

УДК 574.5; 574.21

UDC 574.5; 574.21

БИОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ОСОБЕННОСТИ БИОПРОДУКЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСКУССТВЕННЫХ БИОТЕХНИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО И СРЕДНЕГО КАСПИЯ

BIORESOURCE POTENTIAL AND FEATURES OF POSSIBILITIES OF BIOPRODUCTS OF ARTIFICIAL BIOTECHNICAL CONSTRUCTIONS IN THE CONDITIONS OF NORTH AND MIDDLE CASPIAN SEA

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» ГК П1440 Проект: Проведение поисковых научно-исследовательских работ по направлению «Экологически безопасные разработки месторождений и добычи полезных ископаемых»

Work is executed within the federal program "The scientific and scientifically-pedagogical personnel of innovative Russia." GK P1440 Project: Realization of searching and research works to direction: "Environmentally-safe developments of deposits and mineral extraction"

Ахмедова Гульнара Ахмедовна
к.г.н., доцент кафедры географии

Akhmedova Gulnara Akhmedovna
Cand.Geog.Sci., associate professor of chair of geography
Dagestan state University, Makhachkala, Russia

*Дагестанский государственный университет,
г. Махачкала, Россия*

Ушивцев Владимир Борисович
к.б.н., директор
*Каспийский филиал учреждения АН РАН
«Институт океанологии им.П.П.Ширшова»,
г.Астрахань, Россия*

Ushivcev Vladimir Borisovich
Cand.Biol.Sci., director
The Caspian Branch of the Institution of the Russian Academy of Sciences Institute of Oceanology named after P.P. Shirshova, Astrakhan, Russia

Гасангаджиева Азиза Гусейновна
д.б.н., профессор кафедры биологии и биоразнообразия
*Дагестанский государственный университет,
г. Махачкала, Россия*

Gasangadjieva Aziza Guseinovna
Dr.Sci.Biol., professor
Dagestan state University, Makhachkala, Russia

Галактионова Майя Львовна
научный сотрудник

Galaktionova Maya Livovna
research associate

Котеньков Сергей Анатольевич
к.и.н., ученый секретарь

Kotenkov Sergei Anatolievich
Cand.Hist.Sci., scientific secretary

Ушивцев Владимир Владимирович
лаборант
*Каспийский филиал учреждения АН РАН
«Институт океанологии им.П.П.Ширшова»,
г.Астрахань, Россия*

Ushivcev Vladimir Vladimirovich
assistant
The Caspian Branch of the Institution of the Russian Academy of Sciences Institute of Oceanology named after P.P. Shirshova, Astrakhan, Russia

Изучены особенности функционирования рифовых модулей в условиях северной и средней частей Каспийского моря в районе свала глубин, установлены количественные характеристики бентосных сообществ в районе установки искусственных рифов и в зоне их влияния, выполнена оценка эффективности модульных конструкций и определены оптимальные материалы и конструктивные решения, наиболее подходящие для условий района исследований

The features of functioning of the reef modules are studied in the conditions of north and middle parts of the Caspian sea in the district of knocking down of depths. Quantitative descriptions of benthos associations are set in the district of setting of artificial reefs and in their zone of influence. The estimation of efficiency of module constructions is executed. Optimal materials and structural decisions, most suitable for the terms of district of researches are specified

Ключевые слова: ИСКУССТВЕННЫЕ РИФЫ, БИОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ, ЧИСЛЕННОСТЬ, БИОМАССА, ЗОНА ВЛИЯНИЯ,

Keywords: ARTIFICIAL REEFS, BIORESOURCE POTENTIAL, QUANTITY, BIOMASS, ZONE OF INFLUENCE, ZOOPLANKTON, BENTHOS,

ЗООПЛАНКТОН, БЕНТОС, ПЕРЕФИТОН, THALASSIUM.
МОРСКИЕ СООБЩЕСТВА

В связи интенсификацией хозяйственной деятельности на Каспии, связанной с разведкой, добычей и транспортировкой углеводородного сырья, актуальными становятся вопросы разработки и применения мер, направленных на стабилизацию и оздоровление морской среды, повышение ее устойчивости и биопродуктивности. Наиболее экологически обоснованным способом воздействия на морские экосистемы, направленным на решение этих задач, является создание искусственных биотехнических конструкций и их установка в местах наибольшего риска и интенсивной хозяйственной деятельности.

Загрязнение морской среды является основным видом воздействия нефтегазодобывающей деятельности на морские экосистемы, а морские гидротехнические сооружения влияют на процессы седиментогенеза вблизи мест их расположения. В связи с этим донные организмы являются наилучшими индикаторами негативных последствий нефтегазодобычи на каспийском шельфе [2].

Различные рифовые конструкций блочного и модульного типов, содержащих донные и пелагические элементы, выполняют функции усиления продуктивности биологических сообществ, формирования перифитонных индикаторных ассоциаций, увеличивают биологическую деструкцию загрязняющих веществ [3].

Цель данного исследования - определение биоресурсного потенциала и особенностей биопродукционных возможностей инженерно-экологических конструкций различного типа.

Исследование было проведено в северной и средней частях Каспийского моря. Экспериментальные работы с искусственными рифовыми модулями проводились в течение 12 месяцев с мая 2009 по июль 2010 года в районе свала глубин. Глубины в районе установки рифовых модулей варьировались от 20 до 35 метров. В местах установки были

проведены гидробиологические и гидрохимические исследования, определены показатели обилия, биомассы и биоразнообразия донных животных, выявлена пространственная структура их распределения.

В основу исследовательских работ по сбору материала в районе установки искусственных рифов легли методы подводных исследований, для оценки качества водной среды по биологическим показателям проводился специализированный сбор донной фауны и перифитона. Для оценки зоны влияния искусственного рифа на морскую среду отбор проб проводился на разном удалении от рифового модуля. Пробы перифитона отбирались на модульных биостанциях, производился подсчет количественных и качественных характеристик сообществ обрастаний, а также сопоставление этих характеристик с данными предшествующих наблюдений и с контрольными показателями фоновых участков (при отсутствии рифовых модулей).

Всего в районе исследований было установлено и обследовано двенадцать инженерно-экологических сооружений различного принципа действия, количество отбираемых проб колебалось от пяти до десяти, что позволило дать достоверную оценку полученных числовых данных.

Комплексная рифовая биостанция состоит из бетонного кольца, представляющего собой основание, над которым возвышается металлический каркас. Высота станции 2 -3 м, вес 300 - 500 кг. Бетонное кольцо является субстратом для образования нижнего уровня сообществ. Его конструктивные элементы предусматривают создание условий для развития большинства бентосных организмов. Два верхних уровня располагаются на металлическом каркасе в толще воды. Их конструктивные элементы предназначены для формирования организмов перифитона и фитобентоса. Внутреннее пространство металлического каркаса станции обтянуто полипропиленовой тканью и капроновой делью с ячейей 5-6 мм. Как показали исследования, при использовании этих

материалов в качестве субстрата получены наилучшие результаты по разнообразию и биомассе гидробионтов.

Зообентос в районе комплексной рифовой биостанции представляет собой комплекс, основу численности которого составляют многощетинковый червь *Nereis* и широко распространенная в Каспии амфипода *Niphargoides similis* (табл.1).

Таблица 1 - Видовой состав, численность и биомасса донных сообществ в районе комплексной рифовой биостанции

Вид	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²
<i>Niphargoides aequimanus</i>	4	0,006
<i>Niphargoides similis</i>	170	0,3
<i>Cerastoderma lamarki</i>	10	0,3
<i>Didacna protracta</i>	2	0,23
<i>Balanus improvisus</i>	12	0,09
<i>Mytilaster lineatus</i>	2	0,004
<i>Nereis diversicolor</i>	410	5,4
<i>Oligochaeta</i>	40	0,04
<i>Abra ovata</i>	35	0,18
<i>Rhithropanopeus harrissii</i>	2	0,05
Всего	687	6,6

Общая численность и биомасса донных животных сравнительно невелики, что довольно характерно для этого района моря. Большая численность червей объясняется обилием органики, выносимой с речным стоком.

Индекс видового сходства с фоновым участком составляет 0,86, что свидетельствует об идентичности сообществ рассматриваемых участков, а так же об отсутствии негативного влияния со стороны искусственного рифа на биоту. Низкие концентрации биомассы донных животных в районе комплексной рифовой станции по сравнению с фоновыми показателями объясняются большим развитием *Mytilaster lineatus* на фоновом участке. За счет обилия этого прикрепленного моллюска

численность донного сообщества фонового участка в 2 раза превышает ее в районе рифа, а биомасса - в 6,4 раза.

Модульный бетонный риф (рис.1) установлен на твердых, песчано-ракушечных грунтах, на глубинах 15 и 25 метров, обследование проводилось каждые 3- 4 месяца.



Рис.1 Модульный бетонный риф

Анализ результатов обработки проб макрозообентоса в районе установки модульных бетонных рифов позволил выделить по показателям биомассы три зоны влияния искусственного рифового модуля на сообщество зообентоса: надстройка обрастателей (0-5 метров от модуля), зона влияния (5-10 метров от модуля), фон (10-20 метров от модуля) (рис. 2).

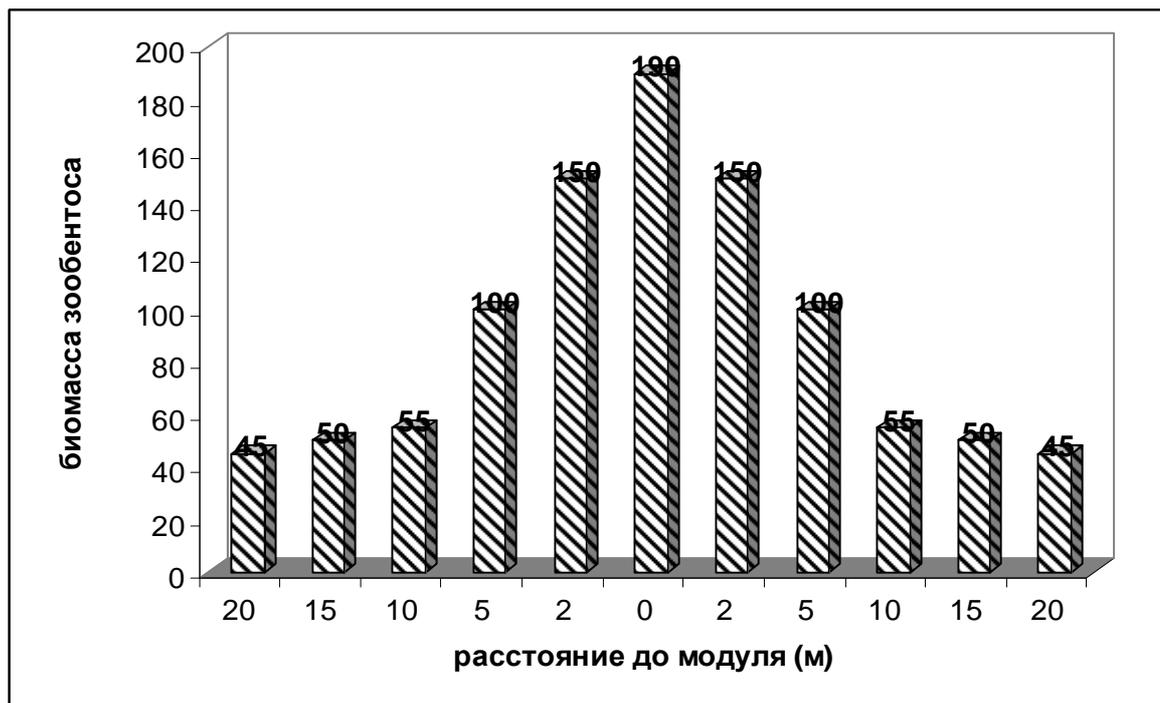


Рис.2. Пространственная структура биомассы донных животных в районе искусственного рифа

Так, непосредственно на бетонном субстрате (в зоне надстройки обрастателей) формируется сообщество обрастателей, обилие которых определяется усоногими раками (*Balanus improvisus*) и моллюсками (*Mytilaster lineatus*, *Dreissena polymorpha* и *D. rostriformes*). Относительная численность и биомасса обрастателей в этой зоне достигает $90 \pm 10 \%$, роль других животных в формировании сообщества незначительна (табл. 2).

Они представлены массовыми видами амфипод (*Niphargoides similis*, *Dikerogammarus haemobaehes*, *Gammarus ischnus*), реже встречается краб *Rhithropanopeus harrissii*.

Стоит отметить, что во всех районах, где были установлены рифовые модули, видовой состав доминатов среди обрастателей оставался стабильным. В тоже время здесь регистрируются самые высокие показатели биомассы донных животных и самые низкие значения биоразнообразия.

Таблица 2 - Характеристики донной фауны в районе искусственного рифа и на фоновом участке в Северном Каспии

Вид	Численность (экз/м ²)		Биомасса (г/м ²)		Индекс биоразнообразия Шеннона	
	<i>фон</i>	<i>район рифа</i>	<i>фон</i>	<i>район рифа</i>	<i>фон</i>	<i>район рифа</i>
<i>Niphargoides similis</i>	120	150	0,45	0,5	2,16	2,7
<i>Niphargoides aequimanus</i>	-	2	-	0,008		
<i>Stenocumaa graciloides</i>	2	5	0,002	0,005		
<i>Cardiophilus baeri</i>	4	5	0,004	0,003		
<i>Schizorchynchus bilamellatus</i>	10	75	0,007	0,04		
<i>Pterocuma pectinata</i>	-	10	-	0,01		
<i>Didacna protracta</i>	2	4	0,5	0,6		
<i>Cerastoderma lamarki</i>	12	60	2,3	10		
<i>Abra ovata</i>	5	50	0,35	0,6		
<i>Nereis diversicolor</i>	430	465	1,5	5		
<i>Balanus improvisus</i>	60	130	0,6	1		
<i>Mytilaster lineatus</i>	120	200	18	23		
<i>Rhithropanopeus harrissii</i>	5	4	0,1	0,1		
<i>Oligochaeta</i>	50	40	0,06	0,06		
Всего:	820	1200	24	41		

Зона влияния характеризуется высокими показателями биологического разнообразия. Здесь наблюдается не только обилие обрастателей, но и животных, не встречающихся непосредственно на искусственном субстрате. Численность зообентоса обычно равна или превышает обилие животных на искусственном рифе, однако количественные характеристики донных животных снижаются по мере удаления от рифового модуля и довольно быстро приближаются к фоновым показателям.

В результате исследований установлен ряд факторов, имеющих, на наш взгляд, существенное значение при формировании сообществ искусственных рифов. На Северном Каспии в условиях мелководий большую роль играют колебания солености и температуры, что приводит к сравнительно низким показателям обилия и биологического разнообразия сообществ обрастаний на искусственных субстратах. Снижение обилия донных беспозвоночных в районе рифа наблюдается за короткий промежуток времени (от 10 суток), что вызвано обилием бычковых рыб и их пищевой активностью. В этом случае развитие комплекса обрастаний изначально лимитируется пищевой активностью бычковых рыб, что приводит к освоению искусственного субстрата только усоногими ракообразными, недоступными бычковым рыбам.

Бычковые рыбы используют искусственные конструкции и рифовые модули в качестве укрытий, а так же субстрата для нереста. Высокие показатели их численности (20-30 экз/м²) на ограниченных участках, являются причиной снижения обилия донных животных в районах установки искусственных субстратов.

В условиях полного отсутствия или при незначительной концентрации бычковых рыб в районе установки искусственного рифа наблюдается быстрый процесс заселения искусственного субстрата организмами-обрастателями, в первую очередь моллюсками и усоногими ракообразными. В дальнейшем наблюдается увеличение обилия сопутствующего биологического комплекса - высших ракообразных и червей. Это приводит впоследствии к формированию зоны влияния - комплекса биоты искусственного рифа с естественным ходом сезонного обилия сообществ живых организмов, который не отличается от фоновых значений.

Появление бычковых рыб в зоне влияния приводит к снижению численности обрастаний, т.к. они выедают мягкие «кормовые» объекты,

что ведет к снижению численности многощетинковых червей и ракообразных в составе обрастаний. Дальнейшее присутствие бычковых рыб приводит к тому, что они начинают потреблять доступных им по размеру моллюсков обрастателей (*Mytilaster lineatus*). В тоже время, часть моллюсков, имеющих достаточно крупные размеры, сохраняется т.к. бычки не в состоянии использовать в пищу столь крупные пищевые объекты. Это подтверждается результатами анализа размерной структуры *Mytilaster lineatus* в районе искусственного рифа и на фоновых участках. В районе искусственного рифа происходит снижение численности размерных групп моллюсков в диапазоне 5-7 мм, что обусловлено их доступностью для бычковых рыб, а так же свидетельствует о некоторой степени избирательности бычками моллюсков этой размерной группы.

Таким образом, недоступные бычкам крупные моллюски сохраняются, продолжая обеспечивать высокую биомассу сообщества обрастаний, а так же поддерживают относительно высокую численность ракообразных (в основном отр. Amphipoda).

Пелагическая индикаторная биостанция разработана в Институте океанологии РАН (Патент РФ № 93773) с целью формирования индикаторного сообщества обрастаний, не влияющего на показатели биологического разнообразия.

Зона влияния этого рифа минимальна, что позволяет, не воздействуя на исходные сообщества зообентоса, получить наименьшую площадь обрастаний в верхней части рифового модуля, служащую биологическим индикатором процессов, происходящих в морской среде.

Пелагические индикаторные биостанции указанного типа были установлены на глубинах от 20 до 30 метров на срок от трех до шести месяцев. Непосредственно рядом с рифовым модулем характеристики обилия и биологического разнообразия донных сообществ соответствуют фоновым значениям.

Индикаторные сообщества обрастаний на искусственном рифе были обследованы через 3 месяца после установки на глубине 20 метров и через 6 месяцев на глубине 30 метров. В первом случае индикаторная поверхность была полностью покрыта двустворчатыми моллюсками, усоногие ракообразные присутствовали единично. На глубине 30 метров наблюдалась обратная картина - моллюски обнаруживались в очень малом количестве, вся поверхность рифового модуля была покрыта представителями рода *Balanus*.

Зообентос в районе индикаторной пелагической биостанции представляет собой биоценоз, основу численности которого образуют представители отряда Cumacea, составляющие 80 % общего обилия донных животных. При этом ядро биомассы приходится на крупных моллюсков (*Didacna parallella*) (табл. 3). Обилие ракообразных в районе биостанции является показателем благоприятных условий и свидетельствует об отсутствии негативного влияния на морскую биоту. Индекс видового сходства с фоновым участком составляет 0,75, что свидетельствует о высокой степени сходства рассматриваемых участков.

Таблица 3 - Видовой состав, численность и биомасса донных сообществ в районе индикаторной пелагической биостанции

Вид	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	40	0,78
<i>Corophium chelicorne</i>	150	0,5
<i>Gammarus ischnus</i>	10	0,01
<i>Pontoporeia affinis</i>	10	0,11
<i>Niphargoides derzhavini</i>	50	0,01
<i>Pterocuma rostrata</i>	120	0,06
<i>Schizorchynchus bilamellatus</i>	2600	1,3
<i>Balanus improvisus</i>	70	4,3
<i>Didacna parallella</i>	30	66,5
<i>Purgula caspia</i>	30	3
<i>Hypanis angusticostata</i>	10	3,2
Всего	3120	79,77

Донный многослойный модуль и пелагические рифовые модули изготовлены из бетона, а пелагические части из полимерных материалов. Конструкция донной части предусматривает сквозные отверстия, служащие для увеличения полезной площади рифового модуля. Пелагические элементы из полипропиленовых волокон и ткани, служат субстратом для сообществ микроорганизмов, необходимых для интенсификации процессов самоочищения морской среды. Конструкции на основе многослойных и пелагических модулей были установлены в точках экспериментального полигона с глубинами 15, 20 и 30 метров.

Наиболее обильные сообщества сформировались на искусственном рифе на глубине 15 метров. Зона влияния этого рифа составляла порядка 10 метров, где наблюдались трансформации сообществ донной фауны, вызванные эффектом искусственного рифа. На глубинах более 20 метров эффективность многослойных модулей оказалась невысокой, поскольку в отдельных случаях зона влияния искусственного рифа отсутствовала.

Зообентос в районе модуля характеризуется самым высоким обилием многощетинковых червей по сравнению с другими рифовыми модулями. Донное население в районе рассматриваемой станции отличается от других по структуре сообщества и доминирующим видам. Отличительной особенностью донного населения в районе этой скважины является крайне низкое представительство ракообразных (отр. Amphipoda и Cumacea), на фоне обилия червей (*Nereis diversicolor*) и прикрепленных ракообразных (*Balanus improvisus*), на долю которых приходится до 80 % численности и до 70 % биомассы сообщества (табл. 4).

Полученные данные свидетельствуют о значительной разнице показателей обилия и биомассы донных сообществ в районе рифового модуля и фоновыми значениями. Так обилие донных животных в районе многослойного рифового модуля превышает фоновые показатели в два раза, а биомасса – почти в 4 раза. Индекс видового сходства фоновых и

контрольных сообществ составляет 0,6, что свидетельствует о существенных различиях видового состава.

Таблица 4. - Видовой состав, численность и биомасса донных сообществ в районе многослойного и пелагического рифовых модулей

Вид	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²
<i>Niphargoides compactus</i>	3	0,05
<i>Schizorchynchus bilamellatus</i>	6	0,01
<i>Cerastoderma lamarki</i>	15	1,7
<i>Balanus improvisus</i>	100	4,1
<i>Nereis diversicolor</i>	240	4,1
<i>Oligochaeta</i>	8	0,02
<i>Abra ovata</i>	20	1,7
Итого	392	11,68

Полученные результаты позволяют судить об эффективности использования искусственных рифовых модулей различного принципа действия на всей акватории Каспийского моря, подверженной интенсивному антропогенному воздействию с целью усиления самоочищающей способности моря путем повышения естественной фильтрации, седиментации и разложения загрязняющих веществ, содержащихся в морской воде; для создания искусственных убежищ и продуктивных зон нагула многих видов рыб; создания искусственных биотопов для интродукции ценных гидробионтов и комфортных условий для развития марикультуры. Проведенные исследования позволили отметить следующие особенности биопродукционных возможностей отдельных конструкций:

- в районе установки комплексной рифовой биостанции формируется защищенная зона повышенной продуктивности, служащая местом нагула ценных видов рыб, а так же характеризующаяся интенсификацией процессов самоочищения морской среды в условиях хронического загрязнения нефтепродуктами;

- формирование продуктивной площади, имеющей рыбохозяйственное значение, возможно только путем установки модульных бетонных рифовых станций на определенном удалении друг от друга. Высокопродуктивная зона влияет на пищевые миграции рыб, задерживая их в защищенном месте;
- разработанные индикаторные пелагические модули, имея минимальную зону влияния, могут служить биологическим индикатором процессов, происходящих в морской среде и показали свою эффективность при хроническом загрязнении морской среды в районах моря с глубинами до 20 метров.

Учитывая особенности формирования биологических сообществ в районах установки искусственных рифовых конструкций различного типа предлагается использовать их в местах наибольшего риска и интенсивной хозяйственной деятельности для оценки воздействия загрязнения морской среды на донные сообщества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ахмедова Г.А., Абдурахманов Г.М., Гасангаджиева А.Г. Применение методов биотестирования состояния морской среды в районах освоения углеводородных месторождений //Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Серия естественные и точные науки. - 2010. - №2. – С.52-55.
2. Абдурахманов Г.М., Ахмедова Г.А., Гасангаджиева А.Г. Загрязнение западной части Среднего Каспия нефтяными углеводородами и биологическое разнообразие //Вестник Астраханского государственного технического университета. 2006. - №3. - С.151-158.
3. Ушивцев В.Б., Водовский Н.Б., Галактионова М.Л., Курапов А.А., Монахов С.К. Экологические и экономические предпосылки к созданию на акватории Северного Каспия искусственных рифовых зон //Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2008. - №5. – С.78-83.