

Установленные по данным ведомственного экологического мониторинга пределы изменчивости численности нефтеокисляющих микроорганизмов в морской воде и ее отношения с общей численностью сапрофитов и других бактерий указывают на то, что в Каспийском море довольно большая группа микроорганизмов может использовать углеводороды в качестве источника питания и (или) энергии. Разнородный характер этой группы и, соответственно, различная реакция ее представителей на условия среды, препятствует использованию нефтеокисляющих микроорганизмов в качестве индикаторов нефтяного загрязнения Каспийского моря. В то же время в пределах небольшой по площади акватории, отличающейся однородностью условий, связь пространственного распределения численности нефтеокисляющей микрофлоры с концентрацией нефтяных углеводородов может быть установлена. В частности, она наблюдалась в придонном слое воды на основном полигоне структуры «Хвалынская» в марте 1998 года (Рис. III.47).

Если сезонные изменения численности всех рассмотренных выше групп бактерий укладываются в три порядка, то размах колебаний численности фенолоокисляющих микроорганизмов на порядок ниже (Таблица 3.5.6). Это указывает на стенобионтный характер микрофлоры Каспийского моря, участвующей в окислении фенольных соединений.

Таблица 3.5.6

Средняя численность фенолоокисляющих микроорганизмов (тыс.кл/мл)  
в морской воде на структуре «Хвалынская» в 1999-2000 гг.

Район наблюдений	Горизонт	Месяц, год			Средняя 1999-2000 гг.
		07.1999	12.1999	04.2000	
Структура в целом	0	40,0	0,05	0,6	13,7
	дно	19,0	0,04	0,1	6,5
Основной полигон	0	57,0	0,12	0,3	19,5
	дно	24,0	0,13	0,3	8,5

По-видимому, именно благодаря этому характеру, нам удалось выявить (по крайней мере, в пространстве) связь изменений численности фенолоокисляющих микроорганизмов с концентрацией фенолов в воде (Рис. III.48). Благодаря этому концентрация фенолов и численность фенолоокисляющих микроорганизмов на основном полигоне оказалась выше, чем в среднем на всей структуре «Хвалынская», что не связано с буровыми работами, поскольку в 1997-1998 гг., то есть до их проведения, та и другая на основном полигоне были выше, чем в 1999-2000 гг. (см. Раздел 3.4).

В целом результаты микробиологических исследований на структуре «Хвалынская» свидетельствуют об отсутствии какой-либо связи выявленных изменений численности и биомассы бактерий с проведением буровых работ. Они также указывают на существование в Каспийском море обширной и разнородной группы микроорганизмов, участвующих в окислении углеводородов. В связи с этим численность нефтеокисляющей микрофлоры можно использовать в качестве индикатора нефтяного загрязнения только в пределах небольших акваторий, однородных по условиям морской среды.

### 3.6 Состояние биологических сообществ

Работы, связанные с поиском, разведкой и добычей углеводородного сырья на морском шельфе, могут оказывать воздействие на видовой состав, трофическую структуру биологических сообществ, на численность гидробионтов, обитающих на дне и в

водной толще. С целью оценки этого воздействия на структуре “Хвалынская” в 1997-2000 гг. проводились гидробиологические исследования, включающие в себя определение первичной продукции, фотосинтетических пигментов, видового состава, численности и биомассы фито- и зоопланктона, а также зообентоса и нейстона.

Всего в течение 1997-2000 гг. на структуре “Хвалынская” было выполнено 6 гидробиологических съемок по сетке станций, установленной программой ведомственного экологического мониторинга, однако, по срокам гидробиологические исследования не всегда совпадали с проведением других видов наблюдений. В то же время ими удалось охватить практически весь диапазон сезонной изменчивости, свойственной экосистеме Северного Каспия (с марта по ноябрь), а также равномерно осветить как период проведения буровых работ (1999-2000 гг.), так и предшествующий ему интервал времени (1997-1998 гг.). Кроме того, для характеристики изменчивости гидробиологических условий на структуре “Хвалынская” использовались данные рыбохозяйственных исследований, выполненных в этом районе моря Каспийским научно-исследовательским институтом рыбного хозяйства в период 1991-1996 гг. (НТО “Проектные исследования”, 2000).

В ходе исследований первичная продукция определялась скляночным методом на борту судна, при этом склянки экспонировались в пластиковой емкости, в которую осуществлялась непрерывная подача забортной воды. Для определения фотосинтетических пигментов использовался стандартный спектрофотометрический метод. Пробы нейстона отбирались сетью Зайцева, фитопланктона – батометром БМ-48, зоопланктона – сетью Джели, зообентоса – дночерпателем “Океан-50”. Весь биологический материал фиксировался 4% раствором формалина и обрабатывался в лабораторных условиях, при обработке нейстон подразделялся на растительный и животный. Обработка материала проводилась общепринятыми методами. Все организмы определялись до вида (НТО “Проектный экологический мониторинг”, 2000).

Для характеристики гидробиологического режима структуры “Хвалынская” существенное значение имеет свойственная ей неоднородность физических и химических условий. Например, глубина акватории на полигоне изменяется в пределах от 10 до 40 метров, а прозрачность – в пределах от 1 до 15 метров. Гидродинамический режим района исследований, северная граница которого выходит на устьевое взморье Волги, а южная - на Мангышлакский порог, формируется сложными динамическими процессами, обусловленными конвергенцией северокаспийских и среднекаспийских вод, прохождением микромасштабных вихревых образований, адвекцией трансформированных волжских вод и достаточно частой штормовой активностью. С динамикой вод тесно связана изменчивость концентрации биогенных солей, органических и взвешенных веществ, температуры, солености и других факторов, влияющих на формирование биологической продуктивности. Для того, чтобы отыскать в этой постоянно меняющейся картине следы воздействия буровых работ на биологические сообщества, данные гидробиологических исследований, полученные до и после бурения поисково-разведочной скважины сравнивались между собой. Сравнительный анализ проводился также в отношении данных, полученных на основном полигоне (то есть в месте постановки СПБУ) и структуре в целом, а и иногда - на всем Северном Каспии (см. раздел 1.2).

Видовой состав фитопланктона на структуре “Хвалынская”, так же, как и на всем Северном Каспии, подвержен межгодовым и сезонным изменениям, вызванным сменой гидрологических условий. В 70-е годы в период низкого стояния уровня моря фитопланктон был беден по своему составу, в нем преобладали виды морского комплекса (крупная диатомовая *Rhizosolenia calcar-avis* и пиропфитовая *Exuviaella cordata*).

В период подъема уровня моря (1978-1995 гг.) в Северном Каспии видовой состав фитопланктона существенно расширился за счет пресноводных и солоноватоводных

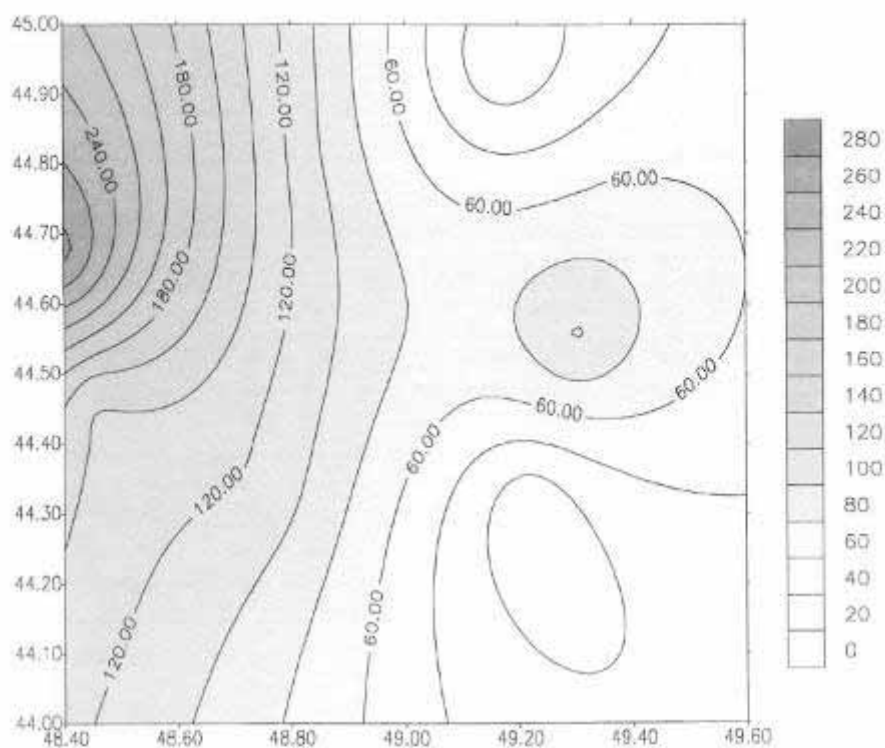


Рис. III.53 Распределение биомассы зообентоса ( $\text{г/м}^2$ ) на структуре "Хвалынская" в 1998 г.

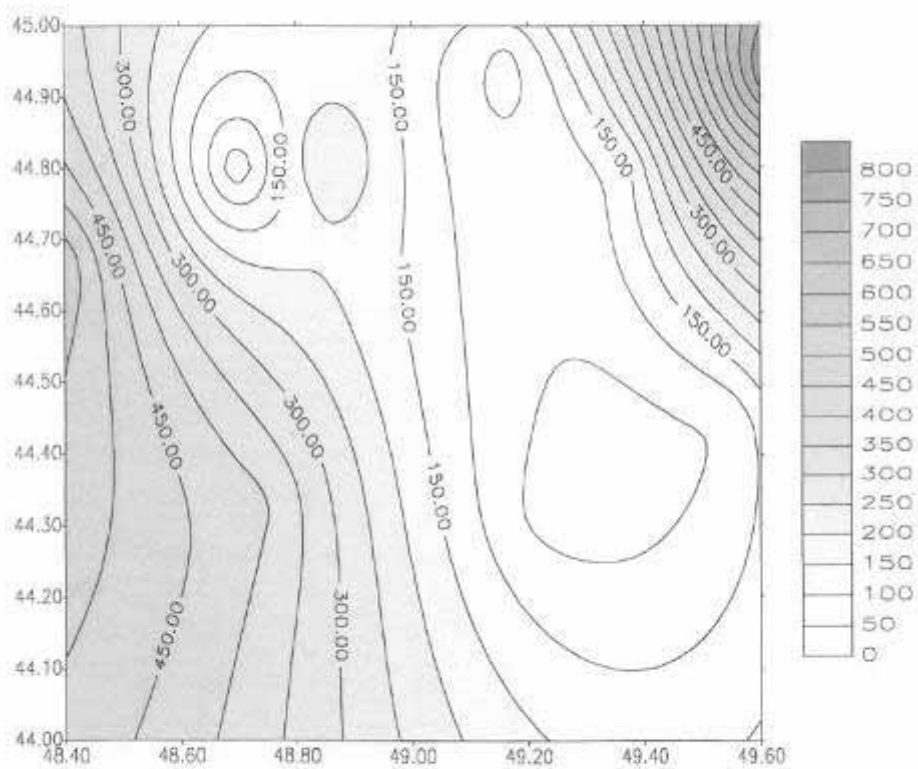


Рис. III.54 Распределение биомассы зообентоса ( $\text{г/м}^2$ ) на структуре "Хвалынская" в 1999 г.

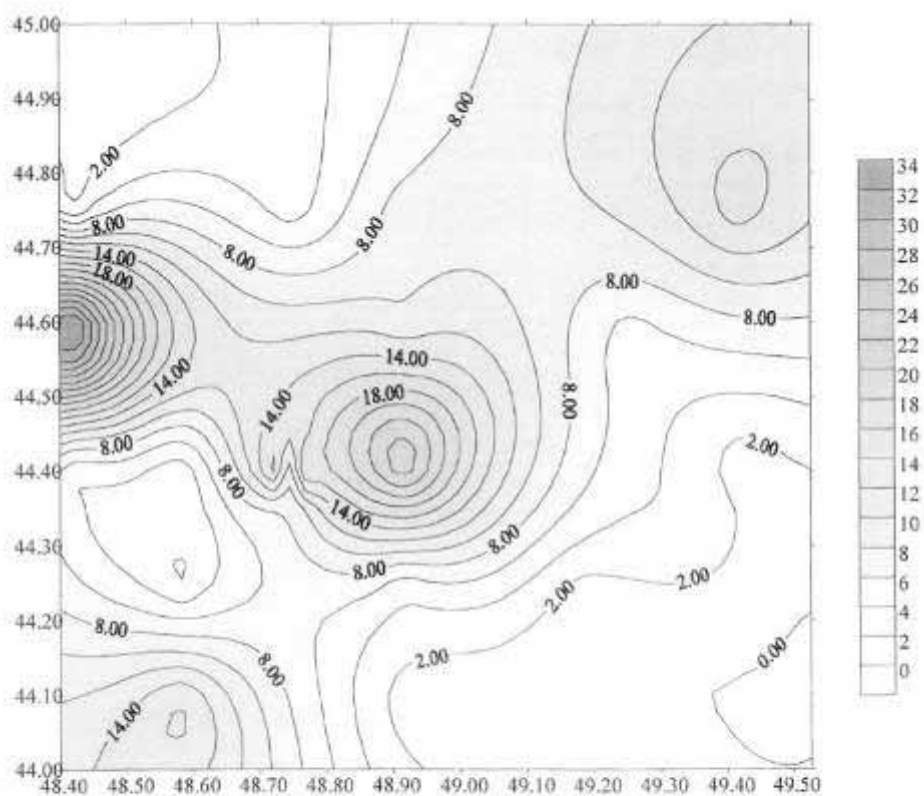


Рис. III.55      Распределение осетра ( экз/трал ) на структуре  
 “ Хвалынская ” в августе-сентябре 1998 года.

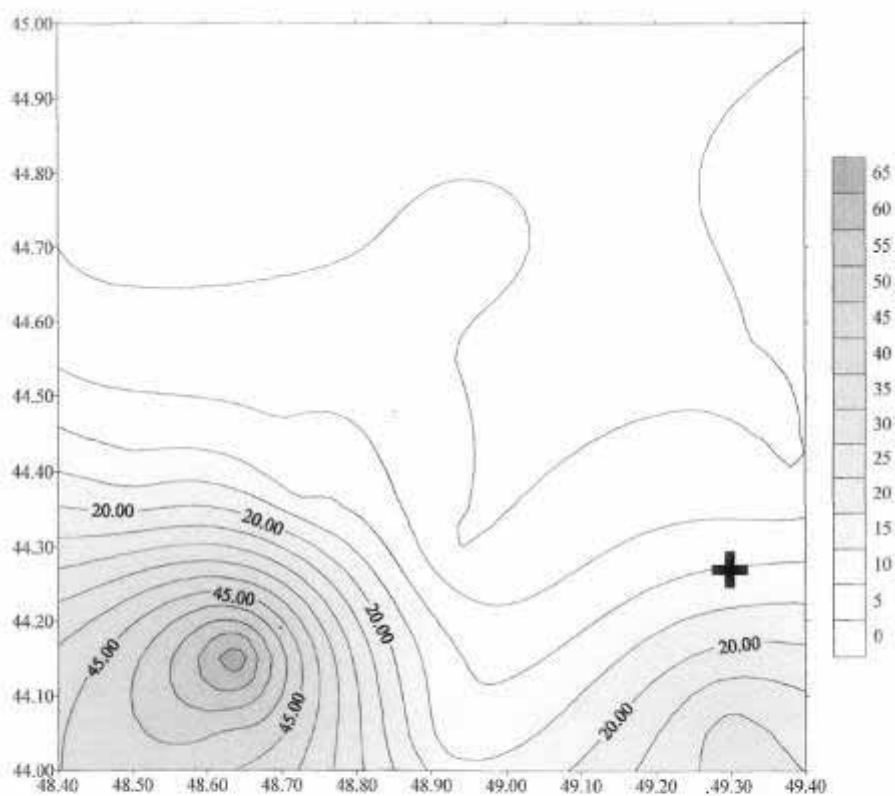


Рис. III.56      Распределение осетра ( экз/трал ) на структуре  
 “ Хвалынская ” в ноябре 1999 года.

видов. Так, в границах будущего полигона исследований на структуре “Хвалынской” в 1991-1995 гг. насчитывалось от 30 до 50 видов фитопланктона. При этом существенно возросла численность и биомасса мелких синезеленых (*Merismopedia*, *Gleocapsa*), зеленых (*Binuclearia lauterbornii*, *Scenedesmus quadricauda*) и диатомовых (*Melosira granulata*, *Diatoma elongatum*) водорослей.

В период стабилизации уровня моря на структуре “Хвалынская” число видов фитопланктона было подвержено резким колебаниям (от 16 видов в 1999 году до 108 видов в 2000 году), при этом площадь акватории, на которой были распространены пресноводные и солоноватоводные виды, уменьшилась. Следует отметить, что на основном полигоне, расположенном в глубоководной части структуры, видовой состав фитопланктона был относительно беден даже в 1991-1996 гг., когда в среднем здесь ежегодно отмечалось 6 видов водорослей (кроме *Rh. calcar-avis* и *Ex. cordata* регулярно встречались *Actinocyclus ehrenbergii*, *Exuviaella marina*). Интересно, что в период проведения буровых работ в пробах, отобранных вблизи платформы, было найдено 8 видов фитопланктона.

При проведении исследований на структуре “Хвалынская” в 1997-2000 гг. наиболее обильным фитопланктон был в весенний сезон. Так, в марте 1997 года зарегистрирована максимальная численность, а в марте 1998 года – максимальная биомасса фитопланктона (Таблица 3.6.1), которые формировались в основном за счет двух эндемичных видов *Rhizosolenia fragilissima* и *Exuviaella cordata*. Летом численность и биомасса фитопланктона была минимальной, в нем преобладали мелкие растительные клетки. От лета к осени численность фитопланктона на структуре “Хвалынская”, как правило, увеличивалась, но не намного, однако биомасса возрастала, порой весьма существенно, что было обусловлено доминированием в фитопланктоне в это время года крупной *Rhizosolenia calcar-avis*.

Как правило, численность и биомасса фитопланктона на структуре Хвалынская” были ниже, чем в среднем по Северному Каспию, а на самой исследуемой акватории они уменьшались в направлении с севера на юг (Рис. III.49 и III.50) так, что на основном полигоне фитопланктон всегда был менее обилен, чем в среднем на структуре “Хвалынская”. На основном полигоне в июне 2000 года, то есть после завершения бурения и испытания разведочной скважины, численность и биомасса фитопланктона оказалась ниже, чем в этом районе моря в 1991-1995 гг. (Рис. 3.6.1), однако, аналогичные по направленности и масштабу изменения состояния фитопланктона произошли на всей исследуемой акватории площадью около 5 тыс. км<sup>2</sup>, и потому связывать это явление с проведением буровых работ, воздействие которых на окружающую среду носит локальный характер, нет никаких оснований. Напомним, что тенденция уменьшения численности фитопланктона в это время наблюдалась на всем Северном Каспии (см. Раздел 3.2).

Таблица 3.6.1

Численность и биомасса фитопланктона на структуре  
“Хвалынская” в 1997-2000 гг.

Показатель	Март		Июнь		Ноябрь	
	1997	1998	1999	2000	1997	1999
Численность, млн.экз/м <sup>3</sup>	209,9	121,7	3,9	24,5	29,4	14,1
Биомасса, мг/м <sup>3</sup>	90,8	764,5	26,1	205,6	217,5	548,2

Продукционные исследования подтвердили, что на структуре “Хвалынская” в 1997-2000 гг. наиболее благоприятные условия для развития фитопланктона складывались весной (Рис. 3.6.2). Летом продукция фитопланктона снижалась, однако размах ее



колебаний на исследуемой акватории увеличивался. Осенью первичная продукция водорослей была почти в пять раз меньше, чем весной.

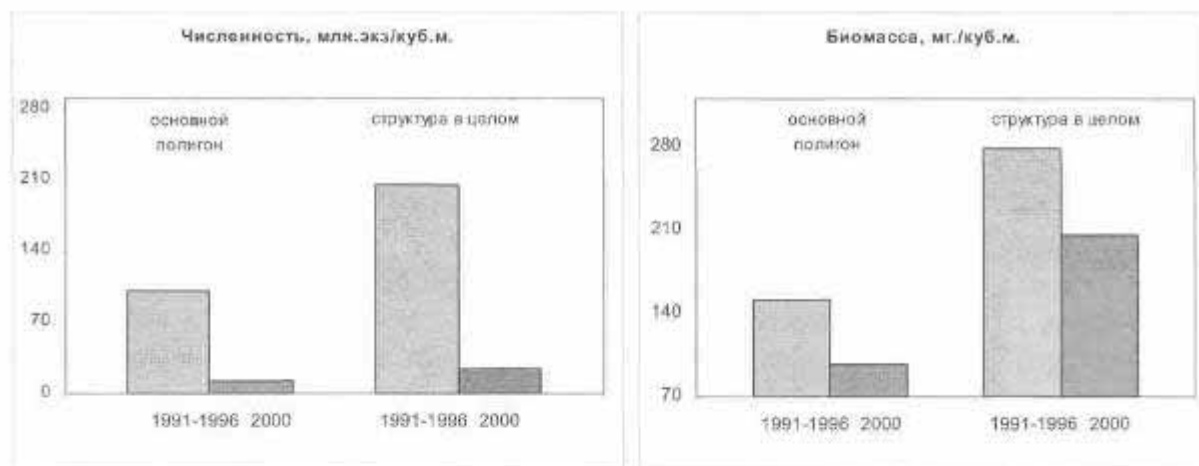


Рис.3.6.1. Распределение численности (млн.экз./куб.м.) и биомассы (мг./куб.м.) фитопланктона на структуре «Хвалынская».

Из сопоставления сезонных изменений фотосинтетической продукции с сезонной динамикой численности фитопланктона следует, что наибольший вклад в первичную продукцию структуры «Хвалынская» и, по-видимому, Северного Каспия в целом, вносят мелкие водоросли, составляющие основу кормовой базы зоопланктона. Этот вывод в свою очередь приводит к заключению, что при увеличении объема речного стока, способствующего развитию мелкоклеточных водорослей, возрастает поток энергии через пастбищную цепь северокаспийской экосистемы, а при уменьшении стока активизируется детритная пищевая цепь, первым звеном которой является не потребляемая фитофагами крупноклеточная ризоселения. Однако механизм, переключающий потоки энергии с одной цепи на другую, остается неизвестным, им может быть изменения солености или содержания и соотношения биогенных элементов.

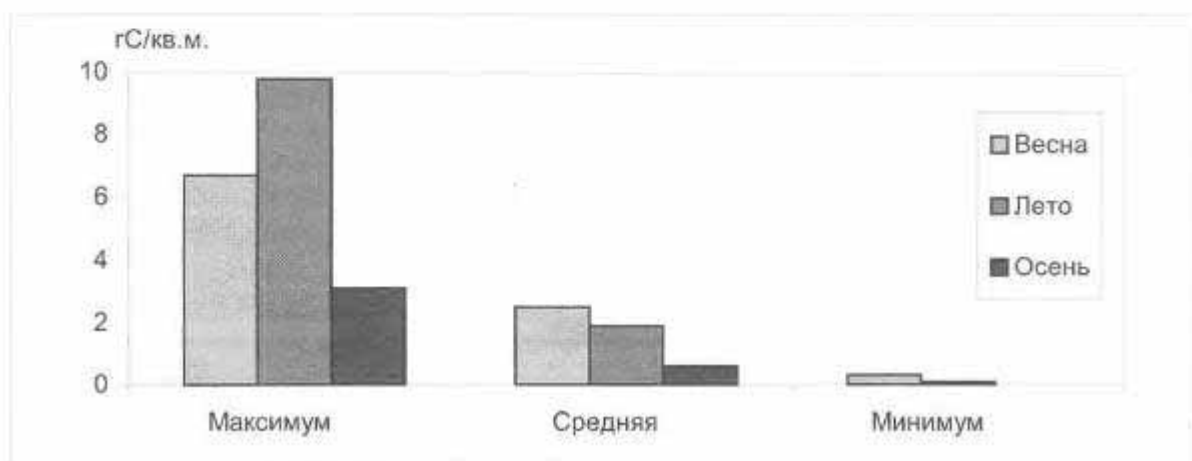


Рис.3.6.2. Продукция фитопланктона ( $\text{г С/м}^2$ ) на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Интересно, что концентрация фотосинтетических пигментов в морской воде оказалась наибольшей как раз в осенний период, когда в фитопланктоне доминировала *Rhizosolenia calcar-avis*. Весной и осенью концентрация фотосинтетических пигментов была в несколько раз ниже, чем осенью (Таблица 3.6.2). Из того, что продукция фитопланктона от весны к осени, наоборот, снижалась, следует, что фотосинтетический аппарат мелкоклеточных водорослей, преобладающих по численности в весне-летний период, действует более эффективно, чем у доминирующей осенью ризосолении.

Таблица 3.6.2

Концентрация фотосинтетических пигментов в морской воде  
на структуре "Хвалынская" в 1997-2000 гг.

Показатель	Март		Июнь		Ноябрь	
	1997	1998	1999	2000	1997	1999
Хлорофилл "а", мкг/л	0,30	0,16	0,28	0,40	1,47	1,40
Хлорофилл "b" ", мкг/л	0,10	0,10	0,11	0,20	0,10	0,20
Хлорофилл "с" ", мкг/л	0,20	0,15	0,27	0,24	0,40	0,41
Феопитин", мкг/л	0,80	0,93	0,22	0,55	0,7	1,95
Каратиноиды", мкг/л	0,80	0,86	0,33	0,30	1,20	1,47

Основным фактором формирования видового состава зоопланктона на структуре "Хвалынская" является речной сток. Последний, как известно, испытывает значительные межгодовые и сезонные колебания, которые отражаются на видовом составе зоопланктона. В маловодные годы и в межень на структуре "Хвалынская" видовое разнообразие планктонных животных невелико, в их сообществе преобладают морские и эвригалинные копеподы. В многоводные годы и в половодье в зоопланктоне богато представлены пресноводные и солоноватоводные коловратки и ветвистоусые. Нередко в зоопланктоне на структуре "Хвалынская" можно встретить также личинок моллюсков и баянуса. В относительно бедном по видовому составу зоопланктоне насчитывается 15-20 видов, в относительно богатом – 35-40 видов животных. На динамику видового состава зоопланктонного сообщества определенное влияние оказывают также сезонные изменения температуры воды, так как организмы коловратко-клагоцерного комплекса более теплолюбивы, чем копеподы.

Температура воды, обилие пищи и выедание хищниками являются основными факторами, определяющими массовое развитие зоопланктона Северного Каспия (см. Раздел 1.2). В период исследований на структуре "Хвалынская" наименьшая биомасса зоопланктона была зарегистрирована ранней весной 1998 года (Таблица 3.6.3). Наблюдавшееся увеличение численности и биомассы зоопланктона в летний сезон происходило в основном за счет пресноводных видов. Наиболее обильным по биомассе и численности зоопланктон на структуре "Хвалынская" был осенью, когда самой массовой группой были веслоногие рачки. В отличие от других районов Северного Каспия, испытывающих более сильное влияние пресноводного стока, чем структура "Хвалынская", на исследуемой акватории во все сезоны годы по численности и биомассе преобладали морские и эвригалинные копеподы, доминирующим видом среди которых, как правило, был сравнительно недавно появившийся на Каспии рачок *Acartia clausi*.

Таблица 3.6.3

Численность и биомасса зоопланктона на структуре  
“Хвалынская” в 1997-2000 гг.

Показатель	Март		Июнь		Ноябрь	
	1997	1998	1999	2000	1997	1999
Численность, тыс. экз/м <sup>3</sup>	3,0	0,3	13,9	8,3	9,6	22,6
Биомасса, мг/м <sup>3</sup>	33,7	1,6	85,2	43,7	85,8	157,7

Пространственная изменчивость обилия зоопланктона на структуре “Хвалынская” характеризовалась низкими значениями численности и биомассы в центральном районе исследуемой акватории (Рис. III.51 и III.52). При этом средняя по всей структуре биомасса зоопланктона была, как правило, в 2-3 раза ниже, чем на Северном Каспии в целом.

В период исследований средняя численность и биомасса зоопланктона на основном полигоне были ниже, чем в среднем на всей структуре, что не может быть следствием проведения буровых работ, так как аналогичная картина наблюдалась на исследуемой акватории и в предыдущие годы (Рис. 3.6.3), когда эти работы не проводились. Скорее это связано с расположением основного полигона на границе Северного и Среднего Каспия, где влияние среднекаспийских вод на формирование гидробиологического режима структуры “Хвалынская” наиболее велико.

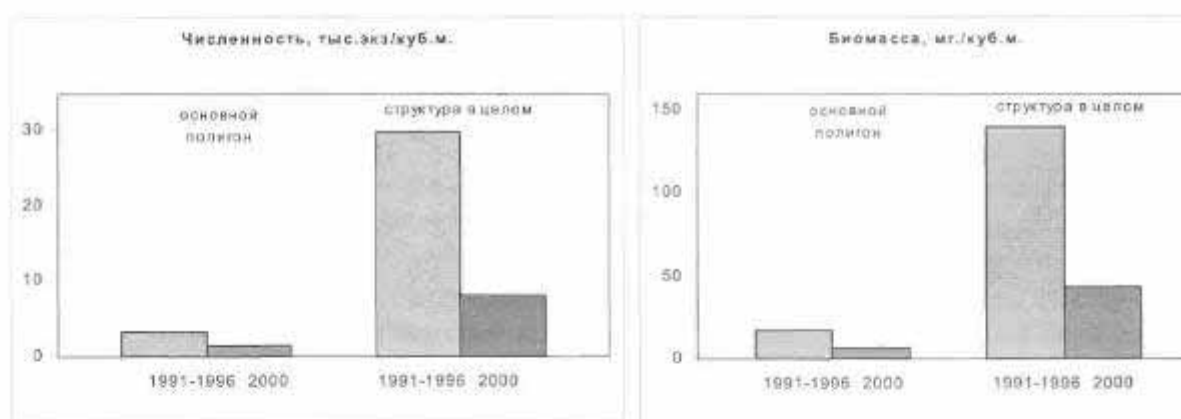


Рис.3.6.3. Распределение численности (тыс.экз./куб.м.) и биомассы (мг./куб.м.) зоопланктона на структуре «Хвалынская»

Этим же влиянием, по-видимому, объясняется и относительная бедность видового состава зоопланктона на основном полигоне. В 1991-1996 гг. на акватории, где через несколько лет была установлена буровая платформа, в летнем планктоне в среднем насчитывалось 13 видов животных, тогда как на всей исследуемой акватории – 33 вида. В июне 2000 года на основном полигоне было зарегистрировано 14 видов зоопланктона, а на структуре “Хвалынская” в целом – 35 видов.

На изменения видового состава зообентоса на исследуемой акватории оказывают влияние межгодовые колебания водного стока. В многоводный период здесь получает развитие слабосоленоватоводная и соленоватоводная фауна, а в маловодные годы – морские виды, в основном, средиземноморского комплекса. Следует отметить, что морская фауна на структуре “Хвалынская” во все годы представлена более богато, чем соленоватоводная. Более того, в маловодные 1975-1977 гг. здесь наблюдалось увеличение



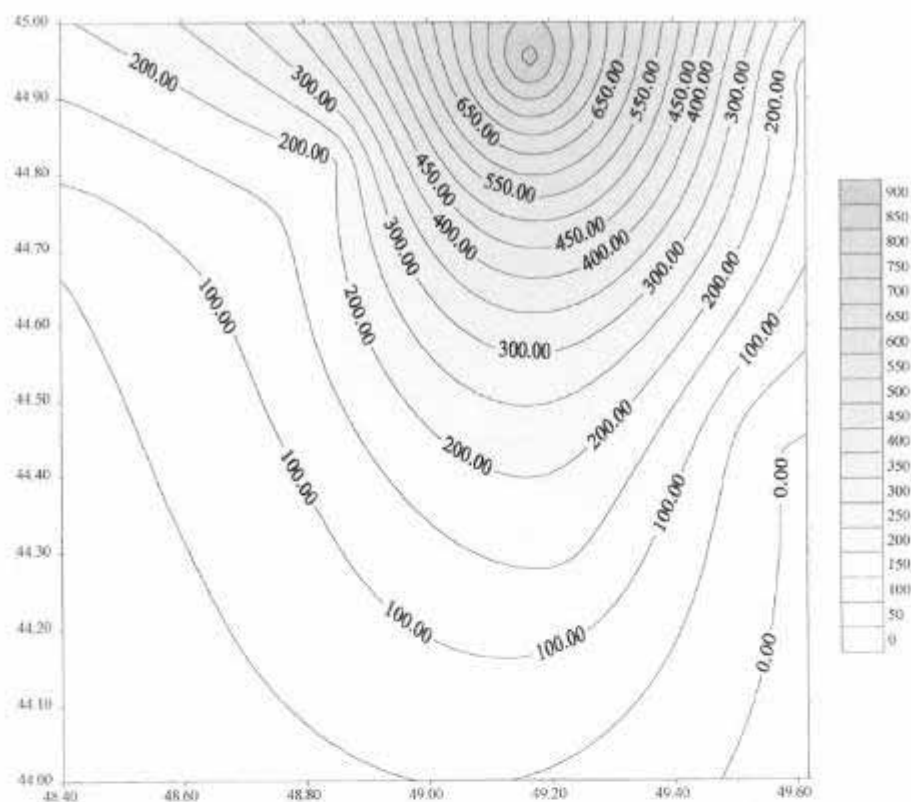


Рис. III.49 Распределение биомассы фитопланктона ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) на структуре "Хвалынская" в 1997 году.

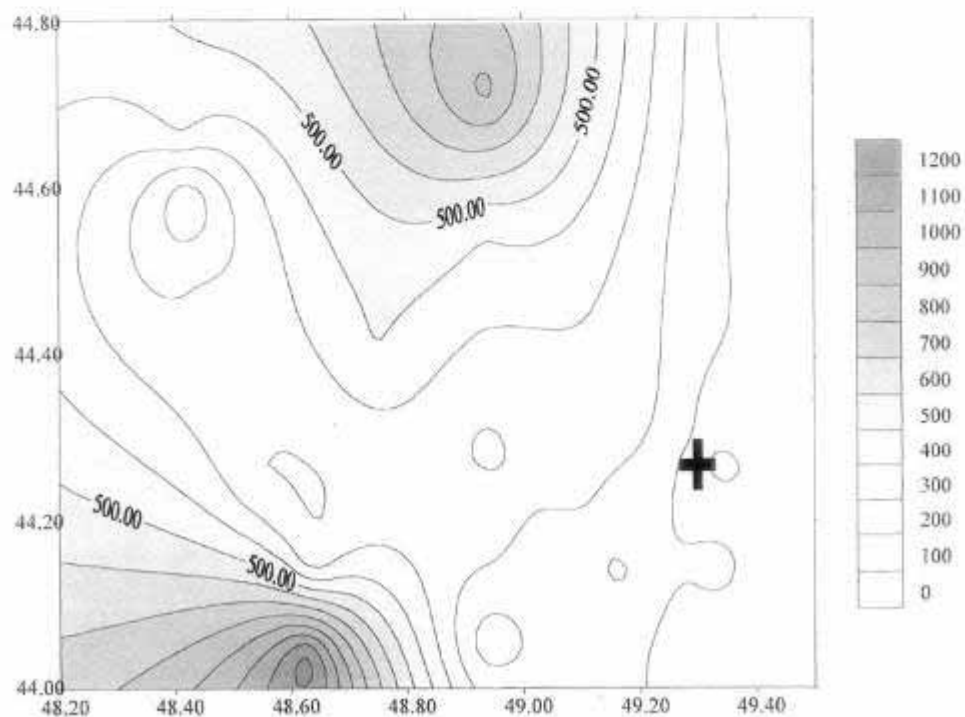


Рис. III.50 Распределение биомассы фитопланктона ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) на структуре "Хвалынская" в июне 2000 года.

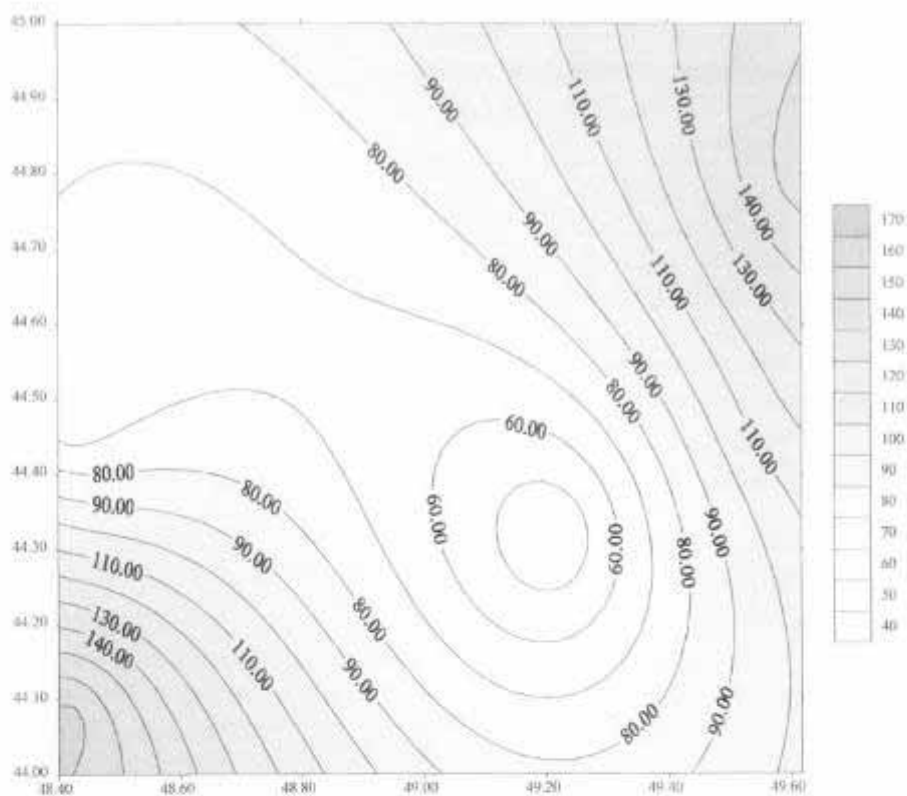


Рис. III.51 Распределение биомассы зоопланктона ( $\text{мг/м}^3$ ) на структуре "Хвалынская" в 1997 году.

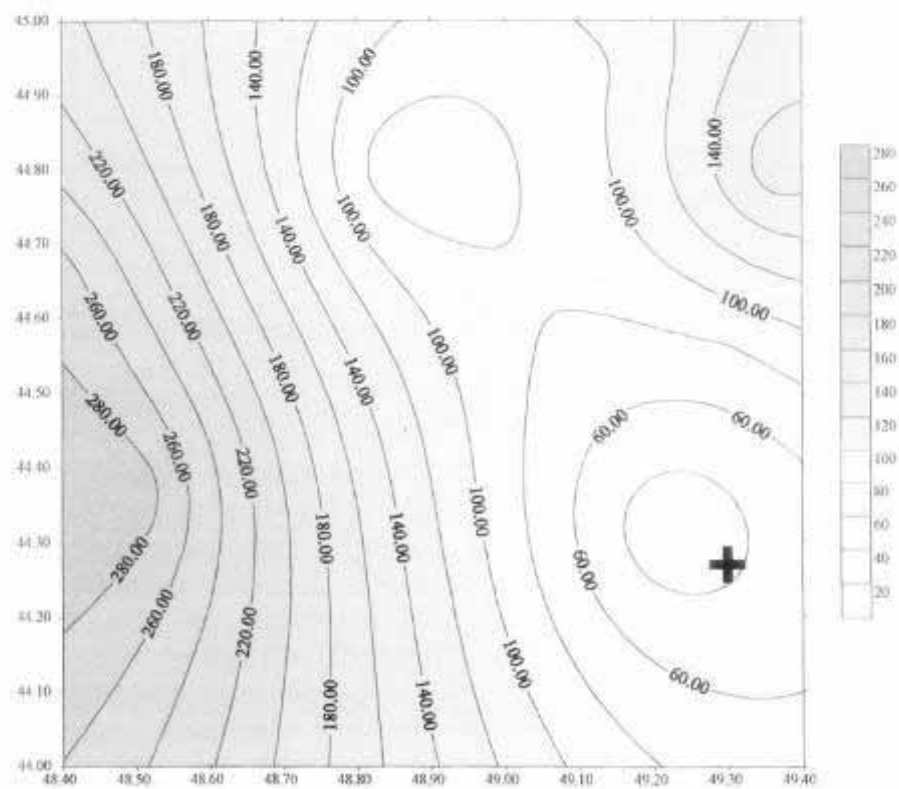


Рис. III.52 Распределение биомассы зоопланктона ( $\text{мг/м}^3$ ) на структуре "Хвалынская" в 1999 году.

видового разнообразия донной фауны (до 40-45 видов против 25-30 в предыдущие годы) именно за счет видов морского комплекса.

Как показывают исследования, проведенные на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг., среднекаспийским водам принадлежит ведущая роль в формировании и биомассы бентоса на структуре «Хвалынская». Весной они приносят на исследуемую акваторию огромное количество личинок морских моллюсков, которые, оседая на дно, создают летом и осенью большие скопления (Таблица 3.6.4). При этом доминирующее положение по численности и биомассе занимают *Mytilaster lineatus* и *Dreissena rostriformis*, кормовое значение которых для рыб-бентофагов невелико.

Таблица 3.6.4

Численность и биомасса зообентоса на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Показатель	Март		Июнь		Ноябрь	
	1997	1998	1999	2000	1997	1999
Численность, тыс.экз/м <sup>2</sup>	4,9	5,9	0,8	8,9	10,9	2,3
Биомасса, г/м <sup>2</sup>	90,0	112,0	295,3	122,6	205,4	41,2

Численность и биомасса зообентоса на структуре «Хвалынская» была в 2-3 раза выше, чем на Северном Каспии в целом. Анализ пространственной изменчивости биомассы зообентоса показал, что ее наибольшие значения, как правило, наблюдаются в западной части исследуемой акватории (Рис. III.53 и III.54). На основном полигоне в период проведения исследований биомасса зообентоса была ниже, чем в среднем по структуре, что не является следствием воздействия буровых работ на донную фауну, так как ее пространственное распределение в предыдущие годы носило аналогичный характер (Рис. 3.6.4). Более того, если на всей исследуемой акватории в июне 2000 года численность и биомасса зообентоса оказалась ниже, чем до проведения буровых работ, то на основном полигоне в непосредственной близости от буровой платформы, они, наоборот, повысились. Интересно также и то, что в июне 2000 года на структуре «Хвалынская» наблюдалось максимальное за последние 30 лет видовое разнообразие донной фауны, в составе которой было найдено 64 вида животных.

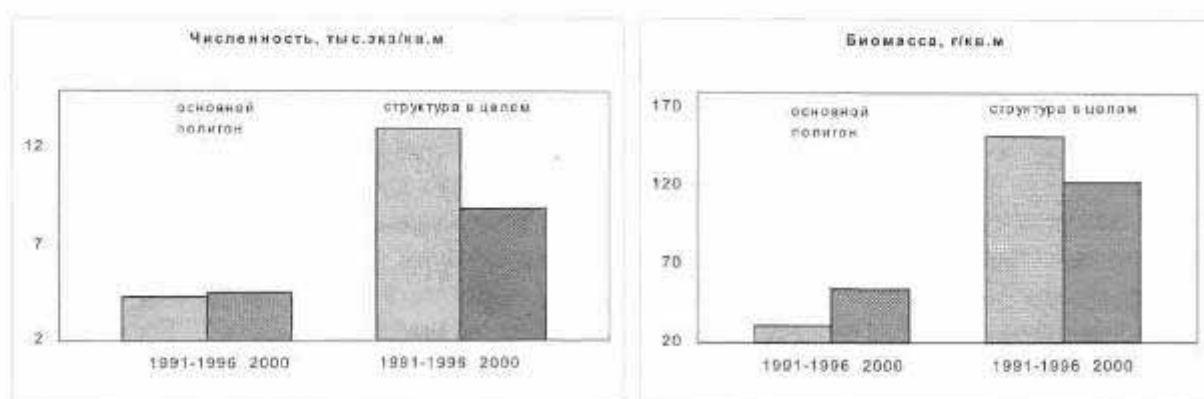


Рис. 3.6.4 Распределение численности (тыс.экз/кв.м) и биомассы (г/кв.м) зообентоса на структуре «Хвалынская»

Исследования нейстона на структуре «Хвалынская», проведенные в 1999-2000 году, показали, что его растительный и животный мир очень беден как качественно, так и

и количественно. Специфических видов, свойственных только этому сообществу, не обнаружено. Как правило, в составе нейстона представлены виды, имеющие массовое развитие в планктоне, в частности по биомассе здесь также доминировали *Rhizosolenia calcar-avis* и *Acartia clausi*. Наибольшая биомасса нейстона наблюдалась в июне 2000 года, когда концентрация растительных клеток составила 2,7 мг/м<sup>3</sup>, а животных организмов – 1,1 мг/м<sup>3</sup>. Существенного различия по видовому составу, численности и биомассе нейстона между всей исследуемой акваторией и основным полигоном не было установлено.

Основная цель гидробиологических исследований на структуре “Хвалынская” заключалась в оценке воздействия буровых работ, проводившихся здесь в 1999-2000 году, на морскую флору и фауну. Полученные результаты показывают, что изменения видового состава, численности и биомассы растительных и животных организмов в водной толще и на дне исследуемой акватории в основном определяются природными факторами, среди которых главную роль играют речной сток и адвекция среднекаспийских вод.

Судя по уровню первичной продукции, видовому составу фито- и зооценоза, структуру “Хвалынская” следует отнести к олиго- и мезотрофным водам. Динамика гидробиологических показателей на основном полигоне, где проводилось разведочное бурение, не отличалась от таковой на всей исследуемой акватории за одним исключением, каковым было зарегистрированное увеличение видового состава и биомассы зообентоса в районе постановки СПБУ.

Таким образом, какого-либо угнетающего воздействия буровых работ на биологические сообщества моря не выявлено, что указывает на высокую экологическую эффективность использовавшейся при их проведении технологии “нулевых” сбросов.