении 24,4 км³, а сток Южного Буга за первые 6 месяцев составил 1,8 км³, при среднем за многолетний период годовом стоке 1,9 км³.

Климатические аномалии атмосферных процессов и увеличение объема речного стока на 33 %, по сравнению со среднеемноголетним значением, определили особенный характер гидрологических процессов в прибрежной зоне моря Одесского региона.

Уровень моря у одесских берегов за прошедший период 2010 г. был значительно выше среднего значения. При среднеемноголетнем уровне 484 см (уровни воды приведены к «0» Черного моря), все среднемесячные значения уровня были выше этой отметки примерно на 20 см (рис.1, а). Повышение уровня вызвало более интенсивное воздействие волнения на береговую полосу и гидротехнические сооружения, т.к. ослабило защитный эффект волноломов.

Температурный режим в прибрежной зоне моря был обусловлен интенсивной солнечной радиацией и высокой температурой воздуха. Превышение среднемесячных значений температуры воды (T_w) над среднеемноголетними значениями за предыдущие 30 лет началось с марта и достигло максимума в августе, когда разница составила 5,4 °С, а в целом за лето 4,5 °С (рис.1, б). Пики высокой температуры воды были отмечены в последней декаде июля и первых двух декадах августа, когда значения T_w стабильно превышали 27 °С. В первой половине августа отмечено несколько среднесуточных значений T_w , которые превышали 30 °С (30,2 – 30,4 °С). Только в третьей декаде августа началось некоторое понижение T_w , хотя среднесуточ-



Р и с . 1 . Динамика среднемесячных значений уровня (а), температуры (б) и солёности воды (в) у побережья Одессы в январе – августе 2009 и 2010 гг. и их средние значения за аналогичный период 1980 – 2009 гг.

ные значения все еще превышали 23 °С.

Под влиянием аномальных климатических процессов большие изменения произошли, наряду с уровнем и температурой воды, и с солёностью вод у одесского побережья. При среднегодовом значении за период 1980 – 2009 гг. 13,8 ‰, среднее значение солёности за первые 8 месяцев этого же периода было 13,6 ‰, среднее за лето 14,3 ‰. Среднее значение солёности воды у побережья Одессы за 8 месяцев 2010 г. составило 10,5 ‰, а среднелетнее 11,2 ‰. Наименьшая среднемесячная солёность за летний период 2010 г. была в июне 9,8 ‰ (рис.1, в). Следует отметить, что в 2009 г. все рассматриваемые нами гидрологические показатели были значительно ближе к среднегодовым, чем в 2010 г.

Аномальные процессы, происходившие в описываемый период в гидрологическом режиме прибрежной зоны моря, оказали прямое влияние на жизнедеятельность обитающих здесь гидробионтов и особенно на биообрастания гидротехнических сооружений в пограничном слое вода – воздух. В первую очередь это отразилось на количественных характеристиках поселений мидий *Mytilus galloprovincialis* на поверхности бетонных траверсов в мелководных бассейнах городских пляжей у одесского побережья. Так, в сентябре 2009 г. в четырёх исследуемых акваториях примыкающих к м. Ланжерон, численность этих моллюсков в обрастании варьировала от 3,10 до 7,82 тыс. экз·м⁻² ($G = 5,38$ тыс. экз·м⁻²), их биомасса – от 3,97 до 9,10 кг·м⁻² ($G = 5,754$ кг·м⁻²). В сентябре 2010 г. эти же показатели мидийных поселений здесь не превышали 0,06 – 0,54 тыс. экз·м⁻² ($G = 0,16$ тыс. экз·м⁻²) и 0,02 – 0,91 кг·м⁻² ($G = 0,163$ кг·м⁻²) соответственно (табл.1).

Вероятнее всего, резкое снижение количественных показателей моллюсков в обрастании бетонных траверсов началось в начале июля 2010 г. Так, уже в третьей декаде июня (21 июня 2010 г.) морская вода в районе исследований прогрелась до 24,6 °С в полностью открытой акватории и до 25,2 °С в бассейне гавани. При этом основные характеристики мидийных поселений в исследуемых акваториях оставались довольно высокими и составляли 0,52 – 3,74 тыс. экз·м⁻² и 1,021 – 8,075 кг·м⁻².

Т а б л и ц а 1. Численность мидий *Mytilus galloprovincialis* (N), их биомасса (M), средняя масса особи (M_1) и доля моллюсков (P) в общей биомассе обрастания бетонных траверсов в районе м.Ланжерон в сентябре 2009 (над чертой) и сентябре 2010 г. (под чертой).

акватория	N , тыс. экз·м ⁻²	M , кг·м ⁻²	M_1 , г	P , %
полностью открытая акватория, со свободным водообменном	<u>7,82</u> 0,13	<u>6,073</u> 0,114	<u>0,778</u> 0,873	<u>78,42</u> 16,75
полузакрытая акватория с заглублённым волноломом, с замедленным водообменном	<u>5,92</u> 0,06	<u>4,998</u> 0,020	<u>0,844</u> 0,325	<u>91,03</u> 2,10
акватория гавани с ограниченным водообменом	<u>3,10</u> 0,15	<u>3,971</u> 0,339	<u>1,281</u> 2,258	<u>87,56</u> 31,76
полузакрытая акватория со сбросом дренажных вод	<u>5,82</u> 0,54	<u>9,097</u> 0,911	<u>1,563</u> 1,686	<u>84,50</u> 56,39
среднее (G)	<u>5,376</u> 0,158	<u>5,754</u> 0,163	<u>1,071</u> 1,019	<u>85,25</u> 15,84

Однако уже к концу августа (30 августа 2010 г.) практически в каждом из бассейнов нами наблюдалось десятикратное и более снижение средних показателей (G) как численности животных – с 1,53 до 0,20 тыс.экз·м⁻² соответственно, так и их биомассы – с 2,670 до 0,047 кг·м⁻² и доли мидий в общей массе биообрастания – с 78,30 до 6,37 % (табл.2).

Наглядным подтверждением массовой гибели моллюсков в исследованных акваториях может служить необычно большое количество пустых створок животных, которые остались на траверсах, будучи прикрепленными к их поверхности биссусными нитями (рис.2).

Так, 30 августа 2010 г. на траверсе в полностью открытой акватории масса пустых створок погибших животных ($M_{ств.}$) достигала 0,491 кг·м⁻², мас-

Т а б л и ц а 2. Численность мидий (N), их биомасса (M), средняя масса особи (M_1) и доля моллюсков (P) в общей биомассе обрастания бетонных траверсов в районе м.Ланжерон 21 июня (над чертой) и 30 августа (под чертой) 2010 г.

акватория	N , тыс. экз·м ⁻²	M , кг·м ⁻²	M_1 , г	P , %
полностью открытая акватория, со свободным водообменном	<u>3,66</u> 0,08	<u>4,296</u> 0,003	<u>1,174</u> 0,035	<u>84,21</u> 0,50
полузакрытая акватория с заглублённым волноломом, с замедленным водообменном	<u>0,52</u> 0,00	<u>1,021</u> 0,000	<u>1,963</u> 0,000	<u>72,49</u> 0,00
акватория гавани с ограниченным водообменом	<u>0,78</u> 0,15	<u>1,434</u> 0,085	<u>1,838</u> 0,567	<u>77,45</u> 21,70
полузакрытая акватория со сбросом дренажных вод	<u>3,74</u> 0,70	<u>8,075</u> 0,410	<u>2,159</u> 0,586	<u>79,52</u> 23,81
среднее (G)	<u>1,535</u> 0,203	<u>2,670</u> 0,047	<u>1,739</u> 0,226	<u>78,30</u> 6,37

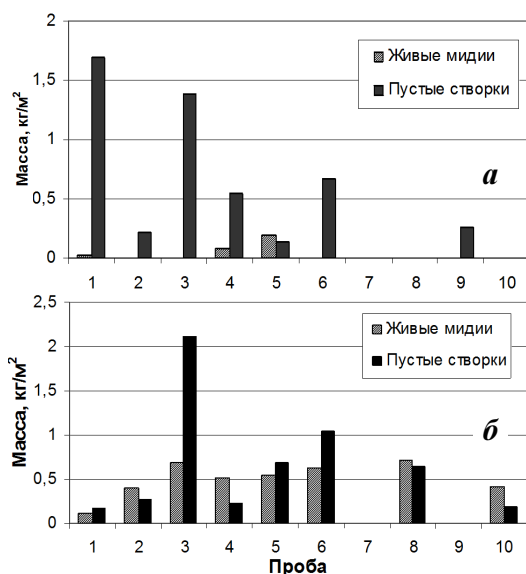


Рис. 2. Масса живых мидий и пустых створок моллюсков ($\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}$) на бетонных траверсах в полностью открытой акватории со свободным водообменом (а) и в полузакрытом заглублённом волноломом бассейне со сбросом дренажных вод (б), район м.Ланжерон, 30 августа 2010 г.

са живых мидий (M) не превышала $0,028 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$ (отношение $M_{\text{ств}}/M = 17,5$). В полузакрытом волноломом бассейне со сбросом дренажных вод эти величины составляли $0,534$ и $0,401 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$ соответственно ($M_{\text{ств}}/M = 1,3$). Следует отметить, что в данном случае дренажные воды, имеющие

на протяжении всего года постоянную и относительно невысокую температуру ($14 - 15 \text{ }^\circ\text{C}$, дебит штольни $7 - 10 \text{ тыс. м}^3\cdot\text{сут}^{-1}$), сыграли положительную роль для функционирования мидийного поселения на траверсе, расположенном в прилегающем к выпуску участку акватории, снижая здесь температуру морской воды в летний период на $1,5 - 3,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Изучая динамику изменений основных количественных показателей мидийных поселений в период с апреля по сентябрь 2010 г., можно констатировать, что после резкого «обвала» численности (N) и биомассы (M) моллюсков в августе, ситуация практически не изменилась и к сентябрю – октябрю текущего года (рис.3).

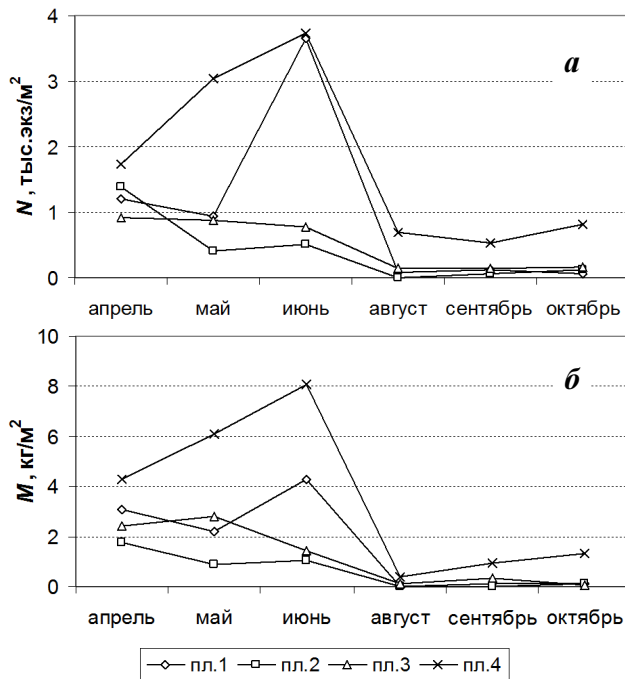
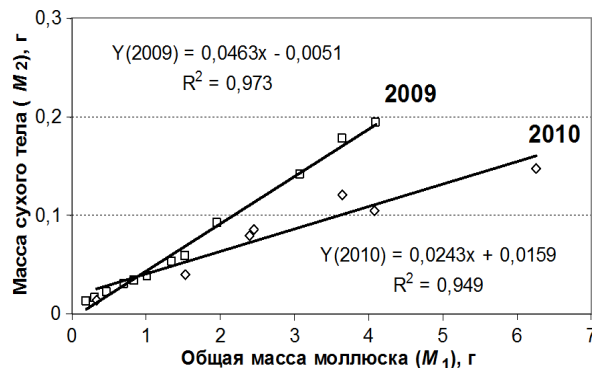


Рис. 3. Динамика численности (N , тыс. экз·м⁻²) (а) и биомассы мидий (M , кг·м⁻²) (б) на бетонных траверсах в районе м.Ланжерон, апрель – октябрь 2011 г.

Площадки: 1 – полностью открытая акватория со свободным водообменом, 2 – полузакрытый заглублённый волноломом бассейн пляжа, 3 – акватория гавани с ограниченным водообменом, 4 – полузакрытая волноломом акватория со сбросом дренажных вод.



Р и с . 4 . Зависимость массы сухого тела моллюска (M_2) от его общей массы в створке (M_1) у мидий в акватории гавани, 21 сентября 2009 (—□—) и 27 сентября 2010 (—◇—) гг.

20 °С в значительной степени подавляет природный фильтрационный потенциал моллюсков [7]. Экспериментальные исследования показывают, что зона термической адаптации для *M. galloprovincialis* в северо-западной части Чёрного моря не превышает 25 – 28 °С, выше которой начинаются необратимые деструктивные изменения в организме животного [8]. При этом у моллюсков наблюдается общее истощение организма, что в первую очередь проявляется в повышенной обводненности его тканей и органов, и их частичной деградации. Соответственно, у таких животных масса тела снижается интенсивнее, чем их общая масса в створке. Как показал проведенный анализ массы сухого остатка мягких тканей (M_2) у выживших мидий в акватории гавани, в сентябре 2010 г. её доля в общей биомассе моллюска (M_1) составляла $2,79 \pm 0,34$ %, что было почти в два раза меньше, чем в аналогичный период 2009 г., когда этот показатель здесь составлял $4,47 \pm 0,16$ %. Подобное снижение уровня «упитанности» мидий свидетельствует об их длительном голодании и, в итоге, об общей дистрофии тех животных, которые смогли пережить неблагоприятный температурный режим лета 2010 г. (рис.4).

Выводы. Аномальные климатические условия лета 2010 г. вызвали значительные изменения в гидрологическом режиме Одесского залива. Это особенно проявилось в устойчиво низкой солености и, особенно, в необычайно большом прогреве прибрежных морских вод. Анализ динамики характеристик мидийного обрастания гидротехнических сооружений в четырёх пляжных акваториях г.Одессы (район м.Ланжерон) показал, что экстремальные гидрологические и, в первую очередь, температурные условия июля – августа 2010 г. обусловили катастрофическое снижение основных биологических показателей этих моллюсков в районе исследований. Следствием таких негативных изменений может стать значительная деградация сложившегося здесь уникального природного биофильтра, позитивно влияющего на экологическое состояние морской среды в бассейнах городских пляжей, испытывающих в летний сезон высокие антропогенные нагрузки.

Известно, что температура окружающей среды оказывает непосредственное влияние на фильтрующие способности двустворчатых моллюсков, благодаря которым осуществляются процессы дыхания и питания этих прикрепленных животных. Так, при температуре воды выходящей за пределы температурного оптимума для черноморских мидий (11 – 18 °С) у них снижается фильтрационная активность, а температура выше

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Адобовский В.В.* Антропогенно преобразованная прибрежная зона // Северо-западная часть Черного моря: биология и экология.– Киев: Наукова думка, 2006.– С.52-58.
2. *Васнёв В.А.* Статистика. Учебное пособие.– М.: Изд-во МГУ, 2001.– 170 с.
3. *Говорин И.А., Адобовский В.В., Шаццло Е.И.* Мидийное обрастание гидротехнических сооружений как составляющая природного биофильтра в прибрежной зоне Черного моря // Гидробиологический журнал.– 2004.– т.40, № 3.– С.68-75.
4. *Говорин И.А.* Роль мидий из обрастания берегозащитных гидротехнических сооружений в формировании микробиологических характеристик морской среды пляжных акваторий // Гидробиологический журнал.– 2006.– т.42, № 3.– С.41-50.
5. *Наставление* гидрометеорологическим станциям и постам.– вып.9, ч.1.– Л.: Гидрометеиздат, 1984.– 311 с.
6. *Руководство* по гидрологическим работам в океанах и морях.– Л.: Гидрометеоздат, 1977.– 726 с.
7. *Финенко Г.А., Романова З.А., Аболмасова Г.И.* Экологическая энергетика черноморской мидии // Биоэнергетика гидробионтов.– Киев: Наукова думка, 1990.– С.32-71.
8. *Cracium C.* Effect of high temperatures on the ultrastructure of Leydig cells in *Mytilus galloprovincialis* // Marine Biology.– 1980.– v.60.– P.73-79.

Материал поступил в редакцию 14.09.2011 г.

АНОТАЦІЯ. Виходячи з динаміки кількісних характеристик поселень мідій *Mytilus galloprovincialis* Lam. на бетонних траверсах в чотирьох пляжних акваторіях м. Одеси, аналізуються екологічні наслідки аномальних гідрологічних умов літа 2010 р., коли температура морської води біля одеського узбережжя в липні - серпні досягала 30 °С. Продемонстровано негативний вплив тривалого високотемпературного періоду на чисельність, біомасу молюсків та її частку в загальній масі біообростання субстрату, які з кінця червня по вересень зменшили свої максимальні значення в районі досліджень, відповідно з 3,75 до 0,70 тис. екз·м⁻², з 8,075 до 0,410 кг·м⁻² та з 84,21 до 23,81 %.

ABSTRACT. Based on the characteristics of the settlements of mussels *Mytilus galloprovincialis* Lam. on concrete traverses in four beaches areas of Odessa (northwestern Black Sea, Ukrainian coast), the environmental impact of abnormal water conditions of summer 2010, when the temperature of sea water in the Odessa coast in July – August reached 30 °C, were studied. The negative impact of the long period of high temperatures to quantity of the mussels, its biomass and share in the total weight of the biofouling of the substrate, was showed. So, from end of June to September, those indices have reduced their maximum in the study areas from 3.75 to 0.70 thousand species·m⁻², from 8.075 to 0.410 kg·m⁻² and from 84.21 to 23.81 %, respectively.