



УДК 551.521.1:581.526.323:627.254 (26.03)

Г. Г. Миничева, д.б.н., зав. отд., **В. Н. Большаков**, к.г.н., с.н.с., **Е. С. Хомова**, м.н.с., **А. В. Швец**, м.н.с.

Одесский Филиал Института биологии южных морей им. А.О.Ковалевского Национальной академии наук Украины,
Одесса, Украина

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФИТООБРАСТАНИЯ ОТ ОРИЕНТАЦИИ ПОДВОДНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Рассмотрены результаты экспериментальной работы, выполненной на Одесском побережье в мае – сентябре 2008 г. с использованием специальной подводной конструкции «Фитокарусель». Представлены закономерности, связывающие структурно-функциональные параметры сообществ фитообрастания с различной ориентацией подводных поверхностей (угол наклона и азимут). Определены оптимальные ориентации для развития макрофитов и микроэпифитона. Получены количественные закономерности, позволяющие перейти к инженерному решению задачи экологической оптимизации гидротехнических сооружений путем задания необходимых параметров конструкций.

Ключевые слова: фитообрастание, показатели поверхности водорослей, подводные конструкции, ориентация

Среди факторов локального антропогенного воздействия на морские прибрежные экосистемы в последнее время все большую роль приобретает гидротехническое строительство. Бурное развитие элитного, рекреационного строительства на Азово-Черноморском побережье, а также существенное увеличение протяженности причальных стенок портов Украины привело к крупномасштабной замене природных прибрежных биотопов искусственными гидротехническими сооружениями. Так, если в 1800 г. из 30 км береговой линии Одесского залива при строительстве морского порта было трансформировано всего 2 км, то в 1960-х гг. прошлого века причальные сооружения порта занимали уже 6.5 км и ещё 12 км естественных биотопов береговой линии были заменены намытыми пляжами и гидротехническими сооружениями. В 2010 г. береговая линия Одесского залива преобразована уже на 98 %.

Размещение в морской среде берегоукрепительных, портовых и других видов железобетонных и гранитных конструкций существенно влияет на структурно-функциональную организацию биотического компонента прибрежных экосистем. Наличие в морской среде антропогенного субстрата может иметь как позитивные, так и негативные экологические последствия. С помощью дополнительной площади гидротехнических конструкций (метод

искусственных рифов) можно повысить биологическое разнообразие и продуктивность прибрежной экосистемы [2, 6]. И, наоборот, в высокопродуктивных экосистемах неконтролируемая биомасса отмерших обрастателей может вызывать ухудшение качества морской среды в результате эвтрофирования [1, 9].

Для инженерного решения проблемы управления качеством морской среды с помощью гидротехнических конструкций проведён полевой эксперимент с использованием подводной конструкции «Фитокарусель», размещённой на городском пляже Одесского побережья. Основной задачей исследований был поиск количественных закономерностей связи угла наклона и азимута положения подводных поверхностей со структурно-функциональными параметрами сообществ макро- и микрофитообрастания. Основная идея эксперимента состояла в описании зависимостей между интенсивностью освещённости поверхности, структурой и продуктивностью фитосообществ. Знание величины первичной продукции, формирующейся на поверхностях различной экспозиции, даёт возможность прогнозировать суммарную растительную биомассу, которая будет поступать в морскую среду с общей поверхности гидротехнического сооружения. Описание таких закономерностей открывает

возможность при проектировании гидротехнических сооружений задавать необходимые параметры размещения конструкций для поддержания оптимального экологического режима акватории.

Материал и методы. Экспериментальные исследования обрастания автотрофных сообществ искусственных субстратов различной экспозиции проводились в прибрежной зоне Одесского залива с мая по сентябрь 2008 г.

В исследованиях использована конструкция «Фитокарусель», которая располагалась в промежуточном слое водной толщи на расстояниях 1 м от

поверхности и от дна и в 60 м от берега в районе причала Одесского Государственного экологического университета. Подводная установка «Фитокарусель» представляет собой металлический восьмиугольник, предназначенный для закрепления пластин с 13 вариантами ориентаций по азимуту и наклону (табл.1, рис. 1). Пластины площадью 140 см² выполнены из керамического материала с шершавой поверхностью, максимально сходной со структурой бетонных гидротехнических сооружений.

Табл. 1 Азимутная ориентация и углы наклона пластин экспериментальной установки «Фитокарусель»
Table 1 Azimuth orientation and slope angles of plates of the «Phytocarrusel» installation experimental

Схема ориентации пластин	Азимут пластин	Обозначение	Угол наклона пластин
	—	Горизонт.	0° (горизонталь)
	Восток-северо-восток	ВСВ-45	45° (наклонная)
	Юго-юго-восток	ЮЮВ-45	45° (наклонная)
	Запад-юго-запад	ЗЮЗ-45	45° (наклонная)
	Северо-северо-запад	ССЗ-45	45° (наклонная)
	Север	С	90° (вертикаль)
	Северо-восток	СВ	90° (вертикаль)
	Восток	В	90° (вертикаль)
	Юго-восток	ЮВ	90° (вертикаль)
	Юг	Ю	90° (вертикаль)
	Юго-запад	ЮЗ	90° (вертикаль)
	Запад	З	90° (вертикаль)
	Северо-запад	СЗ	90° (вертикаль)

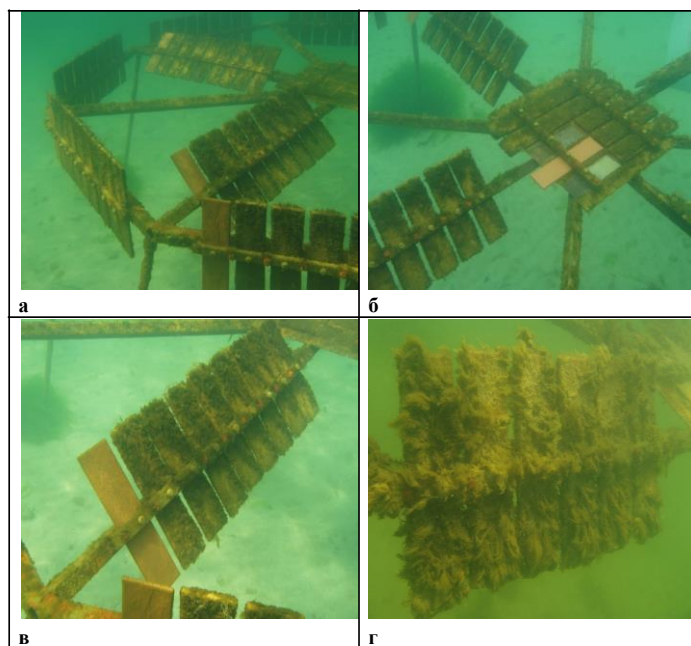


Рис. 1 Общий вид пластин «Фитокарусели» с разной ориентацией по азимуту и наклону (а, б) на разных стадиях экспозиции (в, г)
Fig.1 View of «Phytocarrusel» plates with different azimuth orientation and slope (а, б) at different exposition studies (в, г)

Для отражения временной динамики формирования фитообрастания каждый вариант ориентации был представлен 9 пластинами. Анализировались три основных положения поверхностей, используемых при берегоукрепительном и портовом строительстве траверсов, волноломов, причальных стенок и других сооружений: горизонтальное (угол наклона 0°); вертикальное (90°); наклонное (45°). Первую пластину сняли после 6-го, а девятую после 110-го дня экспозиции. Всего выполнено 9 съёмок (табл. 2).

Табл. 2 Даты отбора проб с экспериментальной установки «Фитокарусель»
Table 2 Dates of sampling with the «Phytocarrusel» experimental installation

№ съёмки	Дата съёмки
№ 0 (загрузка)	16.05.2008
I	22.05.2008
II	30.05.2008
III	09.06.2008
IV	20.06.2008
V	03.07.2008
VI	17.07.2008
VII	31.07.2008
VIII	20.08.2008
IX	03.09.2008

Контроль формирования макрофитного компонента фитообрастания проводился на пластинах всех ориентаций; всего отобрано 103 пробы макрофитов. При этом учитывали флористический состав, процент проективного обрастания пластины макрофитами и их биомассу. Измеряли морфозависимые параметры талломов различного морфологического строения для расчёта комплекса показателей поверхности [11] и продукционных показателей макросообществ [10]. Анализ структуры микроэпифитона проводили только на пластинах вертикальной ориентации основных азимутов – южного, северного, восточного, западного. Всего обработано 32 пробы. Для сообществ микроэпифитона учитывали флористический состав, численность, морфофункциональные показатели [11, 12, 13]. Идентификацию видового состава макро- и микрофитов проводили в соответствии с [5, 7, 8, 14, 15].

В течение эксперимента осуществлялся контроль изменчивости основных абиотических факторов. Потоки солнечной энергии (ПСЭ) на подводные поверхности разной ориентации рассчитывались по авторской модели [3], которая учитывает длину пути солнечных лучей в атмосфере, её фактическую прозрачность, отражение и преломление лучей на поверхности воды, изменение углов падения с временной дискретностью 1 мин, а также среднюю за день облачность, общую и нижнего яруса. Сравнение суммарной радиации, измеренной в Гидрометцентре Черного и Азовского морей, с расчётными потоками солнечной энергии на поверхность моря [4] подтвердило высокое качество последних.

Температура измерялась на глубине 2 м термографом "НОВО Water Temp Pro" с дискретно-

стью полчаса. Первичные данные по температуре и по потокам солнечной энергии позволили получить достоверные фоновые характеристики для любой степени осреднения, от одних суток до средних за все 110 сут эксперимента.

Результаты и обсуждение. Временная динамика абиотических факторов и фитообрастания. За время эксперимента температура менялась в диапазоне 10 – 25°C, нагрев воды произошёл с 12 до 21°C. Тренд ПСЭ характеризовался максимумом в дни летнего солнцестояния (около 22 июня). Тренд температуры демонстрирует факт нагрева воды спустя месяц после максимальной высоты солнца над горизонтом. Участки температурной кривой ниже линии тренда определяются ветровыми условиями, приводящими к сгонным явлениям и выходу на поверхность холодных вод из-под термоклина. Участки кривой ПСЭ ниже линии тренда формируются в дни со значительной облачностью (рис. 2).

Экологическая активность фитосообщества определяется величинами удельной поверхности популяций, входящих во флористический состав обрастания. Чем больше поток вещества и энергии, проходящий через биотоп развития водной растительности, тем выше значение средней удельной поверхности видов, вошедших во флористический состав сообщества ($S/W_{x_{cp}}$).

Как видно из рис. 3, в период максимальной освещённости и высоких температур на пластинах экспериментальной установки «Фитокарусель» сформировалось сообщество макрофитов с максимально высокими значениями экологической активности.

Эта закономерность имеет общий характер для разных углов наклона и азимутов поверхностей и характеризует динамику удельной продуктивности автотрофного звена на протяжении вегетационного периода. В отличие от макрофитов, экологическая активность сообщества микроэпифитона незначительно изменяется в течение эксперимента (рис. 4).

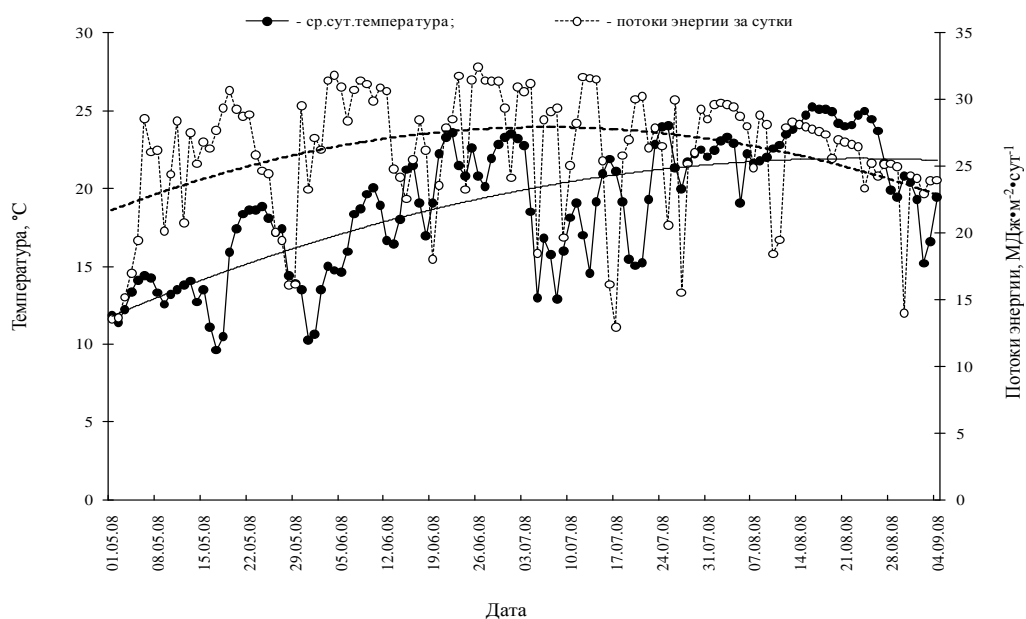


Рис. 2 Среднесуточная температура воды и интенсивность потоков солнечной энергии на горизонтальную поверхность подводной установки «Фитокарусель»
Fig. 2 Mean diel water temperature and intensity of streams of solar energy on the horizontal surface of the underwater «Phytocarrusel» installation

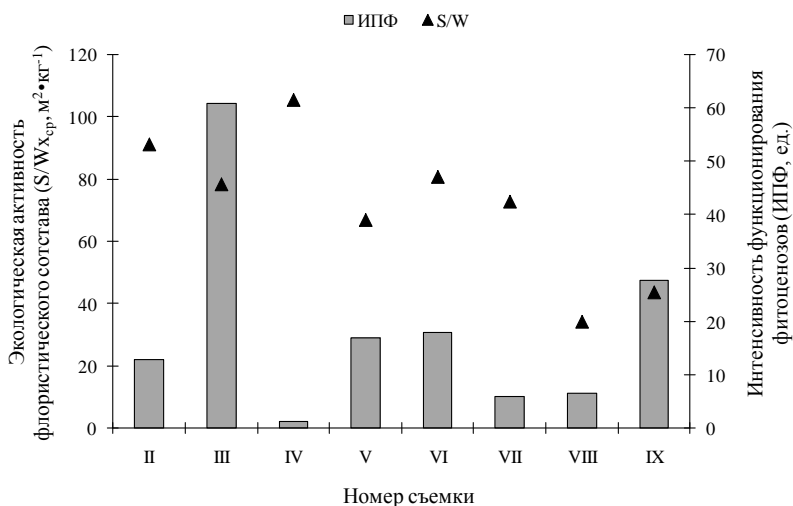


Рис. 3 Динамика экологической активности флористического состава (S/W_{x_ср}) и интенсивности функционирования фитоценозов (ИПФ) макрофитов (осреднённые по всем ориентациям пластин)
Fig. 3 Dynamics of ecological activity of floristic composition (S/W_{x_average}) and intensity of phytocecnosis functioning (SIF) of macrophytes of average values of all plate orientations

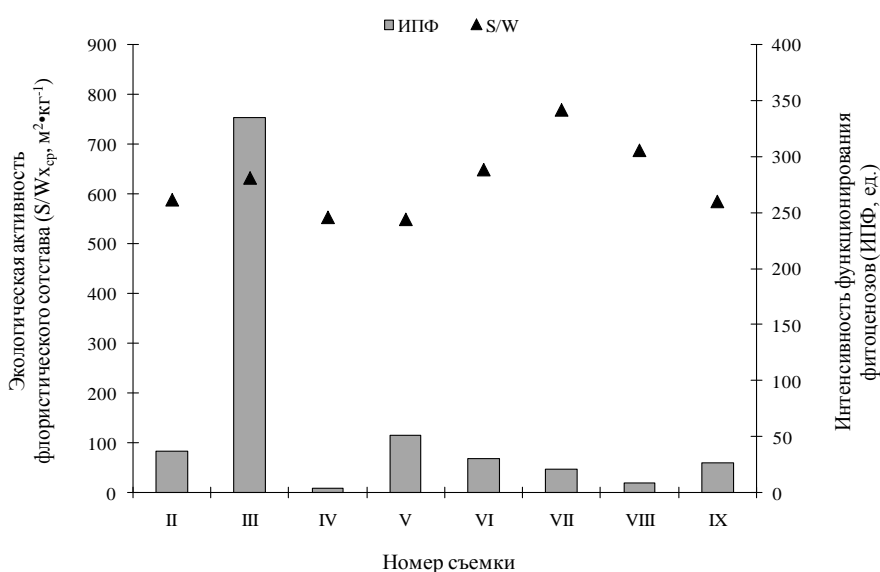


Рис. 4 Динамика экологической активности флористического состава (S/W_{x_ср}) и интенсивности функционирования фитоценозов (ИПФ) микроэпифитона (осредненные по всем ориентациям пластин)
Fig. 4 Dynamics of ecological activity of floristic composition (S/W_{x_average}) and intensity of phytocecnosis functioning (SIF) of microepiphyton of average values of all plate orientations

Её наибольшие значения наблюдаются с середины июля по середину августа, когда в видовом составе эпифитона преобладают мелкоклочные виды, такие как *Cocconeis scutellum* var. *scutellum* C. Agardh и *Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agardh) Lange-Bert.

Высокий уровень освещённости и температура воды при слабых ветрах в начале лета создали условия для интенсивного функционирования автотрофных сообществ. Однако 19 июня произошло усиление ветра до $7 - 8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, в результате чего съёмка 20 июня зафиксировала минимальные значения ИПФ как для макрофитов (см. рис. 3), так и для микроэпифитона (рис. 4) при по-прежнему высокой экологической активности фитообрастания.

Зависимость между ориентацией пластин и продукцией фитоперифитона. Приведённые выше характеристики временной динамики структурно-функциональной организации фитообрастания, сформированного на экс-

периментальной конструкции, отражают, главным образом, условия места и периода проведения эксперимента. Однако основная задача экспериментальных исследований состояла в выявлении роли экспозиции погружённых поверхностей на структуру фитообрастания. Анализ эмпирических величин продукции фитообрастания и интенсивности освещения для всего разнообразия экспозиций пластин на экспериментальной установке «Фитокарусель» подтвердил наличие схожего характера динамики этих показателей (рис. 5), что дало основание для поиска количественных связей между освещённостью и продукционными показателями фитообрастания. При этом особенности конструкции экспериментальной установки дают возможность зафиксировать максимальные различия в условиях формирования фитообрастания, что повышает достоверность получаемых закономерностей.

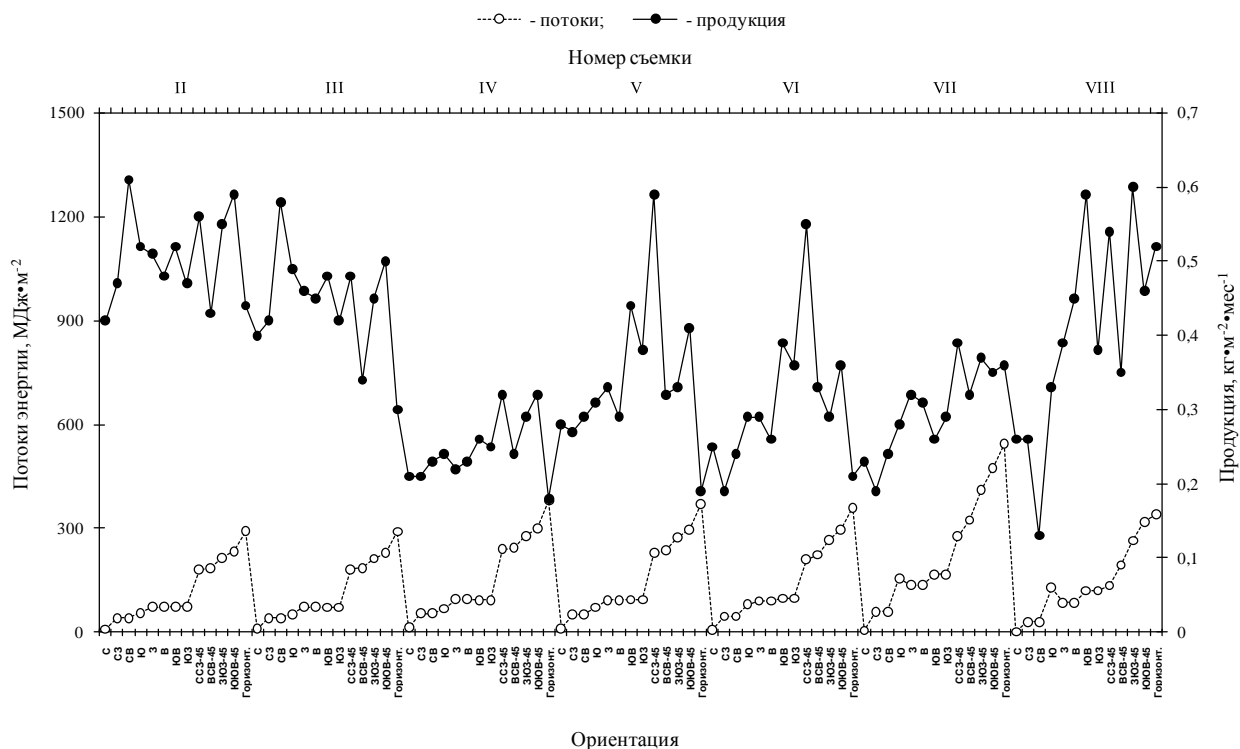


Рис. 5 Соответствие характера динамики продукции фитоперифитона и суммы потоков солнечной энергии между съёмками на поверхностях всех ориентаций
 Fig. 5 Correspondence of the character of dynamics of phytoperiphyton production and the sum of streams of solar energy between surveys on the surfaces of all orientations

Влияние угла наклона пластин на флористическую структуру и структурно-функциональные показатели фитоперифитона. Анализ видовой структуры сообществ макрофитов показал, что угол наклона не оказал выраженного влияния на флористический состав обрастания. В связи с тем, что отбор проб макро- и микроценозов производился отдельно, колониальные формы сине-зелёной водоросли *Spirulina tenuissima* Kütz. и диатомовой водоросли *Berkeleya rutilans* (Trentep.) Crunow, образующие макрообразования на поверхности пластин, условно учитывались как макрофиты. На вертикальных пластинах были обнаружены

зелёная водоросль *Chaetomorpha aerea* (Dillwyn) Kütz. и образующая слизистые плёнки *S. tenuissima*, которые отсутствовали на горизонтальных и наклонных пластинах. Также на горизонтальной поверхности отсутствовало два вида рода *Enteromorpha* Link. Однако эти факты не являются основанием для выявления чёткой зависимости формирования флористического состава сообществ макрофитов от угла наклона поверхности. В целом количество видов макроводорослей, освоивших поверхности различных углов наклона, было сходным (табл. 3).

Видовой состав макрофитов	Ориентация пластин (по углу наклона)		
	горизонтальная	вертикальная	наклонная
<i>Berkeleya rutilans</i> (Trentep.) Crunow	+	+	+
<i>Ceramium diaphanum</i> (Lightf.) Roth	+	+	+
<i>C. rubrum</i> auct. W.R. Krauss	+	+	+
<i>C. siliquosum</i> var <i>elegans</i> (Roth) G. Furnari	+	+	+
<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dillwyn) Kütz.	-	+	-
<i>Cladophora vagabunda</i> (L.) C. Hoek	+	+	+
<i>Enteromorpha clathrata</i> (Roth) Grev.	-	-	+
<i>E. intestinalis</i> (L.) Link	+	+	+
<i>E. prolifera</i> (O. Müll.) J. Agardh	-	+	+
<i>Polysiphonia denudata</i> (Dillwyn) Kütz.	+	+	+
<i>Spirulina tenuissima</i> Kütz.	-	+	-
Общее количество видов	7	10	9

Табл. 3 Видовой состав макрофитов на пластинах различного угла наклона
Table 3 Species composition of macrophytes on plates with different slope angles

На вертикальных пластинах южной, северной и восточной ориентации не выявлено чётких различий видowego распределения микроэпифитона. По сравнению с ними на пластинах западной ориентации наблюдается обеднение видowego состава эпифитов (табл. 4). Ведущее положение занимают представители отряда Bacillariophyta. Таким образом, можно предположить, что разные ориентации вертикальных поверхностей также не оказывают существенного влияния на флористический состав микроэпифитона.

В связи с тем, что продукционная функция фитообрастания тесно связана с интенсивностью освещения, в эксперименте наблюдалась определенная связь между ПСЭ и продукцией фитоценозов для различных углов наклона поверхности. Оптимальные условия

для продукционного процесса фитообрастания сложились на наклонных поверхностях в результате того, что интенсивность потоков при такой экспозиции находилась на благоприятном для фотосинтеза уровне величин ПСЭ (около 20 МДж·м⁻²·сут⁻¹). На горизонтальных поверхностях уровень продукционного процесса был ниже, в связи с ингибированием фотосинтеза избытком ПСЭ (30 МДж·м⁻²·сут⁻¹). На вертикальных поверхностях снижение продукционных показателей наоборот, наблюдалось за счет недостаточной интенсивности ПСЭ ниже 10 МДж·м⁻²·сут⁻¹ (рис. 6).

Закономерность, выявленная для продукции фитоценозов, подтвердилась для других параметров структурно-функциональной организации сообществ обрастания.

Табл. 4 Видовой состав микроэпифитов на вертикальных пластинах разных азимуты
Table 4 Species composition of microepiphytes on vertical plates with different azimuths

Видовой состав микроэпифитов	Ориентация вертикальных пластин (по азимуту)			
	южная	северная	восточная	западная
<i>Achanthes brevipes</i> var. <i>brevipes</i> C. Agardh	+	+	+	+
<i>A. longipes</i> C. Agardh	+	+	+	+
<i>A. parvula</i> Kütz.	+	+	+	+
<i>Ardissonia baculus</i> (W. Greg.) Grunow	+	+	+	-
<i>Bacillaria paradoxa</i> J.F. Gmel.	+	+	+	+
<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>scutellum</i> C. Agardh	+	+	+	+
<i>Diatoma elongatum</i> (Lyngb.) C. Agardh	+	+	+	+
<i>Diploneis</i> sp.	+	-	+	-
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngb.) Kütz.	+	+	+	-
<i>Licmophora abbreviata</i> C. Agardh	+	+	+	+
<i>L. gracillis</i> (Ehrenb.) Grunow	+	+	+	+
<i>Lyngbya lutea</i> Gomont ex Gomont	+	+	+	-
<i>Melosira moniliformis</i> var. <i>moniliformis</i> (O. Müll) C. Agardh	+	+	+	+
<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> Grunow	+	+	+	+
<i>Navicula pennata</i> A.W.F. Schmidt	-	+	+	+
<i>Nitzshia</i> sp.	+	+	+	+
<i>Pleurosigma</i> sp.	+	+	+	-
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bert.	+	+	+	+
<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D. Williams et Round	+	+	+	+
<i>Spirulina tenuissima</i> Kütz.	+	+	+	+
<i>Striatella</i> sp.	+	+	+	-
Всего	20	19	21	15

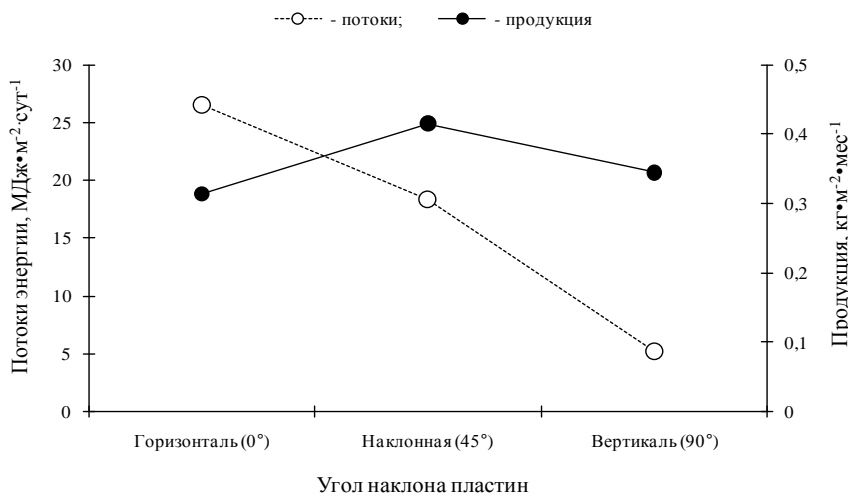


Рис. 6 Продукция фитоперифитона и интенсивность потоков солнечной энергии, осреднённые по азимутам для пластин различных углов наклона за всё время эксперимента
Fig. 6 Production of phytoplankton and intensity of streams of solar energy with average values according to azimuths for plates with different sloping angles for the whole experimental period

Максимальные значения морфофункциональных показателей отмечены у сообществ, произрастающих на поверхностях с углом наклона 45°. Практически на одну треть ниже экологическая активность флористического состава ($S/W_{x_{cp}}$) и интенсивность продукционного процесса (ИПФ) на горизонтальных и вертикальных поверхностях, соответ-

ственно, из-за избытка и недостатка освещённости (рис. 7). Таким образом, можно заключить, что из рассмотренных ориентаций, наклонные поверхности, расположенные под углом 45°, представляют биотопы с максимальной интенсивностью функционирования водной растительности.

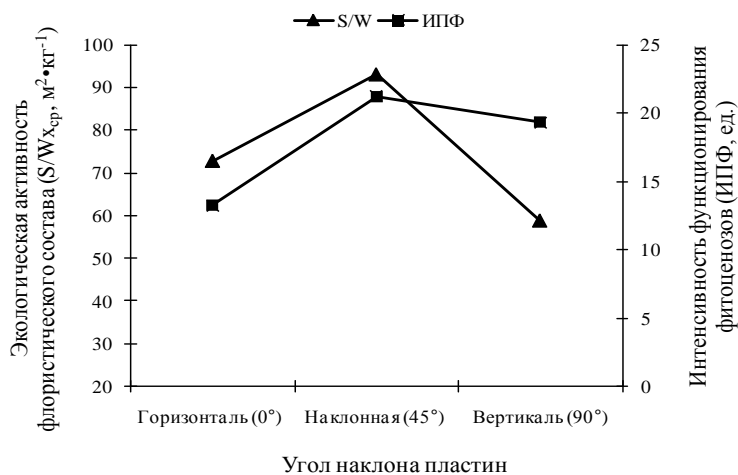


Рис. 7 Экологическая активность флористического состава ($S/W_{ср}$) и интенсивность функционирования фитоценозов (ИПФ) макрофитов в зависимости от наклона поверхностей, осредненные по всем азимутам и за все время эксперимента

Fig. 7 Ecological activity of the floristic composition ($S/W_{average}$) and intensity of phytocoenosis functioning (SIF) of macrophytes in relation to the slope of surface with averages according to all azimuths for the whole experimental period

В зависимости от задачи сдерживания или, наоборот, стимулирования первично продукционного процесса эффективное регулирование экологической ситуации можно осуществлять за счёт планирования величины площади наклонных поверхностей. При этом угол наклона плоскости можно рассчитать, исходя из задаваемой интенсивности ПСЭ. В связи с этим также очевидно, что в условиях функционирующих берегозащитных сооружений на Одесском побережье главным реактором поступления в пляжные зоны растительной биомассы служат внешние стенки волноломов, расположенные под углом 45°.

Исходя из полученных результатов, также можно предположить, что существуют аналогичные закономерности, связанные с

ориентации относительно сторон света. Данные о развитии растительных сообществ на поверхностях с различным азимутом и углом наклона свидетельствуют, что в основе связи ориентации поверхности со структурой фитообрастания лежат оптимальные условия освещённости. На наклонных с южной составляющей и горизонтальных поверхностях зафиксирован ПСЭ выше оптимума освещения для фитоперифитона, что приводит к угнетению сообществ. Полученные экспериментальные данные на установке «Фитокарусель» свидетельствуют, что продукция фитообрастания на поверхностях различной ориентации растёт по мере увеличения значений ПСЭ. Однако, превышение диапазона оптимума (22 – 23 МДж·м⁻²·сут⁻¹) освещённости биотопов приводит к снижению продуктивности (рис. 8).

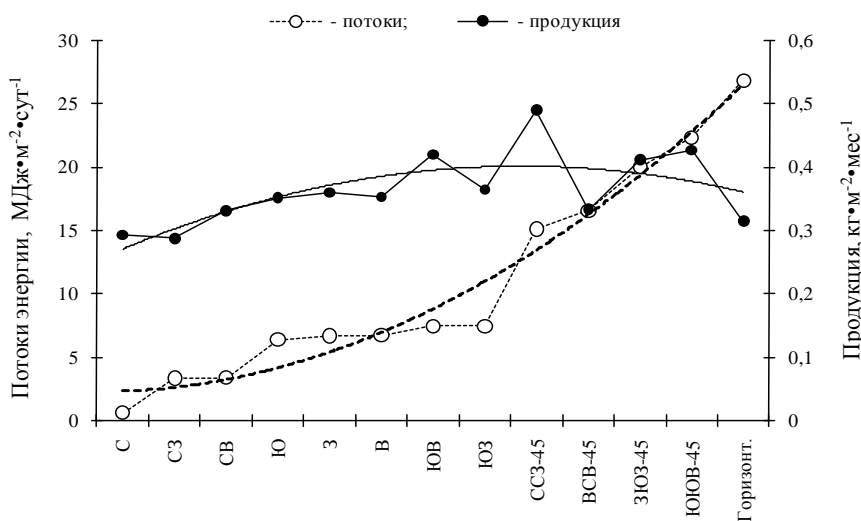


Рис. 8 Продукция макрофитоперифитона и среднесуточная интенсивность потоков солнечной энергии для 13 различных ориентаций пластин, осреднённые по восьми съёмкам

Fig. 8 Production of macrophytoperiphyton and mean diel intensity of streams of solar energy for 13 different orientations

Таким образом, подтверждается предположение о возможности регулирования структуры и интенсивности функционирования фитообрастания гидротехнических конструкций путём задания необходимого азимута и угла наклона поверхностей.

Как уже отмечено, вертикально расположенные поверхности получают недостаточное освещение (ПСЭ не превышает $7 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$). Самое минимальное значение ПСЭ приходится на пластины северной ориентации ($0.6 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$); соответственно, самая низкая интенсивность функционирования фитоценозов (ИПФ) микроэпифитона наблюдается на этих пластинах. Несмотря на практически одинаковые значения ПСЭ для поверхностей восточной, западной и южной ориентаций, на

этих азимутах величины ИПФ микроэпифитона значительно отличаются. Самое высокое значение индексов поверхности микроэпифитов отмечено для поверхностей южной ориентации (рис. 9). Возможно, полученный результат объясняется тем, что данные пластины освещались прямыми солнечными лучами в течение всего дня, тогда как пластины восточной ориентации – только в первой половине дня, а пластины западной ориентации – только во второй.

Вышеприведённые закономерности позволяют подойти к инженерному решению подбора экологически оптимальных параметров гидротехнических сооружений в зависимости от степени эвтрофирования и приоритетов использования акватории.

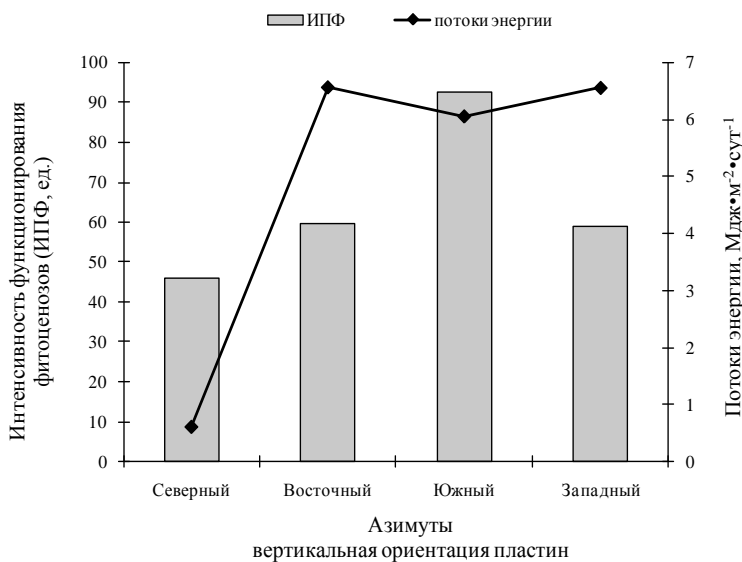


Рис. 9 Соотношение интенсивности функционирования фитоценозов (ИПФ) микроэпифитона и потоков солнечной энергии на разных азимутах вертикальной ориентации

Fig. 9 Correlations of intensity of functioning of phytocenosis (SIF) of microepiphyton and streams of solar energy on different azimuths of vertical orientation

Для этих целей с помощью полиномов второй степени были описаны закономерности, связывающие величины потока солнечной энергии с азимутом поверхности (рис. 10) и продукции фитообрастания с потоком солнечной энергии (рис. 11).

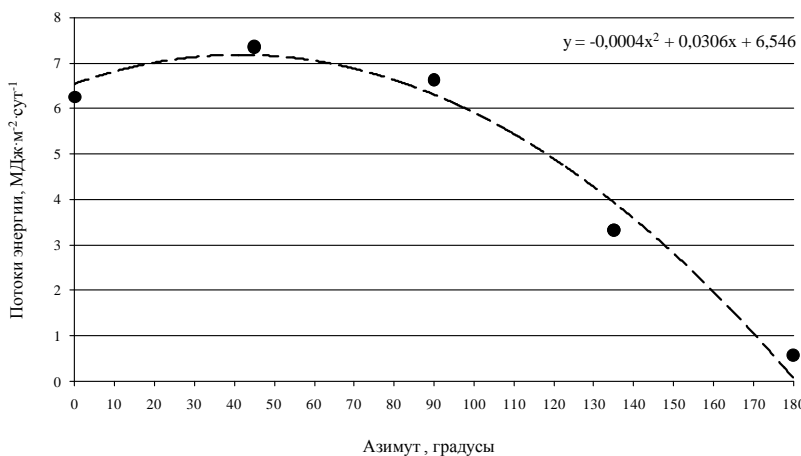


Рис. 10 Зависимость интенсивности потоков солнечной энергии от азимута вертикальных подводных поверхностей (азимут отсчитывается от направления на юг (0°) через запад или восток к направлению на север (180°))

Fig. 10 The relation of the intensity of streams of solar energy to azimuths on vertical underwater surfaces (azimuth is expressed from the south direction (0°) through the west or east to the north (180°))

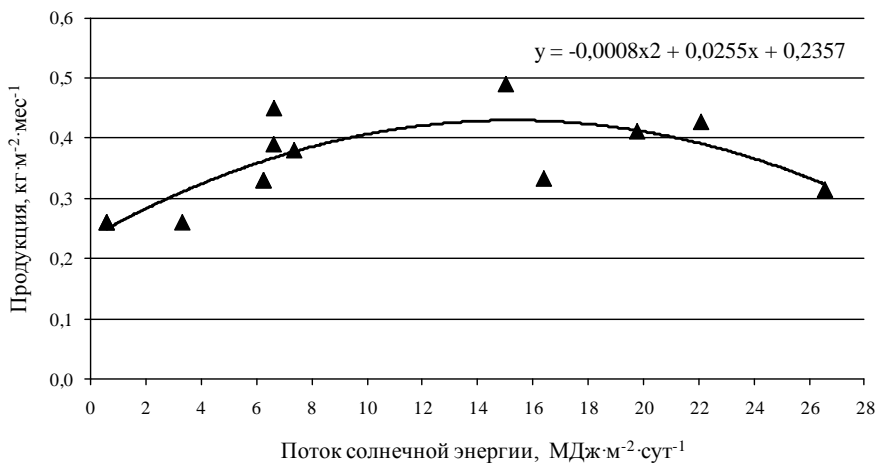


Рис. 11 Зависимость продукции фитоперифитона от интенсивности потоков солнечной энергии

Fig. 11 The relation of phytoplankton and intensity of streams of solar energy

Последовательное использование двух данных уравнений позволяет рассчитывать связь между инженерными параметрами подводных конструкций (азимут экспозиции) и их потенциальной биопродуктивностью. На практике данные зависимости можно использовать для диагностической оценки объёмов растительной биомассы, образующейся на гидротехнических сооружениях, а также для моделирования необходимой структурно-функциональной организации сообществ фитообрастания проектируемых конструкций конкретной акватории.

Заключение. Экспериментальные исследования влияния освещённости подводных поверхностей различной ориентации на структурно-функциональную организацию фитообрастания позволили получить следующие результаты, полезные при гидротехническом строительстве. Оптимальные условия для

функционирования растительного обрастания в приповерхностном слое создаются при интенсивности потока солнечной энергии 12 – 20 МДж·м⁻²·сут⁻¹, а при величинах ниже 5 и выше 27 МДж·м⁻²·сут⁻¹ наблюдается, соответственно, лимитирование и ингибирование сообществ макро- и микроводорослей. Лимитирующие величины интенсивности потоков солнечной энергии приходится на вертикальные поверхности с северной составляющей, а ингибирующие – на горизонтальную. Ориентации подводной поверхности, соответствующие оптимальному притоку солнечной энергии, возможно рассчитать на этапе проектирования с помощью полученных эмпирических зависимостей. Это позволяет перейти к инженерному решению задачи экологической оптимизации гидротехнических сооружений путем задания необходимых параметров конструкций.

1. Александров Б. Г. Гидробиологические основы управления состоянием прибрежных экосистем Черного моря. – Киев: Наук. думка, 2008. – 343 с.
2. Александров Б. Г. Теоретические основы управления качеством водной среды с помощью твердых субстратов // Доп. НАН України. – 2001. – № 5. – С. 181 – 184.
3. Большаков В. Н., Большаков М. В. Потоки солнечной энергии на поверхности гидротехнических сооружений разной ориентации // Укр. гідрометеорол. журн. – 2010. – Вип. 7. – С. 220 – 231.
4. Большаков В. Н., Сытов В. Н. Прозрачность атмосферы над Одессой // Вестник Гидромет-

- центра Черного и Азовского морей. – 2009. – №1 (9). – С. 40 – 45.
5. Гусяков Н. Е., Загородонец О. А., Герасимюк В. П. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов. – Киев: Наук. думка, 1992. – 262 с.
6. Зайцев Ю. П. Искусственные рифы – инструмент управления экологическими процессами в прибрежной зоне моря // Искусственные рифы для рыбного хозяйства: Тр. Всесоюзн. конф. – М., 1987. – С. 3 – 5.

7. *Зинова А. Д.* Определитель зеленый, бурых и красных водорослей южных морей СССР. – М.-Л.: Наука, 1967. – 397 с.
8. *Косинская Е. К.* Определитель морских синезеленых водорослей. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – 280 с.
9. *Миничева Г. Г.* Гидробиологическая мелиорация: Управление качеством воды с помощью макрофитов. // Северо-западная часть Чёрного моря: биология и экология. – Киев: Наук. думка, 2006. – С. 543 – 549.
10. *Миничева Г. Г.* Морфофункциональные основы формирования морского фитобентоса: Автореф. дисс...докт. биол. наук: 03.00.17. – Севастополь, 1998. – 32 с.
11. *Миничева Г. Г., Зотов А. Б., Косенко М. Н.* Методические рекомендации по определению комплекса морфо-функциональных показателей одноклеточных и многоклеточных форм водной растительности. – Одесса, 2003. – 37 с. (Препр. // АН Украины. Одесский филиал института биологии южных морей) <http://www.obibss.narod.ru/Methods/methods.html>.
12. *Хомова Е. С.* Оценка активных поверхностей микро- и макрофитов в системе «базифит-эпифит» // Тез. V Международной научно-практич. конф. молодых учёных по проблемам водных экосистем «Pontus Euxinus–2007» (Севастополь, 24-27 сентября 2007 г.). – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007. – С. 104 – 105. <http://repository.ibss.org.ua/dspace/bitstream/99011/341/1/Pontus5thesis.pdf>
13. *Хомова Е. С.* Сравнение методов учета микроэпифитона макрофитов // Наук. зап. Тернопільського педагогічного університету ім. Гнатюка. Серія: Біол. – 2009. – №4 (41). – С. 82 – 86.
14. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography.* Vol. 1. – Edited by Petro M. Tsarenko, Solomon P. Wasser & Eviator Nevo. – Ruggell: A. R. A. Gantner Verlag K.G., 2006. – 713 p.
15. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography.* Vol. 2. – Edited by Petro M. Tsarenko, Solomon P. Wasser & Eviator Nevo. – Ruggell: A. R. A. Gantner Verlag K.G., 2009. – 414 p.

*Поступила 12 апреля 2011 г.
После доработки 01 июля 2011 г.*

Закономірності формуванні фітообростання від орієнтації підводних поверхонь. Г. Г. Мінічева, В. М. Большаков, К. С. Хомова, Г. В. Швець. Розглянуті результати експериментальної роботи, яка була проведена на Одеському узбережжі в травні – вересні 2008 року з використанням спеціальної підводної конструкції «Фітокарусель». Представлені закономірності, які пов'язують структурно-функціональні параметри угруповань фітообростання з різною орієнтацією підводних поверхонь (кут нахилу і азимут). Визначені оптимальні орієнтації для розвитку макрофітів та мікроепіфітону. Були отримані кількісні закономірності, котрі дозволяють перейти до інженерного рішення задачі екологічної оптимізації гідротехнічних споруд шляхом задання необхідних параметрів конструкції.

Ключові слова: фітообростання, показники поверхні водоростей, підводні конструкції, орієнтація

The laws governing phytoovergrowth and orientation of underwater surfaces. G. Minicheva, V. Bolshakov, E. Khomova, A. Shvets. The results of experimental work carried the Odessa coastal waters in May – September 2008 with the use of a special underwater «Phytocarrusel» construction have been considered. The laws governing the linking of structural-functional parameters of communities of phytoovergrowth with different orientation of underwater surfaces (angle of slope and azimuth) are given. The optimum orientation for development of macrophytes and microepiphyton have been determined. Quantitative evidence has been received for allowing to refer to an engineering solution of the objective of ecological optimization of hydrotechnical structures with the use of necessary parameters of underwater constructions.

Key words: phytoovergrowth, indices of algal surface, underwater construction, orientation