

источником поступления хлорированных углеводородов в Каспийское море в настоящее время являются атмосферные осадки и трансграничный перенос ХОС, увеличение содержания металлов в морской воде, по-видимому, обусловлено повышением их миграционной активности в связи с расширением масштаба распространения гипоксии, а повышение содержания «нефтяных» (биядерных и аликированных) ПАУ связано с активизацией на Каспии морской деятельности в целом. Впервые выявлен устойчивый характер загрязнения морских вод ртутью, основным источником которой, по-видимому, является подземный сток.

Следует отметить, что установленные изменения концентрации индивидуальных загрязняющих веществ в морской воде и донных отложениях, как правило, не выходили за пределы нормативов, определяющих качество морской среды в рыбохозяйственных водоемах (за исключением НУ, фенолов, Hg, Fe и Cu).

В заключение еще раз хотелось бы подчеркнуть, что, несмотря на тщательный и беспристрастный анализ загрязненности морской среды в районе проведения буровых работ, нами не было выявлено ни одного факта, указывающего на сброс буровых отходов, на хотя бы отдаленную связь состояния химического загрязнения морских вод и донных отложений с проведением изыскательских и геолого-разведочных работ на структуре «Хвалынская».

### **3.5 Токсикологическое состояние и микробиологические условия морской среды**

Развитие новых промышленных технологий неуклонно приводит к расширению спектра химических веществ поступающих в водную среду, в том числе, Мировой океан. Оценка загрязненности природных вод химико-аналитическими методами позволяет определить степень антропогенной нагрузки на водные экосистемы, но ответная реакция биологических сообществ на загрязнение воды, носящее комплексный характер, при этом остается неопределенной. В связи с этим в последние годы широкое распространение получили биологические методы мониторинга окружающей среды, призванные дать интегральную оценку загрязнения водоемов и его воздействия на различные уровни биологической организации.

Для оценки токсичности воды, обусловленной присутствием в ней токсичных (то есть вредных, патогенных, смертельно опасных) для водной биоты загрязняющих химических веществ используется биотестирование (Никаноров и др., 2000). Его основными преимуществами по сравнению с другими методами контроля качества природных вод являются высокая чувствительность, позволяющая выявлять даже начальные (еще обратимые) изменения в состоянии живых существ в ответ на незначительные отклонения параметров среды от фоновых уровней, и универсальность, позволяющая выявлять последствия самых различных типов естественных и антропогенных воздействий на различные виды живых организмов. Собственно, благодаря этим преимуществам, биотестирование морских вод и донных отложений было включено в программу ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская».

В качестве тест-организмов использовали коловратку *Brachionus plicatilis* и жаброногого ракообразного *Artemia salina* в соответствии с требованиями как отечественных (Методические рекомендации, 1992), так и зарубежных стандартов («Toxkit») в области водной токсикологии. Токсичность морских вод и элюатов грунта оценивалась по показателю «смертность» (% гибели) тест-организмов при 24-часовой инкубации в стандартных тест-платах, входящих в состав наборов «Toxkit». Для контроля чувствительности тест-организмов использовали раствор стандартного токсиканта - бихромата калия. Оценка токсичности морских вод проводилась в пробах, отобранных во все

съемки, за исключением первой, а донных отложений – только в пробах, отобранных в 1999-2000 гг. (НТО «Экологические исследования качества вод», 1998-2000).

По данным ведомственного экологического мониторинга самая высокая токсичность морской воды на акватории структуры «Хвалынская» была зарегистрирована в сентябре 1998 года (при использовании в качестве тест-организма *A.salina*). Смертность артемии в пробах, отобранных в поверхностном слое воды, в среднем составила 24,4%, а в пробах, отобранных в придонном слое, она была еще выше (27,2%). В отдельных пробах морской воды, отобранных в это время, была зафиксирована острая токсичность, когда гибель тест-организмов при инкубации превышала 50%. К сожалению, отбор проб на химический анализ в эту съемку не проводился, поэтому причины, вызвавшие ухудшение качества воды, установить не удалось. В связи с этим данные биотестирования, полученные в сентябре 1998 года, были исключены из последующего анализа, но следует отметить, что максимальная токсичность морских вод наблюдалась до начала буровых работ на структуре «Хвалынская».

Анализ материалов, характеризующих токсикологическое состояние морской среды (после исключения из них данных, отмеченных выше) показывает, что наибольшая токсичность морских вод на структуре «Хвалынская» была зарегистрирована в поверхностном слое в июле 1999 года (при использовании в качестве тест-организма *A.salina*) и в этом же слое в апреле 2000 года (при использовании в качестве тест-организма *B.plicatilis*). На основном полигоне наибольшая в среднем токсичность морской воды была зафиксирована в апреле 2000 года в поверхностном слое по результатам двух биотестов (Таблица 3.5.1). Рассчитанный для каждой из этих съемок средний уровень выживаемости тест-организмов указывает на слабое хроническое токсическое действие морской воды. Пробы морской воды, отобранные на структуре «Хвалынская» в декабре 1999 года, не оказывали токсического воздействия на тест-организмы. Токсичность морской воды в ноябре 1997 года и в марте 1998 года была либо слабой, либо вообще не ощутимой (лишь в отдельных пробах в это время удалось зарегистрировать токсическое воздействие, оцениваемое как хроническое).

Анализ временной изменчивости показателей токсичности морской воды позволяет сделать вывод, что оба вида тест-организмов реагируют на изменение токсикологической обстановки одинаковым образом, хотя определенные различия в выживаемости коловраток и рачков можно проследить. В целом личинки *Artemia salina* оказались более чувствительными к комплексному загрязнению морских вод на структуре «Хвалынская». Пространственная изменчивость выживаемости тест-организмов в пробах морской воды также обнаруживает сходство реакции *A.salina* и *B.plicatilis* на изменения токсичности морской среды, что особенно ярко проявилось на картах пространственного распределения показателей токсичности в поверхностном слое морской воды на структуре «Хвалынская» в июле 1999 года (Рис. III.33 III.34).

Эти карты также показывают, что наиболее высокая токсичность морской воды была приурочена к фронтальной зоне, т. е. к месту контакта распресненных и соленых морских вод, обозначенной сгущением изогалин. Напомним, что в этой зоне по данным ведомственного экологического мониторинга было зафиксировано также повышенное содержание тяжелых металлов (см. Раздел 3.4). Распространение гидрологических фронтов, вообще являющихся аккумуляторами морских загрязнений (Динамика и прогноз, 1985), на структуру «Хвалынская», по-видимому, способствует ухудшению здесь токсикологической обстановки. Так, наиболее высокая смертность тест-организмов была зафиксирована в пробах морской воды, отобранных в те съемки (июль 1999 года и апрель 2000 года), когда фронтогенез на структуре «Хвалынская» носил наиболее ярко выраженный характер.

Несмотря на отмеченное сходство реакции выбранных тест-организмов на комплексную загрязненность акватории структуры «Хвалынская», в ряде случаев удалось выявить их избирательную реакцию на индивидуальные загрязняющие вещества. Так, в

вещества. Так, в марте 1998 года пространственное распределение выживаемости личинок *A.salina* совпало с пространственным распределением нефтяных углеводородов (Рис. III.35), а распределение выживаемости коловраток *B.plicatilis* - с распределением ртути в морской воде (Рис. III.36).

Таблица 3.5.1

Показатели токсичности морской воды на структуре  
«Хвалынская» в 1997-2000 гг

Показатель	Гори- Зонт	Месяц, год				
		11.1997	03.1998	07.1999	12.1999	04.2000
Структура в целом						
Гибель <i>Artemia salina</i> , %	0	6,7	5,5	20,6	1,0	19,9
	Дно	10,3	4,4	16,6	1,0	16,9
Гибель <i>Brachionus plicatilis</i> , %	0	4,7	8,9	13,6	1,0	18,0
	Дно	5,9	9,3	9,4	1,0	14,2
Основной полигон						
Гибель <i>Artemia salina</i> , %	0	6,9	6,8	16,7	0	20,8
	Дно	11,1	4,3	4,2	0	15,8
Гибель <i>Brachionus plicatilis</i> , %	0	4,6	10,9	18,3	0	18,4
	Дно	5,7	11,1	13,4	0	13,3

Смертность *A.salina* в пробах морской воды, отобранных в 1999-2000 гг. в поверхностном слое на основном полигоне, оказалась в среднем выше, чем в 1997-1998 гг., незначительно перейдя порог (10%), который указывает на достоверно выраженную токсичность проб (Рис. 3.5.1). В придонном слое смертность *A.salina*, наоборот, уменьшилась, что свидетельствует о том, что пробы, отобранные в этом слое, в среднем не обладали токсичностью. Незначительное ухудшение токсикологической обстановки на основном полигоне в период проведения на нем буровых работ, на наш взгляд, не связано с воздействием последних на морскую среду, поскольку одновременно оно произошло на всей структуре «Хвалынская», где это воздействие не могло ощущаться в связи с большой площадью акватории.

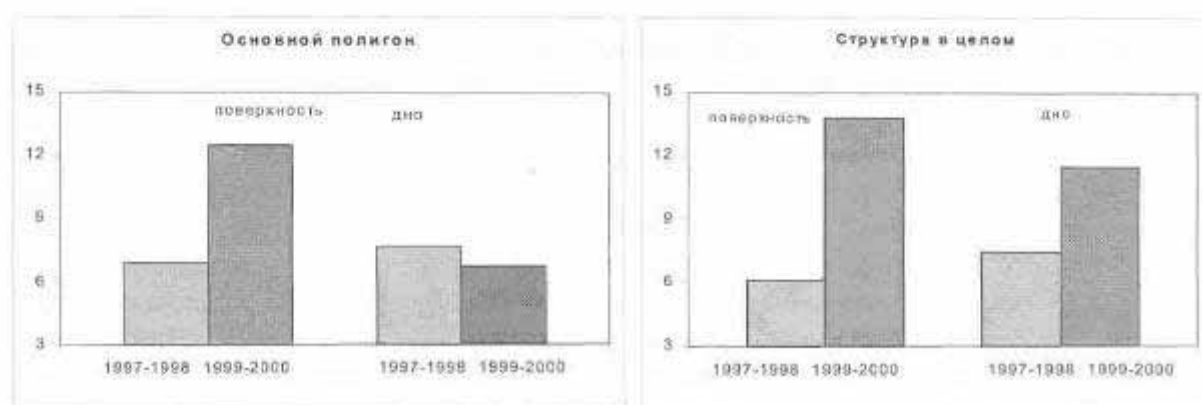


Рис. 3.5.1. Показатель токсичности (гибель *A. Salina*, %) морской воды на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Очевидно, что причиной этого ухудшения было воздействие более мощных факторов, определяющих баланс загрязняющих веществ в Северном Каспии и (или) их распространение на район исследований. Свидетельством тому является то, что на всей структуре «Хвалынская» увеличение смертности *A.salina* наблюдалось в пробах морской воды, отобранных не только в поверхностном, но и придонном слое (Рис. 3.5.1). Вообще, судя по характеру пространственного распределения смертности тест-организмов, адвекция вод различного происхождения вносит немалую лепту в динамику токсичности морской среды на исследуемой акватории (Рис. III.37 и III.38).

Динамика токсичности морской воды на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг. по данным биотестов с коловратками *B.plicatilis* в целом была аналогична той, что выявлена при использовании в качестве тест-организма *A.salina*. Отличие заключалось только в том, что в 1997-1998 гг. смертность *B.plicatilis* была несколько выше, чем смертность *A.salina*, а в 1999-2000 гг., наоборот, ниже. По данным биотестирования с *B.plicatilis* на основном полигоне и исследуемой акватории в целом также наблюдалось некоторое ухудшение токсикологической обстановки, но оно не коснулось придонного слоя морской воды, где смертность коловраток в среднем не превышала 10%, допустимых в контроле (Рис. 3.5.2).

Незначительное ухудшение токсикологической обстановки на структуре «Хвалынская» в 1999-2000 гг. по сравнению с 1997-1998 гг. по своим масштабам вполне сопоставимо с установленным по данным химического анализа увеличением содержания в морской воде ПАУ, ТМ и ХОС, которое также было едва ощутимым (см. Раздел 3.4) и не вышло за пределы установленных для рыбохозяйственных водоемов нормативов качества воды.

По данным биотестирования донных отложений с использованием в качестве тест-организма *A.salina* уровень токсичности, превышающий контрольный, был зарегистрирован только в декабре 1999 года, при этом токсическое воздействие проб донных отложений на личинки *A.salina* в среднем оценивалось как слабое хроническое. Сильное хроническое (в среднем) и острое токсическое (в отдельных пробах) воздействие донных отложений на тест-организмы было зафиксировано в экспериментах с *B.plicatilis* в июле 1999 года (Таблица 3.5.2).

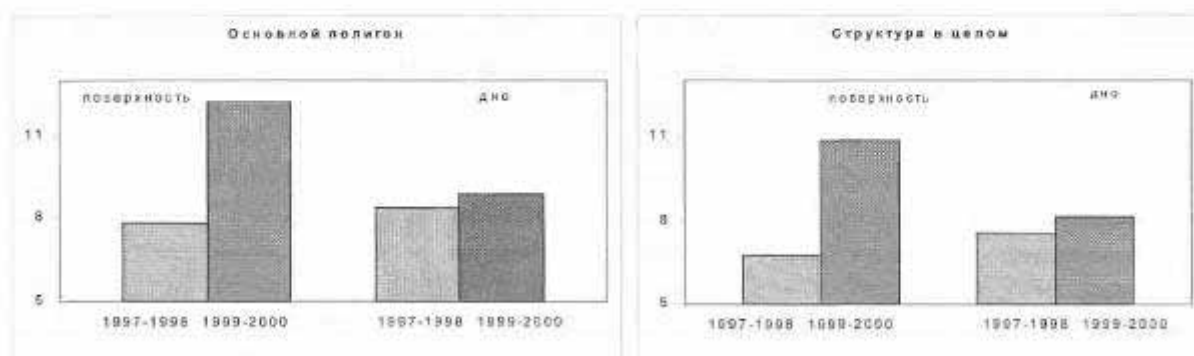


Рис. 3.5.2. Показатель токсичности (гибель *B. plicatilis*, %) морской воды на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

В пробах донных отложений, отобранных в последующие съемки, уровень токсичности постепенно снижался. Особенно ярко то и другое проявилось на основном полигоне, однако, как показывает анализ пространственной изменчивости показателей токсичности в донных отложениях на структуре «Хвалынская», наиболее высокая смертность *B.plicatilis* была зарегистрирована далеко за пределами этого полигона



(Рис. III.39 и III.40). Следовательно, считать что ее причиной было проведение буровых работ нет никаких оснований. Мы полагаем, что различие в уровне и динамике реакции тест-организмов на загрязнение донных отложений обусловлено большей чувствительностью *B.plicatilis* к воздействию тяжелых металлов, концентрация которых в поверхностном слое донных осадков на основном полигоне была выше, чем на структуре в целом, при этом ей также была свойственна тенденция к снижению (см. Раздел 3.4).

Таблица 3.5.2

Динамика показателей токсичности донных отложений на структуре  
«Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Район Наблюдений	Месяц, год			Средняя за 1999-2000 гг.
	Июль 1999 г.	Декабрь 1999 г.	Апрель 2000 г.	
Гибель <i>Artemia salina</i> , %				
Основной полигон	2,5	14,0	4,1	6,9
Структура в целом	5,2	12,5	2,1	6,6
Гибель <i>Brachionus plicatilis</i> , %				
Основной полигон	30,0	17,5	5,0	17,5
Структура в целом	12,7	13,7	2,5	9,6

В целом результаты биотестирования морской среды на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг. указывают на ее удовлетворительное качество для гидробионтов. Отмечена слабая тенденция ухудшения качества в пробах морской воды и улучшения - в пробах донных отложений. В среднем уровень токсичности проанализированных проб был ниже допустимого в контроле (или близким к нему). Какой-либо связи хронического или острого токсического воздействия отдельных проб на тест-организмы с проведением буровых работ не было установлено. Результаты биотестирования и данные химических анализов, хорошо дополняя друг друга, свидетельствуют о том, что источники загрязнения исследуемой акватории находятся за ее пределами. В их качестве могут выступать как распресненные, так и соленые водные массы, поступающие на структуру «Хвалынская», либо наличие на ее акватории гидрологических фронтов, разделяющих эти водные массы.

Программой ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская» предусматривалось определение в морской воде общей численности и биомассы бактерий, поскольку бактериальная продукция играет одну из главных ролей в функционировании экосистемы Каспийского моря, на что было указано еще Л.А.Зенкевичем (Зенкович, 1963). По литературным данным (Каспийское море, 1985; Салманов, 1987; Салманов, 1999, Иванов, Сокольский, 2000) в северной части Каспия общая численность бактерий изменяется в пределах от 5 тысяч до 5 миллионов клеток в 1 см<sup>3</sup>, а биомасса от 1 мг/л до 1 мкг/л, что говорит о высоком трофическом статусе северокаспийской экосистемы.

Наряду с общей численностью бактерий в морской воде определялась численность некоторых физиологических групп микроорганизмов (сапрофитных, нефте- и фенолоксиляющих), обычно рассматриваемых в качестве индикаторов того или иного вида загрязнения. В то же время следует отметить, что вопрос об использовании нефтеоксиляющих микроорганизмов для оценки уровня нефтяного загрязнения Каспийского моря остается открытым. По данным Салманова М.А. их численность в морской воде изменяется в пределах от 100 до 10000 кл/мл, при этом она не превышает 10% численности сапрофитных микроорганизмов (Салманов, 1999). По другим данным численность нефтеоксиляющих микроорганизмов в водах Каспийского моря может достигать

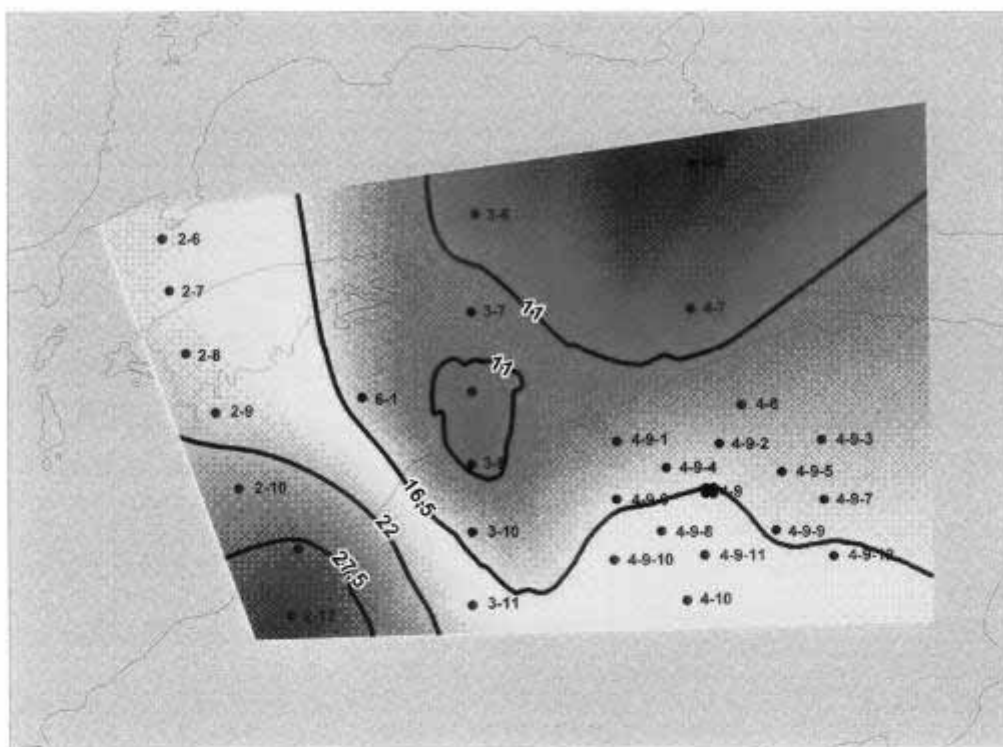


Рис. III.37 Распределение показателя токсичности (% гибели *A. salina*) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалынская" в апреле 2000 года.

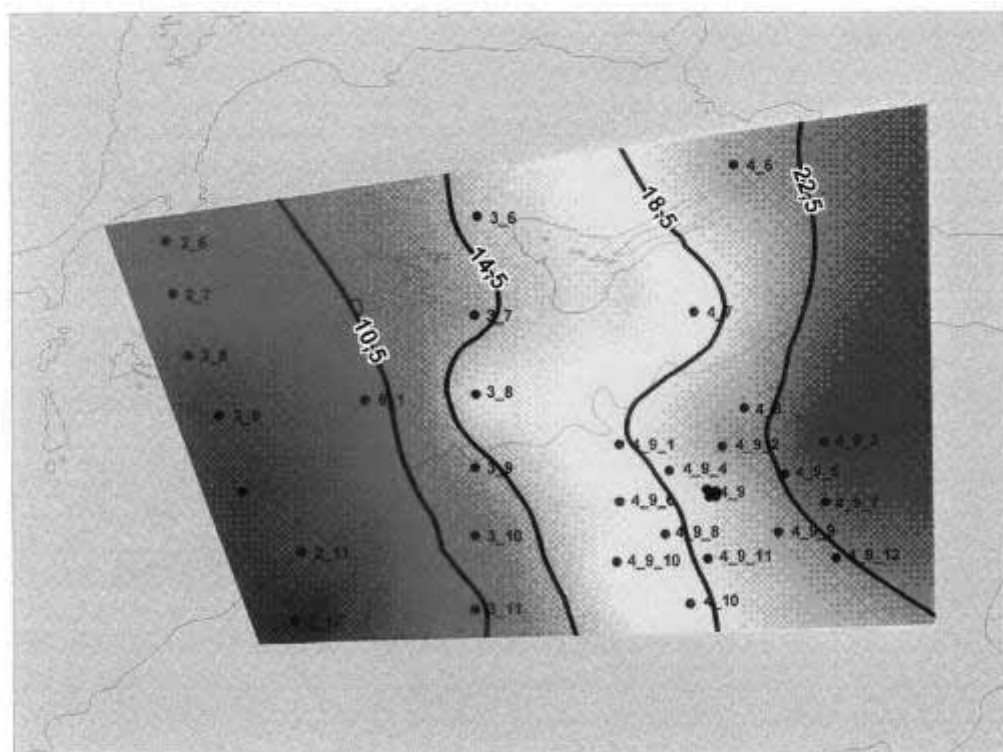


Рис. III.38 Распределение показателя токсичности (% гибели *A. salina*) в придонном слое воды на структуре "Хвалынская" в июле 1999 года.

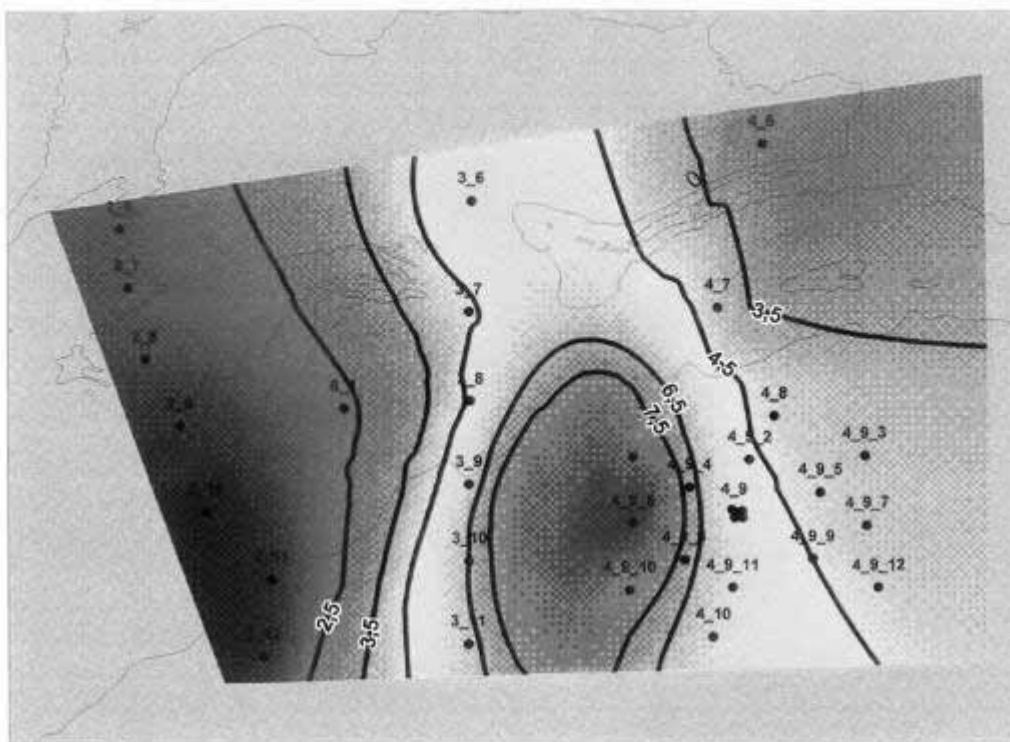


Рис. III.39      Распределение показателя токсичности (% гибели *A. salina*)  
в донных отложениях на структуре "Хвалынская"  
в июле 1999 года.

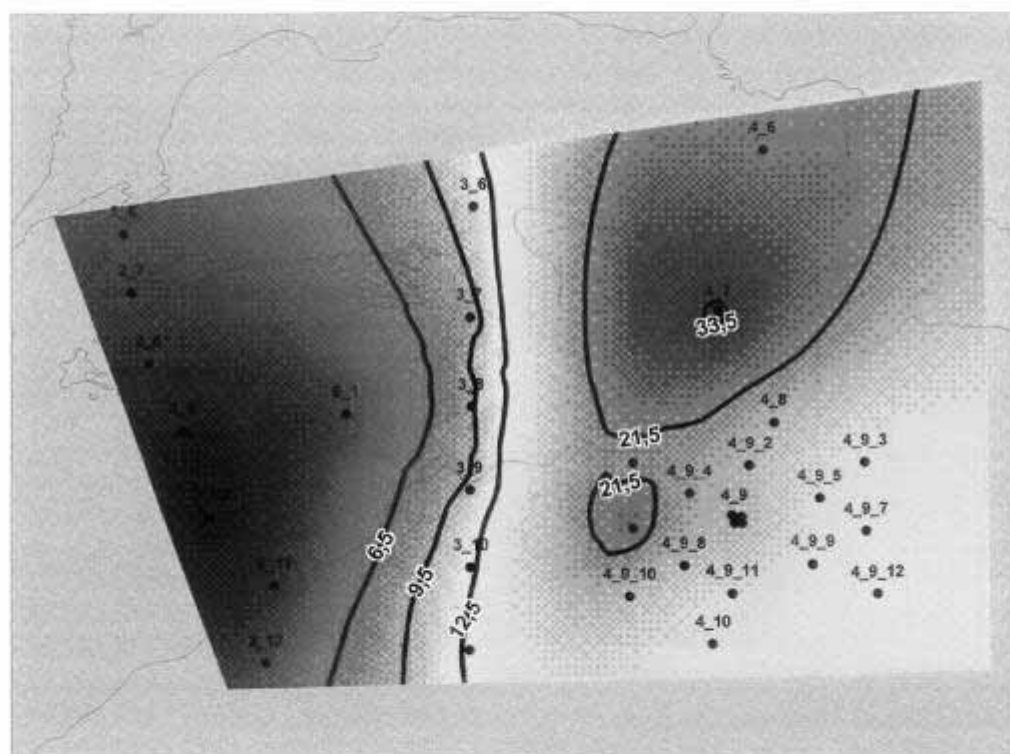


Рис. III.40      Распределение показателя токсичности (% гибели *B. plicatilis*)  
в донных отложениях на структуре "Хвалынская"  
в июле 1999 года.

100 и более тыс.кл/мл, превышая при этом численность гетеротрофов даже в открытой части моря, не подверженной нефтяному загрязнению (Каспийское море, 1985). Анализируя данные микробиологических исследований на структуре «Хвалынская» в 1997-1998 гг., авторы приходят к выводу об отсутствии корреляции между уровнем нефтяного загрязнения и численностью нефтеокисляющих микроорганизмов (Еремеева и др., 1999; Миталев, 1999). Несмотря на то, что дискуссия по этому вопросу еще не закончена, все ее участники едины в том, что микрофлора Каспийского моря достаточно хорошо приспособлена к присутствию углеводов в морской среде и активно использует их в качестве источника энергии и углерода.

Микробиологическими исследованиями на структуре «Хвалынская» был охвачен период с марта 1997 по апрель 2000 года. Всего было выполнено 6 съемок, их первые три - до начала буровых работ на структуре «Хвалынская», а остальные - в период их проведения (НТО «Выполнение работ по программе экологических исследований», 1997-2000). Поскольку результаты исследований, проводившихся до начала буровых работ, уже опубликованы (см. выше), то здесь они рассматриваются лишь по мере необходимости.

По данным ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская» общая численность и биомасса бактерий подвержена резким сезонным колебаниям (Таблица 3.5.3).

В летнее время, когда температурные и трофические условия благоприятствовали развитию микрофлоры, общая численность бактерий достигала нескольких млн.кл/мл, а биомасса почти 1мг/л (Рис. III.41). К началу зимы биомасса бактерий снижалась (Рис. III.42), а ранней весной, когда температура воды близка к минимуму, численность микроорганизмов не превышала 100 тыс.кл/мл. В летнее время пространственное распределение бактерий определялось трофическими условиями (Рис. III.44). В декабре 1999 года была обнаружена положительная связь распределения микрофлоры с концентрацией нефтяных углеводов в морской воде (Рис. III.43). В мелководных районах высокие значения общей численности и биомассы бактерий обычно наблюдались в поверхностном слое, в глубоководных районах - в слое термоклина, а при его отсутствии - в придонном слое. В связи с этим общая численность и биомасса бактерий в поверхностном слое на глубоководном основном полигоне была ниже, а у дна выше, чем в среднем на всей структуре.

Таблица 3.5.3

Общая численность и биомасса бактерий в морской воде  
на структуре «Хвалынская» в 1999-2000 гг.

Показатель	Гори- зонт	Месяц, год			Средняя 1999-2000 гг.
		07.1999	12.1999	04.2000	
Структура в целом					
Общая численность бактерий, млн.кл/мл	0	1,62	0,415	0,078	0,704
	дно	1,05	0,254	0,076	0,460
Общая биомасса бактерий, мкгС/л	0	650,1	145,2	19,5	271,6
	дно	420,1	92,1	19,1	177,1
Основной полигон					
Общая численность бактерий, млн.кл/мл	0	1,53	0,139	0,086	0,585
	дно	1,38	0,106	0,111	0,532
Общая биомасса бактерий, мкгС/л	0	613,3	48,8	22,3	228,1
	дно	556,3	37,5	27,8	207,2



Численность сапрофитных микроорганизмов в морской воде на структуре «Хвалынская», находящаяся в тесной связи с общей численностью бактерий, также испытывала резкие сезонные колебания (Таблица 3.4.5). При чем этим колебаниям была подвержена не только абсолютная численность сапрофитов, но и ее отношение к общей численности микроорганизмов. В июле 1999 года сапрофиты в среднем составляли 25-30% микрофлоры, а в последующие две съемки, проводившиеся в холодный период года, - 0,2-1,4%. По-видимому, развитие гетеротрофов во времени находится в тесной связи не только с трофическими условиями, но и с температурой воды, тогда как пространственная изменчивость их численности в морской воде по данным ведомственного экологического мониторинга не зависела от распределения температуры. Изменения численности сапрофитных микроорганизмов в пространстве, как правило, лучше всего коррелировали с общей численностью бактерий в воде (Рис. III.45).

Таблица 3.5.4

Средняя численность сапрофитных 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	478,0	0,7	0,9	159,9
	дно	283,0	0,5	1,1	94,9
Основной полигон	0	435,0	0,8	0,7	145,5
	дно	335,0	1,1	1,0	112,4

Численность нефтеокисляющих микроорганизмов в морской воде на структуре «Хвалынская», находящаяся в тесной связи с общей численностью бактерий (Рис. III.46), испытывала так же, как и последняя, резкие колебания, обусловленные сезонными изменениями температуры воды. При этом отношение численности нефтеокисляющей микрофлоры к численности сапрофитных микроорганизмов было достаточно стабильным, в среднем составляя 30-70%. Однако, в декабре 1999 года на основном полигоне численность нефтеокисляющих микроорганизмов оказалась в несколько раз выше, чем сапрофитных. Поскольку такое наблюдалось на Каспии и ранее, в том числе на структуре «Хвалынская» в 1997-1998 гг., то мы не связываем этот факт с проведением буровых работ. Мы объясняем его более тесной (по сравнению с сапрофитами) зависимостью развития нефтеокисляющей микрофлоры от температуры воды, проявившейся не только во времени, но и в пространстве ( в декабре 1999 года температура воды на основном полигоне была на несколько градусов выше, чем в среднем на всей структуре).

Таблица 3.5.5

Средняя численность нефтеокисляющих 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	237,0	0,4	0,4	79,2
	дно	128,0	0,7	0,3	43,0
Основной полигон	0	315,0	2,8	0,4	106,1
	дно	150,0	5,4	0,5	52,0

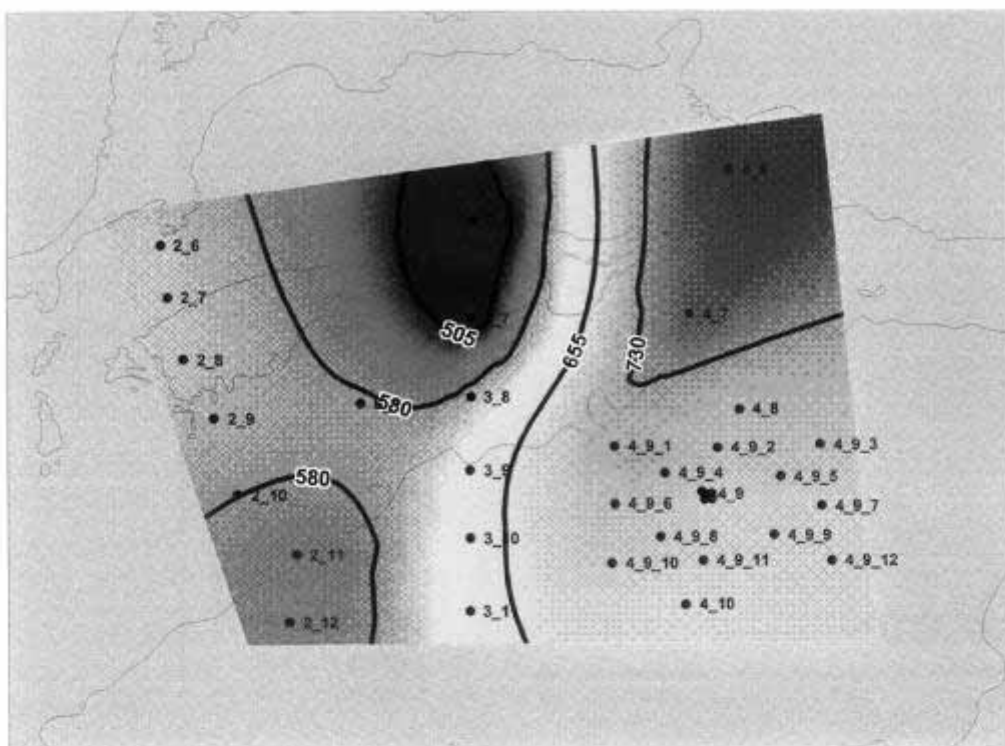


Рис. III.41 Распределение биомассы бактерий (мкг С/л) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалынская" в июле 1999 года.

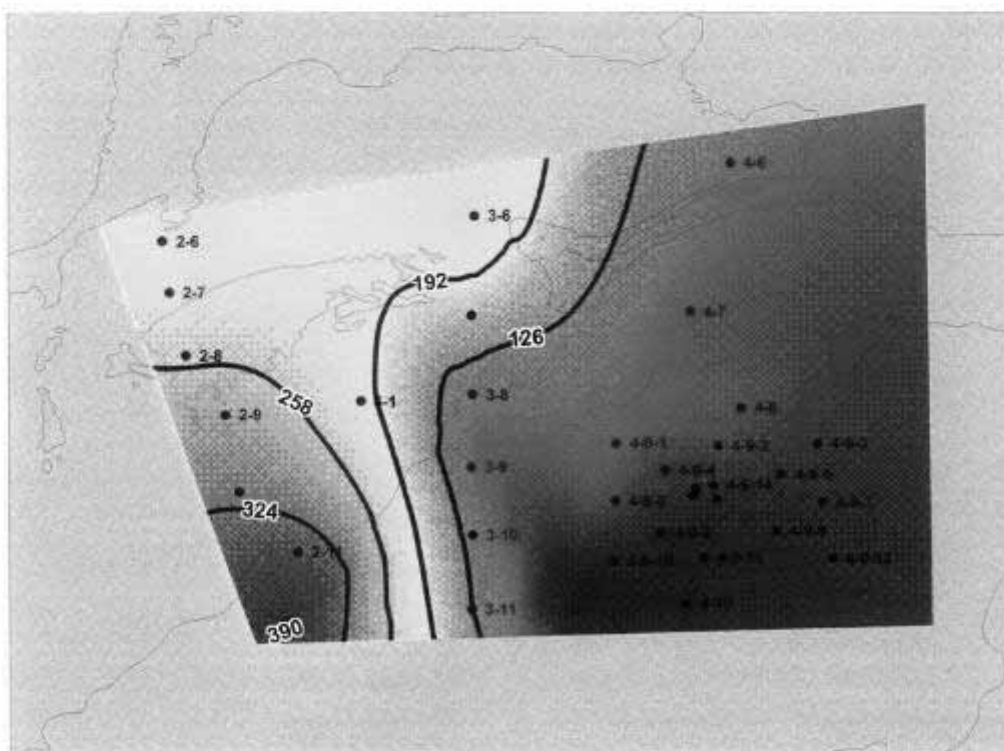


Рис. III.42 Распределение биомассы бактерий (мкг С/л) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалынская" в декабре 1999 года.

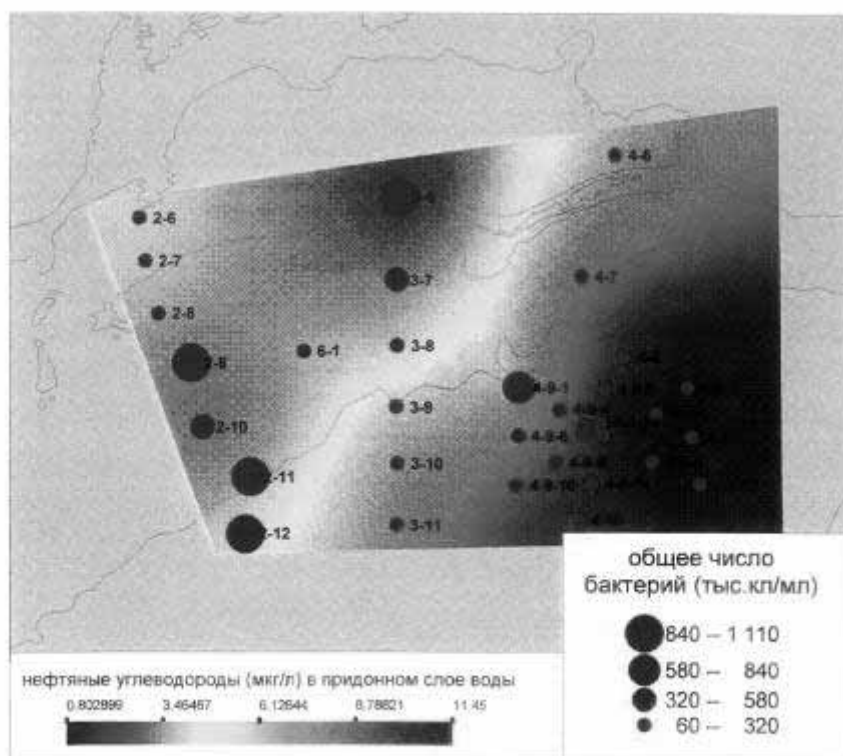


Рис. III.43 Распределение нефтяных углеводородов (мкг/л) и численности бактерий (тыс.кл/мл) в придонном слое воды на структуре "Хвалынская" в декабре 1999 года.

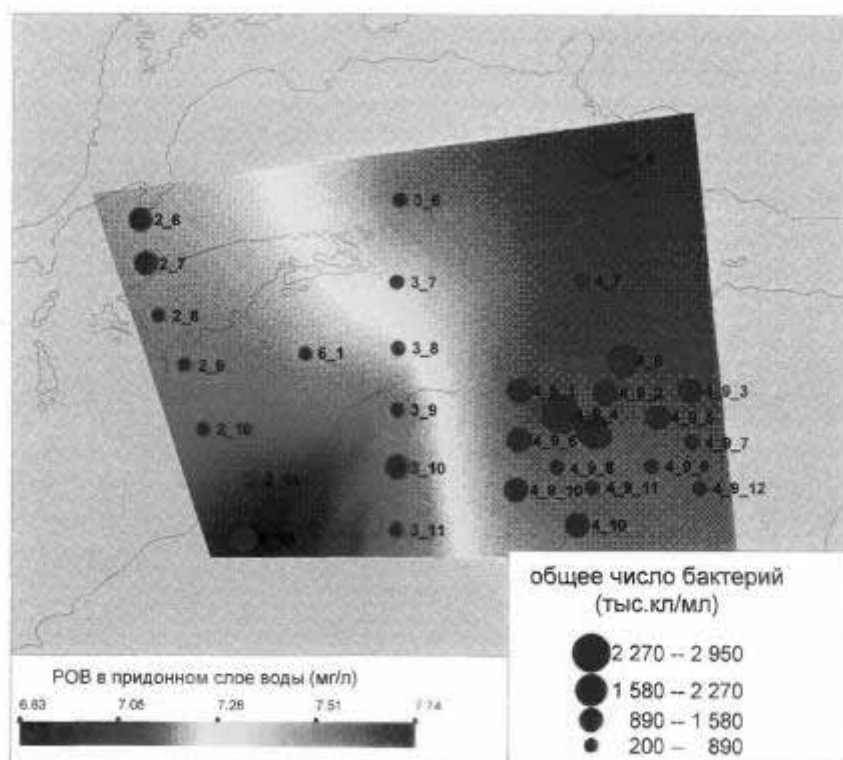


Рис. III.44 Распределение POB (мг/л) и численности бактерий (тыс. кл/мл) в придонном слое воды на структуре "Хвалынская" в июле 1999 года.

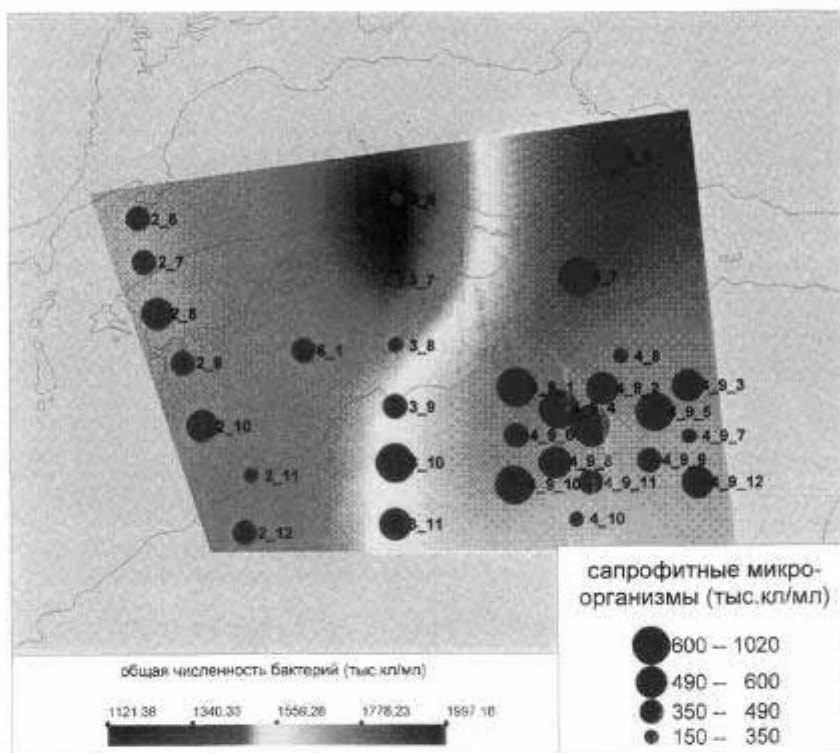


Рис. III.45 Распределение численности бактерий (тыс.кл/мл) и сапрофитных микроорганизмов (тыс.кл/мл) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалынская" в июле 1999 года.

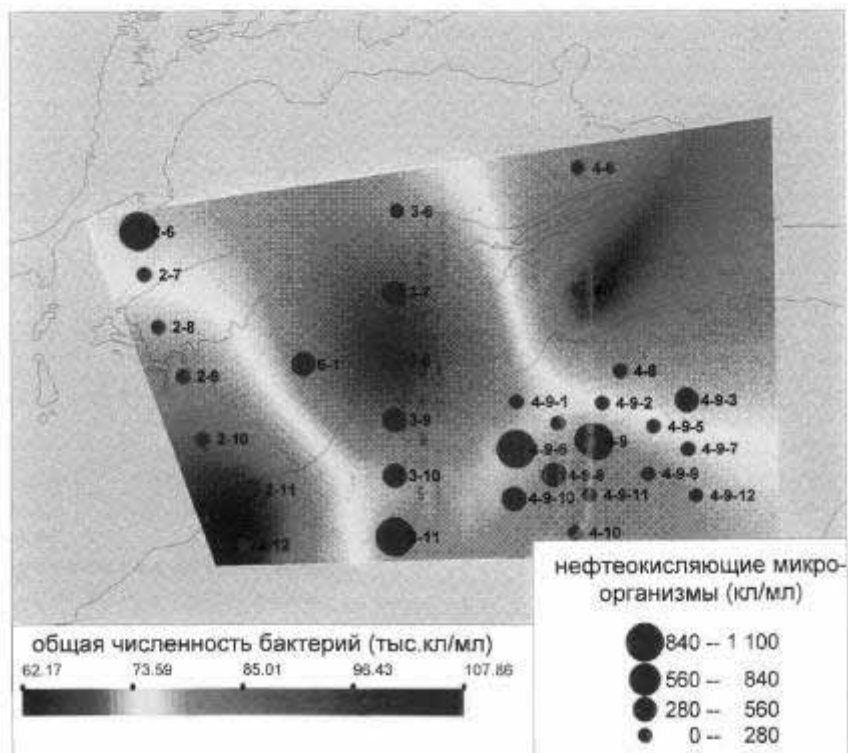


Рис. III.46 Распределение численности бактерий (тыс.кл/мл) и нефтеокисляющих микроорганизмов (кл/мл) в придонном слое воды на структуре "Хвалынская" в апреле 2000 года.



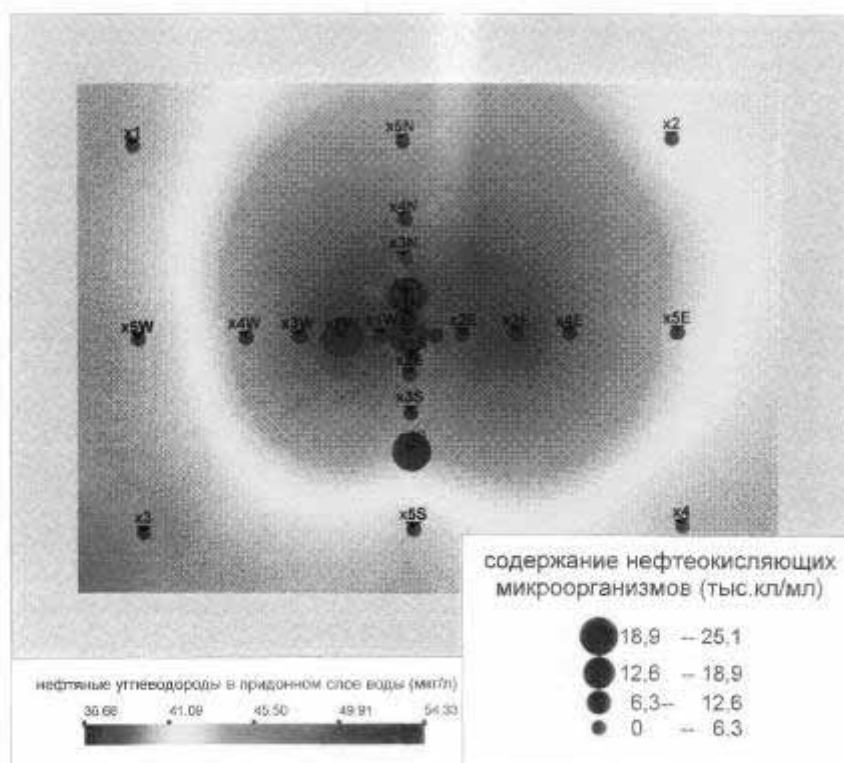


Рис. III.47 Распределение нефтяных углеводородов (мкг/л) и нефтеокисляющих микроорганизмов (млн.кл/мл) в придонном слое воды на структуре "Хвалынская" в марте 1998 года.

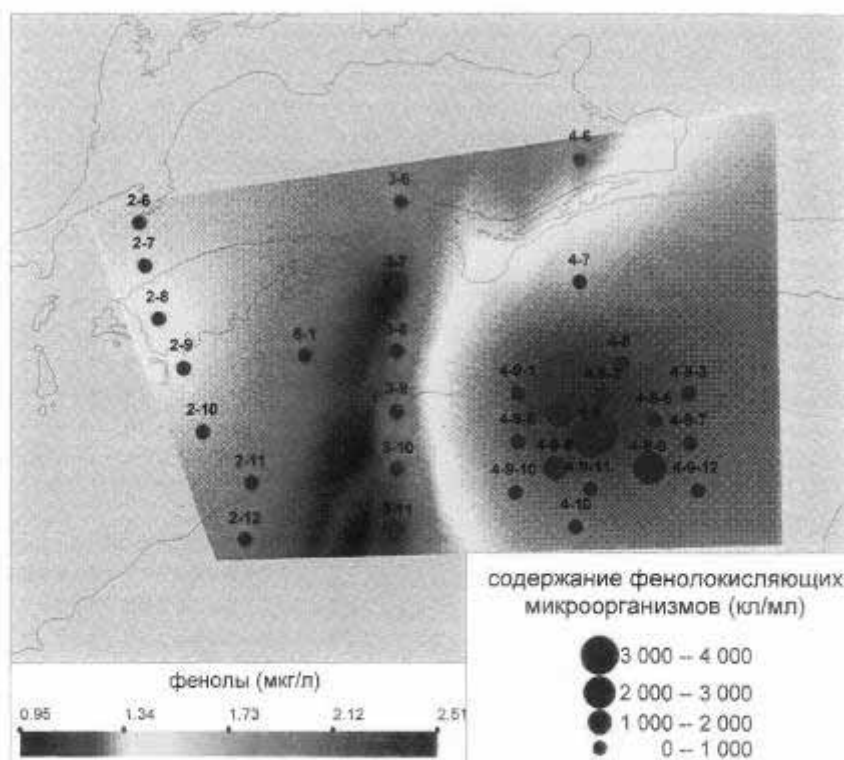


Рис. III. 48 Распределение фенолов (мкг/л) и фенолоокисляющих микроорганизмов(кл/мл) в поверхностном слое воды на структуре " Хвалынская " в апреле 2000 года.

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.