

Влияние искусственных рифов на биопродуктивность и самоочищающую способность морских акваторий

Д-р биол. наук А.Ф. Сокольский, канд. биол. наук Е.В. Колмыков – КаспНИРХ
Н.В. Попова – ООО «Каспийская нефтяная компания»
Канд. биол. наук В.В. Андреев – АГТУ

Одним из путей повышения биопродуктивности морских акваторий является создание искусственных рифов, способствующее обогащению флоры и фауны районов, где они установлены; улучшению условий нагула рыбы, в том числе молоди, полученной в результате искусственного разведения и выпущенной в море; созданию искусственных нерестилищ, зон естественной очистки морской воды организмами-фильтраторами от загрязнения.

Искусственными рифами называются экологически контрастные с естественным фоном сооружения. Существует проверенное многолетней практикой мнение, что создание искусственных рифов – адекватное природе хозяйственное и экологическое мероприятие, наиболее эффективное и экономичное средство экологической и рыбохозяйственной мелиорации морских акваторий. Искусственные рифы способны повышать биологическую емкость среды; они позволяют целенаправленно воздействовать на организацию экологического и поведенческого пространства гидробионтов и, таким образом, управлять их распределением. Использование искусственных рифов целесообразно в районах, где имеется дефицит твердых, вертикально расположенных субстратов для заселения гидробионтов, и поэтому они не могут реализовать присущий им огромный потенциал колонизации новых субстратов и прироста биомассы.

Дно Каспийского моря на большей своей части имеет однообразный рельеф и внешне напоминает песчаную пустыню или полупустыню. Биологическая продуктивность таких биотопов ограничена. Применение искусственных рифов позволяет значительно увеличить биомассу макрофитов, сесильной и седиментарной фауны, ракообразных и, тем самым, заметно повысить кормность вод для промысловых рыб.

На рифовых поверхностях развиваются бактерии, водоросли и другие организмы. Рифы также служат нерестовым субстратом для бычков, являющихся кормом для ряда ценных промысловых рыб, и убежищем для многих беспозвоночных. Сукцессия гидробионтов на рифе достаточно быстро увеличивает биомассу органического вещества, регенерация которого дает необходимые для фотосинтеза минеральные соли и биогены. Значительно увеличивается скорость биологических процессов, что достигается путем формирования активных поверхностей в толще воды, где температура и насыщение кислородом значительно выше, чем в придонном горизонте. Это особенно актуально для Северного Каспия с присущими ему зонами гипоксии.

Организмы-обработатели на стадии меропланктона имеют многих консументов, в частности, личинок и мальков рыб. Значительная биомасса меропланктона в сочетании с его высокой скоростью оборота и перманентностью поступления в окружающее искусственный риф пространство позволяют прокормить значительное количество молоди рыб. Это весьма важно, в связи с фактом инвазии в Каспий гребневика *Mnemiopsis* и его негативного воздействия на кормовой планктон.

Учитывая, что в настоящее время ведутся интенсивные работы по разведке и добыче нефти в Северном Каспии, существует реальная опасность его загрязнения. Сырая нефть, нефтепродукты и образующиеся при бурении отходы могут оказывать



Фото 1. Установка модулей в море

токсическое воздействие на рост и развитие гидробионтов Каспийского моря. Поэтому мы посчитали своевременной разработку конструкции рифа, который бы позволил усилить самоочищающую способность акватории моря в зоне установки нефтяных платформ и повысить биологическую продуктивность окружающей акватории.

В 2002 – 2003 гг. Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства совместно с ООО «Каспийская нефтяная компания» разработали и испытали на морском полигоне в Северном Каспии ряд модулей искусственного рифа. Анализ природно-климатических условий района установки искусственных рифов показал, что из-за сложной ледовой обстановки велика вероятность потери сооружения в зимний период, а следовательно, может возникнуть потребность в ее съеме. Мелководность Северного Каспия обуславливала повышенную волновую нагрузку на искусственный риф. Все это требовало создания мобильной, гибкой конструкции, изготовленной из материалов, отличающихся низким удельным весом, прочностью, пластичностью, компактностью при транспортировке, что позволило бы увеличить штормоустойчивость и облегчало бы работы по ее установке и съему.

С учетом этих требований в несущих элементах конструкции широко применялись полипропиленовые канаты разного диаметра, поскольку они в наибольшей степени отвечали предъявляемым требованиям: обладали способностью сопротивляться агрессивному действию морской среды; отличались гибкостью и подвергались незначительным деформациям при нагрузке; имели высокую прочность при динамическом воздействии; не выделяли вещества, загрязняющие окружающую среду, обладали положительной плавучестью. Сечения канатов подбирали по уровню напряжений с учетом запаса прочности. Для поддержания сооружения в толще воды к верхнему несущему тросу крепились поплавки. В системе удержания использовалась комбинация лаповых и гравитационных якорей. Высота конструкции в развернутом виде составляла 4 м, хотя при необходимости ее можно увеличивать или уменьшать. Установка в заглубленном положении позволяла снизить волновую нагрузку на риф. Положительным свойством конструкции являлась возможность ее установки

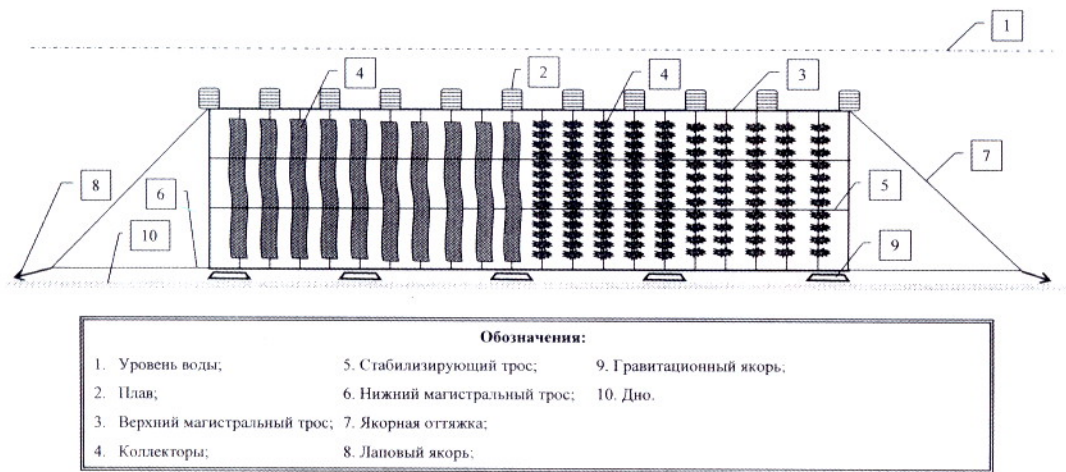


Рис. 1. Схема искусственного рифа, установленного в Северном Каспии

на различных грунтах, поскольку коллекторы в любом случае будут находиться в толще воды (рис. 1).

В результате испытаний были выбраны две разновидности коллекторов. Первые представляли собой ерши из пропиленовых волокон. Во втором варианте комбинировали пропиленовую ткань с волокнами, которые пучками крепились на разных участках коллекторов.

Постановка конструкции на морском полигоне производилась с борта научно-исследовательских судов (фото 1). В 2002 г. было выставлено два модуля общей протяженностью 100 м; в 2003 г. – три модуля длиной 150 м. Общая площадь поверхности рифов составила 7143,9 м².

На морском экспериментальном полигоне, в зоне действия рифа, осуществлялся комплексный сбор биостатистического материала. В аквариальных условиях проводился эксперимент по биодеградации нефтеуглеводородов на рифовых поверхностях. Результаты токсикологических исследований свидетельствовали о безвредности выбранных материалов.

Подводные наблюдения, проведенные после установки рифов, показали, что в целом конструкции приобретали расчетные геометрические параметры. Система якорных растяжек обеспечивала достаточное натяжение и удержание коллекторов на грунте. Расчетная плавучесть обеспечила натяжение рифовых элементов в толще воды.

Установленный на дне моря искусственный риф уже в первые сутки начинали осваивать различные виды водных животных, в первую очередь – ракообразные и рыбы. Через 2–3 мес. экспозиции коллекторы полностью покрывались обрастаниями. Рифовый биоценоз формировали гидрзои, усонogie рачки, моллюски, черви, амфиподы, крабы, креветки, бычки и др. Состав обрастаний на различных субстратах существенно различался. На коллекторах из полипропиленового волокна основу обрастаний составляли гидрзои (фото 2). На полипропиленовых пластинах доминировали усонogie рачки (фото 3). Наиболее разнообразный состав биоценоза формировался на глубине 3–6 м на

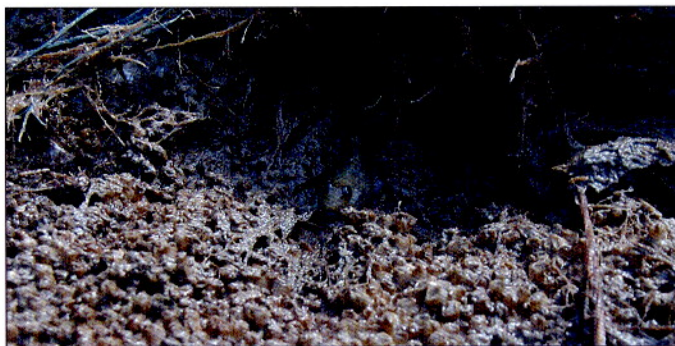


Фото 3. Колонии блязнуса

коллекторах, изготовленных из полипропиленовой ткани, где также отмечались самые высокие биомассы. Если на «ершах» гидрзои оседали личинки животных, то на полипропиленовой ткани обнаружены большие количества осевших личинок моллюсков и червей. Сообщество прикрепленных и малоподвижных донных организмов дополнялось здесь кладками икры и личинками бычковых рыб. Личинки и икра бычков находились на разных стадиях развития, что свидетельствует об их постоянном присутствии в биоценозе.

Распределение фитопланктона в районе установки искусственных рифов было неравномерным (рис. 2). Максимальные концентрации водорослей наблюдались у рифа, снижаясь до фоновых значений на расстоянии 200 м от него. Численность фитопланктона в зоне действия рифа была в 1,8–14,5 раз больше по сравнению с фоновым полигоном.

Основу зоопланктона в зоне рифов составляли личинки двусторчатых моллюсков, средняя численность которых составляла 65 %, а биомасса – 74 % от общего количества планктонных

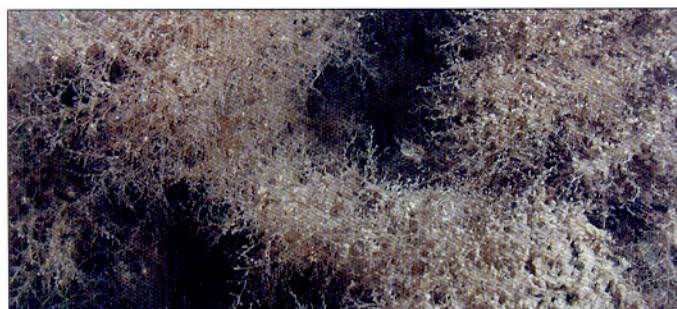


Фото 2. Колонии гидрзоей

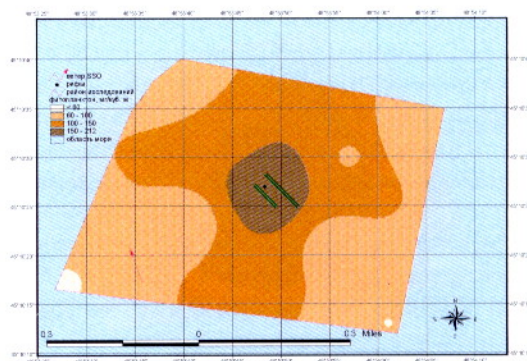


Рис. 2. Распределение фитопланктона в районе установки рифа в 2003 г.

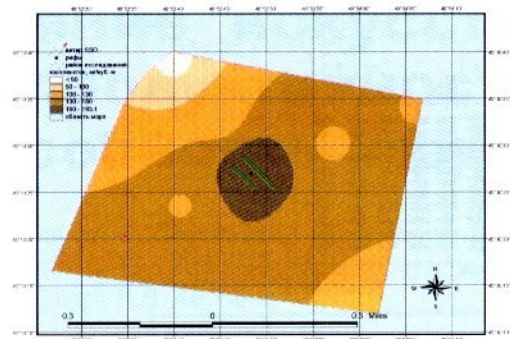


Рис. 3. Распределение зоопланктона в районе установки рифа в 2003 г.

организмов. Второй по численности была группа коловраток, по массе преобладали ветвистоусые и веслоногие ракообразные.

Средняя биомасса зоопланктона в районе рифов колебалась от 74,44 до 39,2 мг/м³; численность – от 17,32 до 12,46 тыс. экз/м³, что в 1,3–8,4 раза больше показателей на фоновом участке. Минимальные концентрации организмов были отмечены на расстоянии 200 м от рифов (рис. 3).

Структуру донного сообщества в районе рифа формировали черви, ракообразные и моллюски, которые были представлены 13 видами. Из группы червей в составе бентофауны были определены многощетинковые и малощетинковые черви. Группа ракообразных была представлена кумацеями и амфиподами и насчитывала наибольшее число видов – 7. Моллюски (3 вида) были представлены и морскими двусторчатыми организмами. Следует отметить, что величина кормового бентоса уменьшается по мере удаления от рифа (рис. 4). У рифа по сравнению с фоном биомасса и численность всех групп донных организмов увеличиваются в 1,5–2,3 раза. Особенно заметен рост биомассы моллюсков.

Важно подчеркнуть, что продукционные процессы наиболее интенсивно протекали в непосредственной близости от рифа, о чем свидетельствуют наличие более мелких форм всех групп донных животных и интенсивный прирост генеративной продукции.

Микробиологические исследования поверхности искусственных субстратов выявили некоторые отличия в уровне развития перифитонных микроорганизмов в зависимости от типа коллекторов. Наиболее интенсивно микроорганизмы развивались на коллекторах, изготовленных из пропиленового волокна и имеющих большую поверхность. Количество микроорганизмов в воде по мере удаления от места установки искусственных субстратов уменьшалось в 2–5 раз.

Общая численность микроорганизмов в донных отложениях в районе установки искусственных рифов изменялась от 1,65 до 2,01 млрд клеток, а их биомасса – от 0,78 до 0,90 мг в 1 г сырого грунта, что значительно выше, чем на остальной аква-

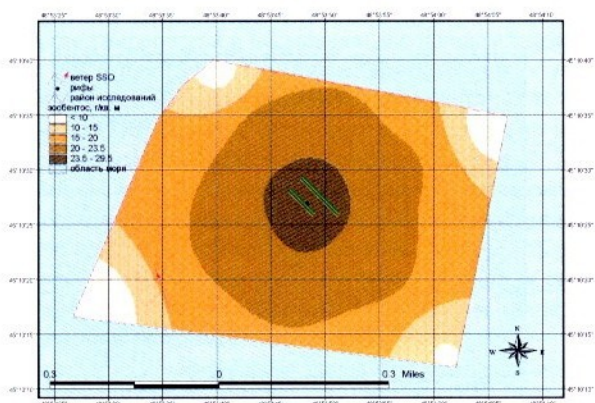


Рис. 4. Распределение зообентоса в районе установки рифа в 2003 г.

тории Северного Каспия. По мере удаления от модулей количество микроорганизмов в донных отложениях уменьшалось более чем в 3 раза.

Оценка способности микрофлоры окислять нефтеуглеводороды показала, что при температуре воды 20–25°С наибольший объем утилизации нефти отмечался на поверхности искусственных коллекторов: на пластинах – 492, на «ершах» – 1477 мг нефти на 1 м² поверхности субстрата в сутки. За вегетационный период микроорганизмами рифа длиной 100 м может быть утилизировано около 510 кг нефти. Микрофлора донных отложений была способна деструктировать от 0,3 до 1,6 мг/м² нефти в сутки, т.е. в донных осадках этот показатель оказался на 3–4 порядка ниже.

В эксперименте было установлено, что при внесении в аквариумы коллекторов искусственного рифа биодеструкция нефти ускоряется в 10–24 раза. Причем, чем значительнее уровень нефтяного загрязнения, тем выше скорость деструкции.

Подводные наблюдения показали, что расположение и геометрические формы модулей сохранялись в течение периода исследований. Отмечалось лишь некоторое проседание коллекторов из пропиленовой ткани, вследствие нарастания на них большой биомассы организмов обрастателей. В биоценозе и донном ландшафте в районе искусственного рифа были отмечены существенные изменения. Перед установкой рифа высшая водная растительность на грунте отсутствовала. Эпифауна была представлена изредка встречающимися крупными моллюсками. Из ракообразных обнаружены крабы (плотностью 0,2 экз/м²) и креветки (0,03 экз/м²). Из донных рыб встречались бычки (плотностью 0,025 экз/м²) и игла-рыба (0,015 экз/м²). Визуально донный ландшафт имел вид однообразной пустыни. После установки искусственного рифа вдоль нижнего магистрального троса образовался мощный пояс макрофитов, увеличилось количество моллюсков. На коллекторах были обнаружены скопления крабов плотностью 70–90 экз. на погонный метр. Численность креветок многократно возросла – до 5–7 особей на погонный метр. Количество бычков увеличилось в 200 раз, в среднем составляя 5,0 экз/м². В результате подводных наблюдений в зоне рифа были обнаружены скопления обыкновенной кильки, атерины, кефали. Периодически в зону рифа наблюдался подход осетровых рыб.

В целом можно сделать заключение, что в результате установки искусственных рифов в районах моря, где наблюдается дефицит субстрата, в течение вегетационного периода формируется локальная сбалансированная экосистема со всеми характерными биотическими и трофическими связями, что в итоге значительно повышает как рыбохозяйственный, так и экологический потенциал биоты моря.

Sokolsky A.F., Kolmykov E.V., Popova N.V., Andreev V.V.
Influence of artificial reefs on bioproductivity and self-purification capacity of sea waters

Artificial reefs are capable to increase bioproductivity of sea waters due to their ability to enrich flora and fauna, favor fish feeding, create new spawning grounds and zones of natural waters purification by organisms-filterers.

The authors demonstrate that artificial reefs raise environment biological capacity, allow to control the organization of hydrobionts environment, manage their distribution. Use of artificial reefs is expedient in regions scanty with vertical substrates for hydrobionts settlement.

Considering the works on developing oilfields in the Northern Caspian Sea, the authors in 2002-2003 developed and tested a reef construction for self-purification of sea waters and increase of bioproductivity of areas being exploited.

The paper concludes that building of artificial reef results in forming a local balanced ecosystem improving the sea biota during vegetative period.