

скорее всего стало ее осаждение в дельте и авандельте Волги, аккумулирующая способность которых увеличилась после снижения уровня моря в 1996-1997 гг.

Увеличение поступления ОВ с одной стороны способствовало повышению биологической продуктивности донных сообществ, а с другой - негативно отразилось на режиме рН и окислительно-восстановительных условиях в поверхностном слое донных осадков. Выявленная тенденция уменьшения рН и Eh имеет устойчивый характер, указывающий на прогрессирующее снижение запасов кислорода на границе раздела «вода - донные отложения». Впоследствии это может отразиться (или уже отражается) на миграционной способности загрязняющих веществ, уровне вторичного загрязнения морской среды.

Очевидно, что причиной наблюдавшихся изменений геохимических условий на структуре «Хвалынская» (даже в пределах основного полигона) не могло быть проведение буровых работ, для этого требовалось более мощное воздействие. О его мощности говорит, например, то, что запасы органического углерода в поверхностном слое осадков на структуре «Хвалынская» в 1999-2000 гг. увеличились относительно 1997-1998 гг. по нашим расчетам не менее, чем на миллион тонн.

Различие в направленности или масштабе изменений геохимических условий между основным полигоном и структурой в целом, установленное для ряда геохимических параметров (содержание ракуши и алевритов, концентрация CaCO_3 , $P_{\text{мин}}$, $P_{\text{общ.}}$, а также Eh донных осадков) на наш взгляд обусловлено исключительно большей средней глубиной основного полигона по сравнению со структурой «Хвалынская» в целом. Мы не видим какой-либо связи этого явления с проведением буровых работ на основном полигоне в 1999-2000 гг.

3.4 Загрязненность морских вод и донных отложений

В результате хозяйственной деятельности человека в окружающую среду попадает громадное количество химических веществ. С каждым годом пополняется перечень тех из них, которые тем или иным образом влияют на качество окружающей природной среды, и потому их содержание в ней нормируется и, по возможности, контролируется. К широко распространенным загрязняющим веществам (ЗВ), вносящим основной вклад в изменения качества природных вод, относятся нефтяные (НУ) и полиароматические (ПАУ) углеводороды, поверхностно-активные вещества (ПАВ), фенолы, хлорорганические соединения (ХОС), включая хлорорганические пестициды (ХОП) и полихлорбифенилы (ПХБ), а также тяжелые металлы (ТМ). Для ряда из них в настоящее время установлены ориентировочно-безопасные уровни воздействия (ОБУВ) и предельно-допустимые концентрации (ПДК) в воде рыбохозяйственных водоемов (Перечень, 1995).

Одним из источников поступления перечисленных веществ в морскую среду является нефтегазодобывающая деятельность на морском шельфе (Патин, 1997). Это не относится к хлорорганическим пестицидам, которые вообще не используются в морском хозяйстве (Герлах, 1985). Однако, на распределение и поведение ХОП в морской воде существенное влияние оказывает содержание в ней нефтяных углеводородов и поверхностно-активных веществ (Химия окружающей среды, 1982). Кроме того, в своем токсическом воздействии на обитателей морских вод ХОП и НУ очень часто обнаруживают синэргический эффект, которым, как предполагается, обусловлено развитие у каспийских осетровых гепатоксической гипоксии (Научные основы, 1998).

Вышеизложенное стало основой для определения перечня контролируемых показателей загрязненности морских вод и донных отложений на структуре «Хвалынская», в который были включены НУ, ПАУ, ПАВ, ХОС, суммарные фенолы и тяжелые металлы. Следует отметить, что систематические определения ПАУ и ПХБ в водах Северно-

го Каспия ранее не проводились. Официальное признание результатов наблюдений за загрязненностью морских вод и донных отложений обеспечивалось их соответствием требованиям нормативных документов, регламентирующих производство измерений при проведении мониторинга окружающей среды.

Наблюдения за загрязненностью морских вод и донных отложений охватывали период с марта 1997 по апрель 2000 года. Всего было выполнено 6 съемок, их них первые три - до начала буровых работ на структуре «Хвалынская», а остальные - в период их проведения (НТО «Выполнение работ по программе экологических исследований», 1997-2000). Для сравнения полученных результатов с данными предыдущих исследований использовались сведения о химическом загрязнении Северного Каспия, опубликованные в литературе (Афанасьева и др., 1993; Кукса, 1996; Орадовский и др., 1997; Шапоренко, 1997) и данные наблюдений на сети Росгидромета за период с 1983 по 1992 год, то есть за последние десять лет до того, как они были прекращены. В последнем случае использовались данные наблюдений на станциях «вековых» разрезов II, III и IV, относящихся по своему месторасположению (Ежегодные данные, 1987) к структуре «Хвалынская» (всего 10 станций).

Освоение нефтегазовых ресурсов морского шельфа, как показывает опыт, может оказывать существенное воздействие на загрязненность морских вод и донных отложений. Более того, химическое загрязнение и воздействие на биоту токсических веществ следует считать одним из наиболее опасных и главным из вероятных факторов воздействия на окружающую среду нефтегазодобывающей деятельности на морском шельфе (Научно-методические подходы, 1997).

Однако при бурении одной скважины химическое загрязнение морской среды, обусловленное сбросом жидких и твердых буровых отходов, распространяется на акваторию радиусом не более нескольких сотен, редко - нескольких тысяч метров (Патин, 1997). Это обстоятельство мы считаем очень важным с точки зрения оценки результатов наблюдений за загрязненностью морской среды на структуре «Хвалынская», где в 1999-2000 гг. была пробурена и испытана только одна разведочная скважина. Очевидно, что имей здесь место загрязнение морской среды, хотя случаев сброса буровых отходов, в том числе аварийных, не было зафиксировано, оно должно было носить исключительно локальный характер.

В связи с вышеизложенным для оценки воздействия буровых работ на состояние морских вод и донных отложений на структуре «Хвалынская» использовались данные наблюдений на основном полигоне, расположенном в месте постановки СПБУ. Имевшие место в 1997-2000 гг. изменения уровня загрязненности морской среды на структуре «Хвалынская» в целом, площадь которой составляет 5,2 тыс. км², а объем вод более 100 км³, по нашему мнению, были обусловлены более масштабными по своему воздействию факторами, определяющими баланс загрязняющих веществ в этой части моря. Влиянием этих факторов мы объясняли также изменения уровня загрязненности морских вод и донных отложений на основном полигоне, если по своему масштабу и направленности они соответствовали изменениям состояния загрязнения морской среды на структуре «Хвалынская» в целом.

Отметим, что далее в отношении большинства загрязняющих веществ, ставших предметом исследований, мы ограничились краткой характеристикой их содержания в морской воде и подробно остановились лишь на тех ЗВ, концентрация которых регулярно превышала предел, установленный для рыбохозяйственных водоемов. Таких загрязняющих веществ в морской воде на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг. было зарегистрировано 5 (кроме БПК, см. раздел 3.2). К их числу относятся нефтяные углеводороды, фенолы, ртуть, железо и медь. Превышения ПДК другими ЗВ не было зафиксировано, только в марте 1997 года в отдельных пробах концентрация СПАВ превысила ПДК в 1,3-1,7 раз, но при последующих съемках этого уже не наблюдалось.

Добавим, что оценка качества морских вод по показателям загрязненности дана в следующей главе книги.

Динамика содержания нефтяных углеводородов в морской воде и донных отложениях в районах моря, отведенных для поиска, разведки и добычи углеводородов, наиболее полно характеризует, с одной стороны, степень воздействия нефтегазодобывающей деятельности на морскую среду, а с другой - эффективность природоохранных технологий, используемых при освоении нефтегазовых ресурсов морского шельфа. Поэтому наш анализ загрязненности морской среды на структуре «Хвалынская» мы решили начать именно с нефтяных углеводородов (Таблица 3.4.1).

Наибольшее среднее по структуре содержание нефтяных углеводородов было зафиксировано в ноябре 1997 года в поверхностном слое воды основного полигона, а наименьшее - на этом же полигоне в придонном слое в декабре 1999 года. Абсолютный максимум нефтяных углеводородов, равный 0,69 мг/л, отмечен в ноябре 1997 года в придонном слое воды. По данным наблюдений на сети Росгидромета в 1983-1992 гг. концентрация нефтяных углеводородов в районе структуры «Хвалынская» изменялась в пределах от нуля до 1,02 мг/л на поверхности и от нуля до 1,05 мг/л у дна. Следовательно, зарегистрированные при проведении ведомственного экологического мониторинга значения концентрации нефтяных углеводородов не выходят за пределы ее изменчивости, установленные по данным многолетних наблюдений. В 1999-2000 гг. концентрация нефтяных углеводородов в морской воде основного полигона понизилась относительно 1997-1998 гг. не менее, чем в 5 раз, в среднем с 65-80 до 10-15 мкг/л.

Таблица 3.4.1

Содержание нефтяных углеводородов (НУ) в морской воде
на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Показатель	Гори- зонт	Месяц, год					
		03.1997	11.1997	03.1998	07.1999	12.1999	04.2000
Основной полигон							
Средняя концентрация НУ, мг/л	0	0,003	0,158	0,029	0,013	0,001	0,019
	дно	0,052	0,146	0,040	0,026	0	0,016
Структура в целом							
Средняя концентрация НУ, мг/л	0	0,011	0,129	0,026	0,019	0,005	0,031
	дно	0,006	0,121	0,035	0,027	0,004	0,038

На структуре «Хвалынская» в целом также зафиксировано уменьшение содержания нефтяных углеводородов в морской воде, - в среднем с 50-55 до 20-25 мкг/л (Рис. 3.4.1). Более высокие (относительно структуры в целом) темпы снижения концентрации НУ в морской воде на основном полигоне убедительно свидетельствуют об отсутствии сбросов нефтепродуктов с буровой платформы, установленной в 1999-2000 гг.

Анализ пространственной изменчивости содержания нефтяных углеводородов в морской воде показывает, что их поступление в район структуры «Хвалынская» в основном связано с распространением на нее распресненных вод. В марте 1997 года их приток шел из восточной части Северного Каспия (см. Раздел 3.1), при этом в северо-восточном «углу» структуры были зафиксированы наибольшие значения концентрации нефтяных углеводородов (Рис. III.13). Аналогичная картина наблюдалась в апреле 2000 года, но уже в северо-западном «углу» структуры, где минимальным значениям солёности соответствовала максимальная концентрация НУ (Рис. III.14).

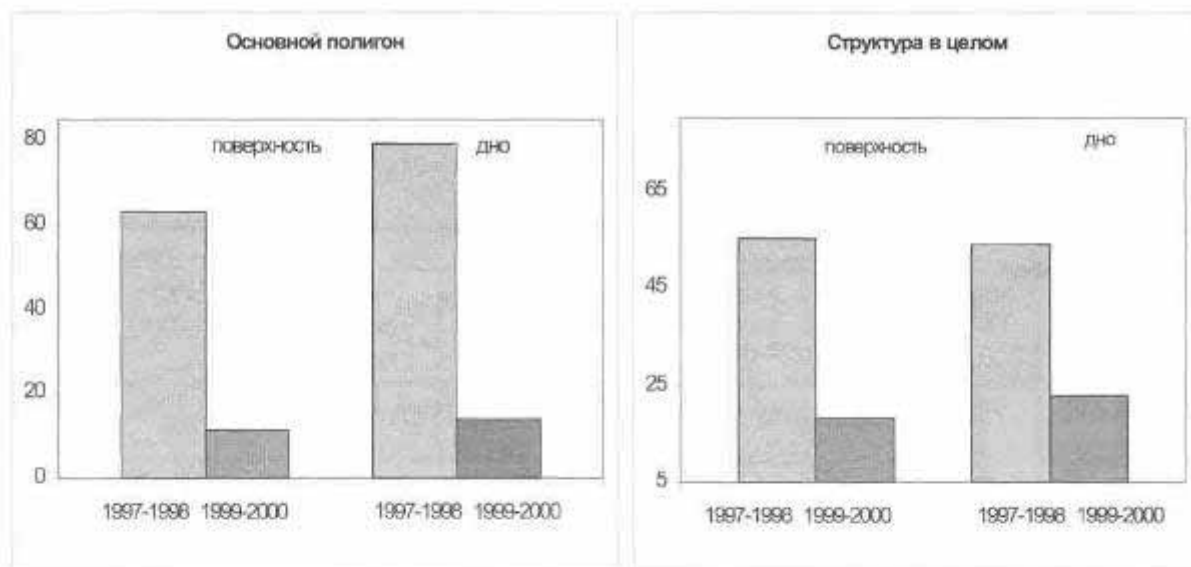


Рис. 3.4.1. Нефтяные углеводороды в морской воде на структуре "Хвалынская" в 1997-2000 гг. (мкг/л)

Напомним, что ранее мы указывали на независимость межгодовых изменений содержания НУ в Северном Каспии от объема их поступления с речным стоком (Раздел 1.3). Выявленная нами связь между пространственным распределением НУ и солености отнюдь не противоречит этим данным. Наоборот, вкупе с ними, она указывает на высокую в среднем, но подверженную сезонным колебаниям, интенсивность процессов разложения, окисления и осаждения привносимых извне нефтепродуктов. В качестве доказательства тому укажем на отсутствие корреляции между пространственным распределением НУ и солености на структуре «Хвалынская» в июле 1999 года, несмотря на максимальную распресненность морских вод и благодаря тому, что условия морской среды в это время способствовали деструкции нефтяных углеводородов. И все же в последующем при оценке экологической обстановки на структуре «Хвалынская» нельзя не учитывать того, что последняя находится в зоне трансформации нефтепродуктов, поступающих в Северный Каспий с поверхностным стоком.

Программой ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская» предусматривалось определение нефтяных углеводородов не только в морской воде, но и в донных отложениях. Средняя концентрация НУ в донных отложениях по данным наблюдений 1997-2000 гг. составила на основном полигоне 10,50 мг/кг, на структуре в целом - 10,34 мг/кг. Для сравнения укажем, что по литературным данным концентрация НУ в донных отложениях мелководных районов Северного Каспия составляет 1000 мг/кг (Патин, 1997).

В 1999-2000 гг., то есть в период проведения буровых работ концентрация НУ в донных отложениях на основном полигоне, то есть в месте нахождения СПБУ, была существенно (более, чем на 1 мг/кг) ниже, чем на структуре в целом относительно 1997-1998 гг.. В 1999-2000 гг. концентрация нефтяных углеводородов в донных отложениях основного полигона понизилась в среднем с 13 до 8 мг/кг (Таблица 3.4.2). На структуре «Хвалынская» в целом за этот период также зафиксировано уменьшение содержания нефтяных углеводородов в донных отложениях, - в среднем с 11,5 до 9,2 мг/кг. Сравнительно низкое содержание НУ в донных отложениях под буровой платформой и более высокие (относительно структуры в целом) темпы снижения концентрации НУ в донных отложениях основного полигона подтверждают приведенные вы-

ше данные об отсутствии сбросов нефтепродуктов с буровой платформы, установленной в 1999-2000 гг.

Таблица 3.4.2

Средняя концентрация нефтяных углеводородов (мг/кг)
в донных отложениях на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Район Наблюдений	Месяц, год						Период		
	март 1997	но- ябрь 1997	март 1998	июль 1999	декабрь 1999	ап- рель 2000	1997- 1998	1998- 2000	1997- 2000
Основной полигон	9,64	14,90	14,60	7,67	8,59	7,55	13,05	7,94	10,50
Структура в целом	5,60	14,06	14,91	7,11	12,17	8,20	11,52	9,16	10,34

Межгодовые изменения содержания нефтяных углеводородов в донных отложениях и морской воде на структуре «Хвалынская» обнаруживают определенное сходство. Так, наибольшее среднее содержание НУ в обеих средах было зафиксировано здесь в ноябре 1997 - марте 1998 гг. По-видимому, определенный обмен НУ между морской водой и донными отложениями все-таки существует. Об этом в частности свидетельствует то, что наибольшие концентрации НУ в донных отложениях на структуре «Хвалынская» обычно приурочены к зонам с повышенным содержанием органического углерода (Рис. Ш.15) или тонкозернистой (<0,05 мм) гранулометрической фракции осадков (Рис. Ш.16). Первое обстоятельство указывает на то, что осаждение НУ происходит совместно с ОВ аллохтонного или автохтонного происхождения, а второе - на возможность вторичного загрязнения морских вод нефтяными углеводородами при взмучивании донных осадков.

Результаты анализа временной изменчивости и пространственного распределения нефтяных углеводородов в морской воде и донных отложениях на структуре «Хвалынская» приводят нас к выводу, что проведение на ней буровых работ не отразилось на уровне нефтяного загрязнения морской среды, который формировался под воздействием других факторов (адвекция и преобразование НУ).

Определенное представление о характере и происхождении нефтяного загрязнения может дать анализ содержания и пространственно-временного распределения в морской среде полиароматических углеводородов. ПАУ содержится как в самой нефти, так и в продуктах ее переработки, значительное их количество поступает в окружающую среду при неполном сгорании ископаемого топлива. В «нефтяных» ПАУ преобладают бенз(а)пирен и алкилированные арены, а в «широлитических» - три- и полиарены, при чем последние, как известно, обладают мутагенным и канцерогенным действием (Научно-методические подходы, 1997; Патин, 1997; Ровинский и др., 1988). Наиболее токсичным из ПАУ является бенз(а)пирен, предельно-допустимая концентрация которого в рыбохозяйственных водоемах равна 0,000005 мг/л.

В морской воде на структуре «Хвалынская» по данным ведомственного экологического мониторинга средняя за весь период наблюдений суммарная концентрация ПАУ составила 92 нг/л (на основном полигоне - 115 нг/л). Список обнаруженных в воде ПАУ приведен в Таблице 3.4.3. Концентрация аценафтилена, аценафтена, 1-метилнафталина, 2,3,5-триметилнафталина, 1-метилфенантрена, бенз(е)пирена, перилена, дибенз(а,һ)антрацена, индено(1,2,3-с,д)пирена, бенз(ɡ,һ,і)перилена не превышала уровня обнаружения.

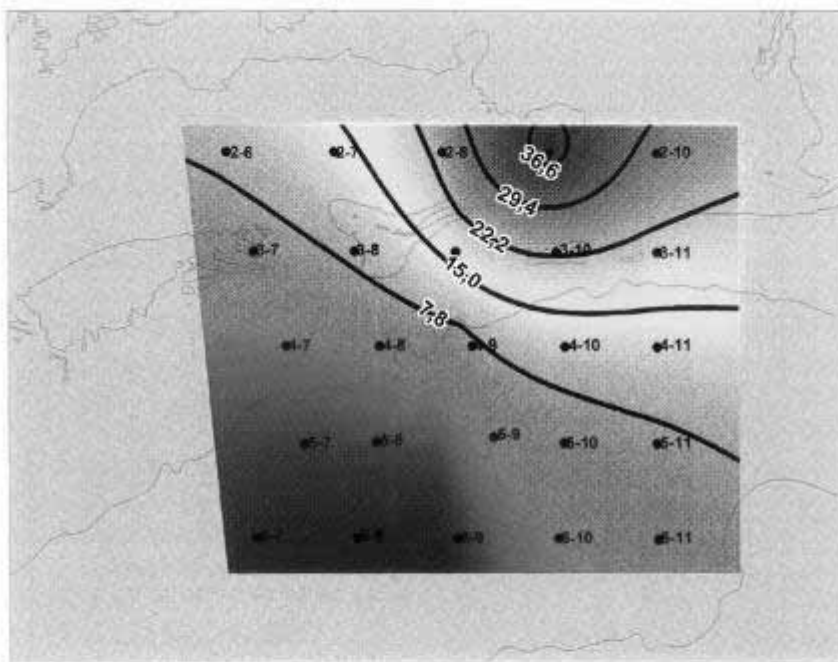


Рис. III.13 Распределение нефтяных углеводородов (мкг/л) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалынская" в марте 1997 года.

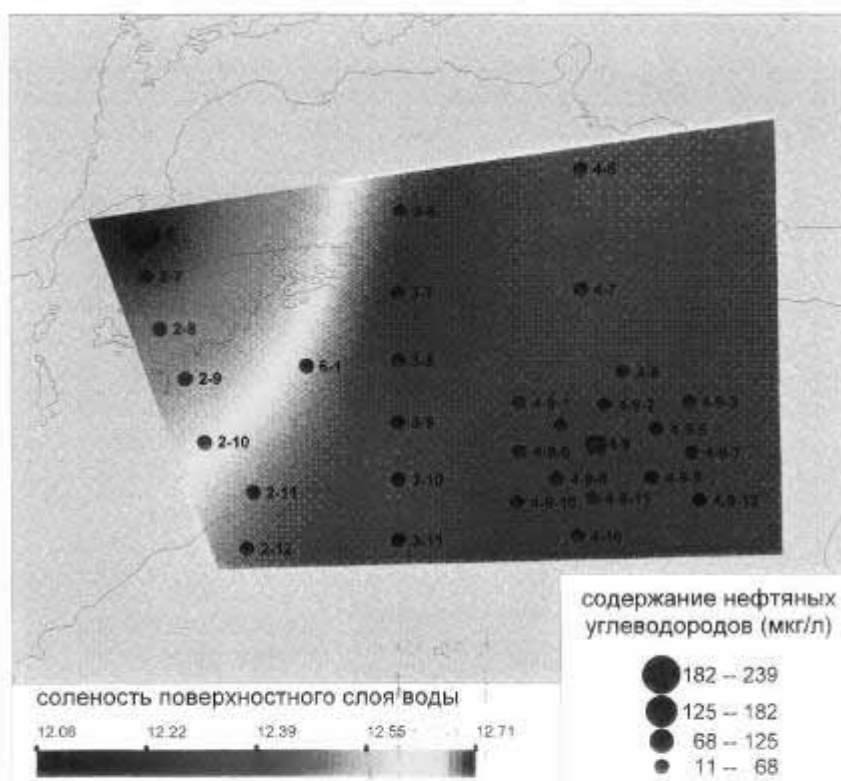


Рис. III.14 Распределение солености и нефтяных углеводородов (мкг/л) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалынская" в апреле 2000 года.

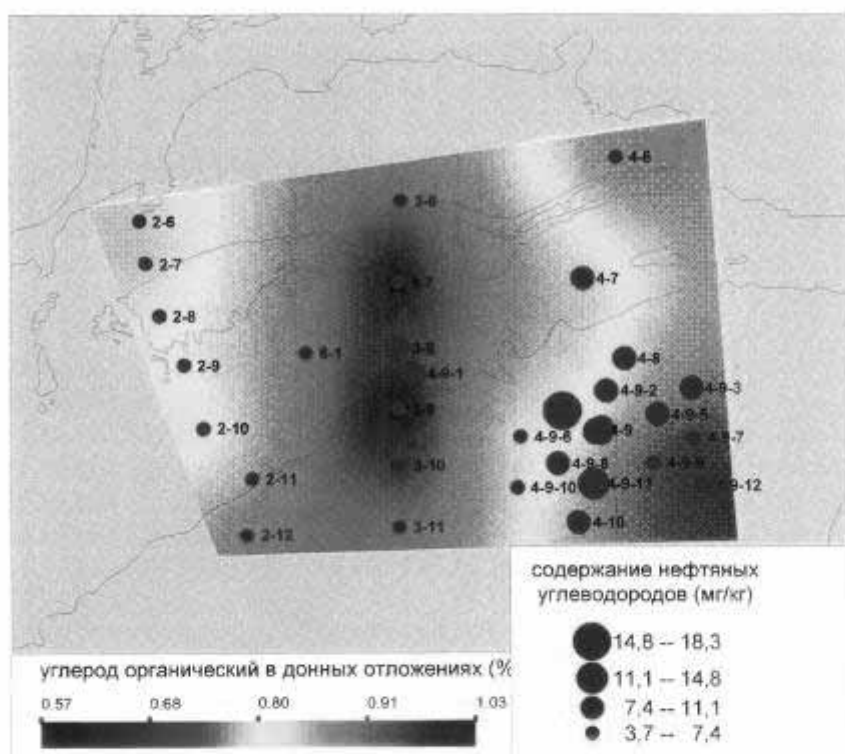


Рис. III.15 Распределение углерода органического(%) и нефтяных углеводородов (мг/кг) в донных отложениях на структуре " Хвалынская " в апреле 2000 года.

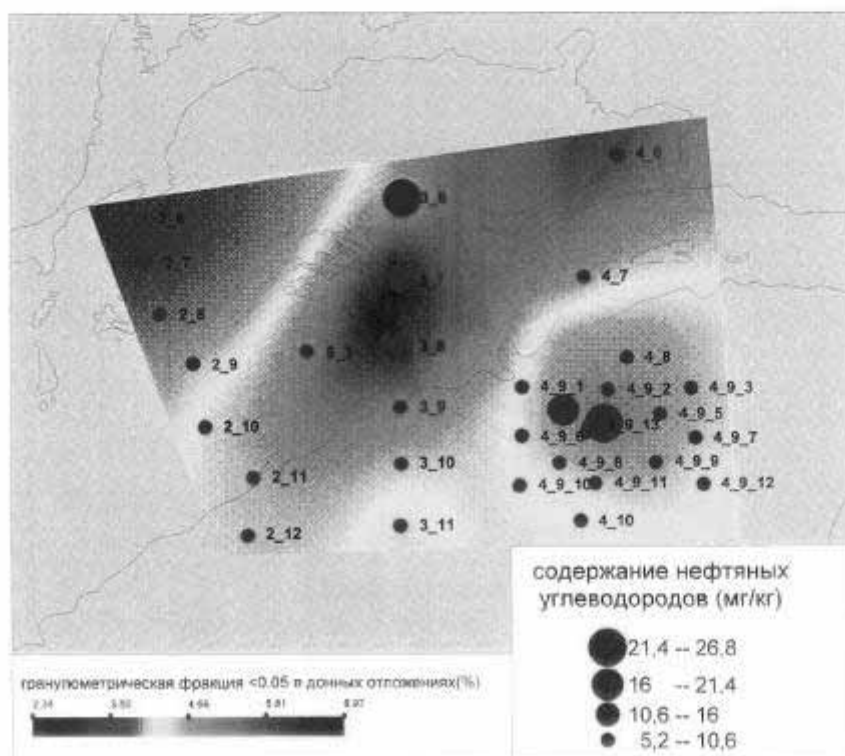


Рис. III.16 Распределение гранулометрической фракции <0.05мм (%) и нефтяных углеводородов (мг/кг) в донных отложениях на структуре " Хвалынская " в декабре 1999 года.

Как следует из приведенных данных, содержание ПАУ в морской воде в существенной степени зависит от их растворимости. Последняя у нафталина и его производных на один-два порядка выше, чем у трехъядерных аренов (антрацена, фенантрена), которые в свою очередь растворяются в воде в сто раз лучше, чем полиядерные ПАУ (Ровинский и др., 1988).

В 1999-2000 гг. содержание ПАУ в морской воде основного полигона возросло относительно 1997-1998 гг. в 2-3 раза, при чем особенно заметно увеличилась концентрация «нефтяных» ароматических углеводородов (биядерных и алкилированных аренов), так, что их доля в сумме ПАУ увеличилась с 45 до 60%. Мы не связываем это явление с проведением буровых работ потому, что аналогичные изменения в составе ПАУ произошли на всей структуре «Хвалынская» (Рис. 3.4.2).

Таблица 3.4.3

Средняя концентрация полиароматических углеводородов в морской воде на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Показатель	Район Наблюдений	Период		
		1997-1998	1999-2000	1997-2000
Нафталин, мг/л	Основной полигон	22,8	59,0	40,9
	Структура в целом	13,2	41,8	27,5
Бифенил, мг/л	Основной полигон	3,28	9,27	6,32
	Структура в целом	3,40	11,07	7,24
2-метилнафталин, мг/л	Основной полигон	5,43	23,8	14,6
	Структура в целом	5,08	17,2	11,1
2,6-диметилнафталин, мг/л	Основной полигон	0	3,35	1,68
	Структура в целом	0	2,98	1,49
Флуорен, мг/л	Основной полигон	5,15	5,62	5,39
	Структура в целом	4,81	5,57	5,19
Фенантрен, мг/л	Основной полигон	27,0	42,1	34,6
	Структура в целом	23,0	38,8	30,9
Антрацен, мг/л	Основной полигон	1,29	3,20	2,25
	Структура в целом	1,22	3,02	2,12
Флуорантен, мг/л	Основной полигон	2,11	4,34	3,23
	Структура в целом	1,90	3,38	2,64
Пирен, мг/л	Основной полигон	2,14	6,18	4,16
	Структура в целом	1,76	4,84	3,30
Бенз(а)антрацен, мг/л	Основной полигон	0,29	0,90	0,55
	Структура в целом	0,36	0,84	0,60
Хризен, мг/л	Основной полигон	0,12	0,45	0,29
	Структура в целом	0,20	0,43	0,22
Бенз(б)флуорантен, мг/л	Основной полигон	0,19	0,64	0,42
	Структура в целом	0,13	0,52	0,33
Бенз(к)флуорантен, мг/л	Основной полигон	0,05	0,33	0,19
	Структура в целом	0,11	0,36	0,24
Бенз(а)пирен, мг/л	Основной полигон	0,05	0,31	0,18
	Структура в целом	0,07	0,40	0,24

Напомним, что площадь последней во много раз больше площади основного полигона, где влияние сбросов с буровой платформы, если бы таковые были, еще могло ощущаться. Возможно, что некоторую «свежесть» нефтяному загрязнению Северного Каспия в 1999-2000 гг. придало общее оживление морской деятельности, которое, как показывает опыт, всегда сопряжено с увеличением объема запрещенных сбросов нефтепродуктов с морских судов.

Программой ведомственного экологического мониторинга предусматривалось определение ПАУ не только в морской воде, но и в донных отложениях.

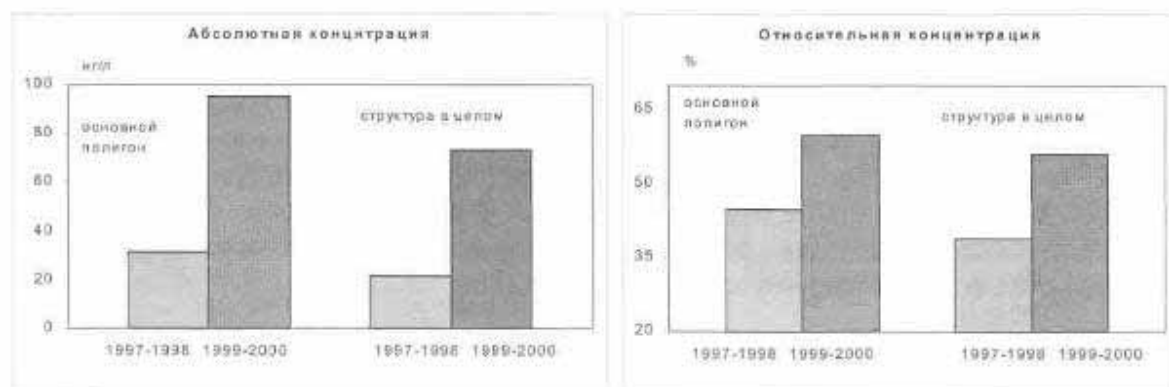


Рис.3.4.2 Абсолютная (мг/л) и относительная (%) концентрации «нефтяных» (двухядерных и алкилированных) ПАУ в морской воде на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

На структуре «Хвалынская» средняя за весь период наблюдений суммарная концентрация ПАУ в донных отложениях составила 8,8 мкг/кг (на основном полигоне - 8,9 мкг/кг). Список обнаруженных в донных отложениях ПАУ приведен в Таблице 3.4.4. ПАУ, содержащиеся в донных отложениях по своему составу схожи с теми, что обнаружены в морской воде, только место отсутствующего в донных осадках бенз(а)антрацена занял перилен, которого не было в морской воде.

Суммарная концентрация ПАУ в донных отложениях на структуре «Хвалынская» в 1999-2000 гг. в сравнении с 1997-1998 гг. практически не изменилась, то же самое было зафиксировано и на основном полигоне. Однако в составе ПАУ, так же, как и в морской воде, произошли существенные изменения, правда, прямо противоположного характера. Доля «нефтяных» ПАУ в донных отложениях в 1999-2000 гг. уменьшилась относительно 1997-1998 гг., при чем особенно заметно на основном полигоне (Рис. 3.4.3). Уменьшение абсолютной и относительной концентрации нафталина, бифенила и 2-метилнафталина в донных отложениях указывает на отсутствие залповых сбросов нефтепродуктов в морскую среду, после которых их содержание резко возрастает (Техногенное загрязнение, 1996). Увеличение абсолютной и относительной концентрации трех- и полиядерных аренов в донных отложениях на структуре «Хвалынская» мы связываем с общим их обогащением органическим веществом, как аллохтонного, так и автохтонного происхождения. По нашему мнению, основным источником «тяжелых» ПАУ в Каспийском море является поверхностный сток.

Основным источником фенолов в Каспийском море является речной сток, с которым в Каспий поступает до 2-3 тысяч тонн фенольных соединений в год (Афанасьева и др., 1993; Орадовский и др., 1997). Фенолы поступают в Каспий также со сточными водами нефтехимической промышленности (Шапоренко, 1997). Присутствуют фенолы и в сбросах, если таковые осуществляются, жидких отходов с буровых платформ, в которых их концентрация может достигать 5-6 мг/л (Патин, 1997). Однако, при определении суммарных фенолов в морской среде, что, в частности, предусматривалось программой ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская», нельзя забывать о том, что в их состав могут входить фенольные соединения не только антропогенного, но и природного происхождения.

Таблица 3.4.4

Средняя концентрация полиароматических углеводородов в донных отложениях на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Показатель	Район наблюдений	Период		
		1997-1998	1999-2000	1997-2000
Нафталин, мкг/кг	Основной полигон	1,71	1,46	1,59
	Структура в целом	1,69	1,69	1,69
Бифенил, мкг/кг	Основной полигон	0,79	0	0,40
	Структура в целом	0,74	0	0,37
2-метилнафталин, мкг/кг	Основной полигон	1,15	0,92	1,04
	Структура в целом	1,14	1,14	1,14
2,6-диметил-Нафталин, мкг/кг	Основной полигон	0,40	0,88	0,64
	Структура в целом	0,37	0,86	0,62
Флуорен, мкг/кг	Основной полигон	0,96	0,87	0,92
	Структура в целом	0,94	0,77	0,86
Фенантрен, мкг/кг	Основной полигон	1,70	1,45	1,68
	Структура в целом	1,68	1,71	1,70
Антрацен, мкг/кг	Основной полигон	0,13	0,14	0,14
	Структура в целом	0,14	0,12	0,13
Флуорантен, мкг/кг	Основной полигон	0,69	0,85	0,77
	Структура в целом	0,66	0,74	0,70
Пирен, мкг/кг	Основной полигон	0,53	0,80	0,67
	Структура в целом	0,52	0,67	0,60
Перилен, мкг/кг	Основной полигон	0,20	0,21	0,21
	Структура в целом	0,20	0,20	0,20
Хризен, мкг/кг	Основной полигон	0,16	1,09	0,63
	Структура в целом	0,16	0,87	0,52
Бенз(б)флуорантен, мкг/кг	Основной полигон	0,38	0,03	0,21
	Структура в целом	0,34	0,06	0,20
Бенз(к)флуорантен, мкг/кг	Основной полигон	0,14	0,14	0,14
	Структура в целом	0,13	0,06	0,10
Бенз(а)пирен, мкг/кг	Основной полигон	0,04	0	0,02
	Структура в целом	0,03	0	0,02

Наибольшее среднее по структуре содержание суммарных фенолов было зафиксировано в ноябре 1997 года в придонном слое воды, а наименьшее - в марте 1998 года в поверхностном слое и в июле 1999 года в придонном слое (Таблица 3.4.5).

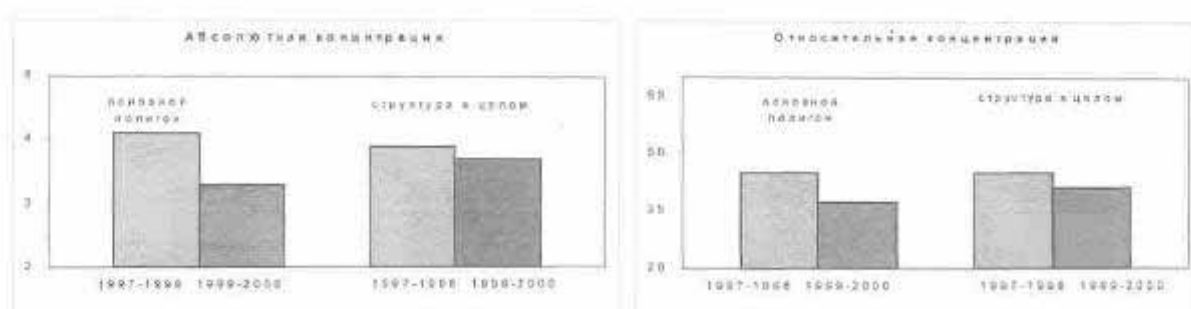


Рис.3.4.3. Абсолютная (мкг/кг) и относительная (%) концентрации «нефтяных» (двухядерных и алкилированных) ПАУ в донных отложениях воде на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Абсолютный максимум фенолов, равный 64 мкг/л, отмечен в ноябре 1997 года в придонном слое воды.

По данным наблюдений на сети Росгидромета в 1983-1992 гг. концентрация фенолов в морской воде в районе структуры «Хвалынская» изменялась в пределах от нуля до 72 мкг/л. Следовательно, зарегистрированные при проведении ведомственного экологического мониторинга значения концентрации суммарных фенолов не выходят за пределы ее изменчивости, установленные по данным многолетних наблюдений.

Таблица 3.4.5

Содержание фенолов и СПАВ в морской воде
на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Показатель	Горизонт	Месяц, год					
		03.1997	11.1997	03.1998	07.1999	12.1999	04.2000
Фенолы суммарные, мкг/л	0	3,5	8,3	0,5	0,6	0,6	1,7
	дно	5,5	15,6	0,9	0,5	0,9	1,0
СПАВ, мкг/л	0	36	34	22	9	8	3
	дно	54	25	25	8	10	1

В 1999-2000 гг. содержание фенолов в морской воде основного полигона уменьшилось относительно 1997-1998 гг. в поверхностном слое в 3 раза, а в придонном - почти в 8 раз. Уменьшение содержания фенолов в морской воде (в 4-5 раз) зафиксировано и на структуре «Хвалынская» в целом (Рис. 3.4.4). Возможно, что его причиной явилось общее снижение содержания взвешенного и растворенного ОВ в морской воде, наблюдавшееся здесь в 1997-2000 гг. (см. Раздел 4.2). Отметим в связи с этим, что по нашему мнению, в сумме фенолов, определяемых экстракционно-фотометрическим методом в природных водах, преобладают фенольные соединения естественного происхождения. Об этом, в частности, говорит то, что размах сезонных колебаний запасов фенолов в Каспийском море, установленных с помощью этого метода, составляет несколько сот тысяч тонн, что на порядок больше объема их поступления в море с речным стоком и сточными водами. В Северном Каспии наибольшие концентрации фенолов (до 10-20 мкг/л), как правило, наблюдаются в теплое время года, зимой их концентрация обычно не превышает 5 мкг/л (Устьевая область, 1998). Однако, говоря об этом, нельзя забывать о том, что зафиксированное в 1997-2000 гг. уменьшение содержания фенолов на основном полигоне структуры «Хвалынская» также свидетельствует об отсутствии сбросов загрязняющих веществ в воду при проведении буровых работ.

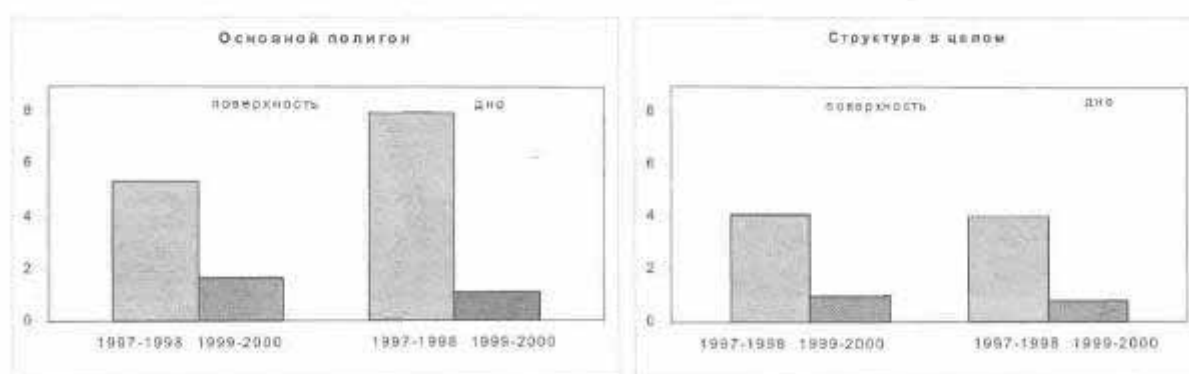


Рис. 3.4.4 Фенолы в морской воде на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.(мкг/л)

Судя по характеру пространственной изменчивости содержания фенолов в морской воде на структуре «Хвалынская», их источник расположен далеко за пределами основного полигона, так как линии равной концентрации, пересекающие этот полигон, следуют практически параллельно друг другу в поверхностном слое с северо-востока

на юго-запад (Рис. III.17), а в придонном слое - с севера на юг (Рис. III.18). Предполагается, что образованию фенолов в процессах метаболизма аллохтонного и автохтонного ОВ способствует повышение температуры морской воды (Афанасьева и др., 1993; Орадовский и др., 1997). Действительно, при проведении ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская» в ряде случаев была зафиксирована положительная связь между пространственным распределением температуры воды и содержанием в ней суммарных фенолов (Рис. III.19).

Средняя концентрация фенолов в донных отложениях на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг. составила 0,33 мг/кг, на основном полигоне - 0,36 мг/кг. В 1999-2000 гг. содержание фенолов в донных отложениях резко снизилось относительно 1997-1998 гг., при чем это снижение было зафиксировано как на основном полигоне, так и на структуре «Хвалынская» в целом (Таблица 3.4.6). У нас нет достоверного объяснения этому явлению, так как, судя по положительной связи пространственного распределения фенолов с распределением тонкозернистой (< 0,05 мм) фракции морских осадков (Рис. III.20) и учитывая увеличение концентрации последней на структуре «Хвалынская» в 1999-2000 гг. (см. Раздел 3.3), мы, наоборот, ожидали повышения содержания фенолов в поверхностном слое донных отложений. Как бы то ни было, зафиксированное при проведении ведомственного экологического мониторинга уменьшение содержания фенолов в донных отложениях основного полигона убедительно свидетельствует об отсутствии сбросов загрязняющих веществ в воду при проведении буровых работ.

Таблица 3.4.6

Средняя концентрация фенолов и СПАВ
в донных отложениях на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Показатель	Район наблюдений	Период		
		1997-1998	1999-2000	1997-2000
Фенолы, мг/кг	Основной полигон	0,62	0,09	0,36
	Структура в целом	0,61	0,05	0,33
СПАВ, мг/кг	Основной полигон	10,61	36,95	23,78
	Структура в целом	10,78	30,80	20,79

Синтетические поверхностно-активные химические соединения различного состава относятся к широко распространенным в природных водах загрязняющим веществам (Химия окружающей среды, 1982; Герлах, 1985). В Каспийское море с речным стоком ежегодно поступает до 12 тысяч тонн СПАВ (Афанасьева и др., 1993; Орадовский и др., 1997). К многочисленным (но не столь мощным) источникам СПАВ относятся сбросы производственных и бытовых сточных вод. Поверхностно-активные вещества являются постоянным компонентом буровых растворов, а также твердых и жидких отходов, образующихся при бурении нефтяных и газовых скважин.

Программой ведомственного экологического мониторинга предусматривалось определение концентрации анионоактивных СПАВ в морской воде и донных отложениях, поскольку, как показали предварительные исследования, содержание катионоактивных и неионогенных СПАВ в морской среде Каспия существенно ниже, чем анионоактивных. Последние также шире применяются в нефтегазодобывающей деятельности.

Наибольшее среднее по структуре содержание СПАВ было зафиксировано в марте 1997 года в поверхностном слое воды, а наименьшее - в придонном слое в апреле 2000 года (Таблица 3.4.5). Вообще, для всего периода наблюдений (1997-2000 гг.) было характерно постепенное понижение концентрации СПАВ в морской воде. Абсолютный максимум СПАВ, равный 0,17 мг/л, отмечен в марте 1997 года в придонном

слое воды. По данным наблюдений на сети Росгидромета в 1983-1992 гг. концентрация СПАВ в морской воде в районе структуры «Хвалынская» изменялась в пределах от нуля до 1,92 мг/л. Следовательно, зарегистрированные в 1997-2000 гг. значения концентрации СПАВ не выходят за пределы ее изменчивости, установленные по данным многолетних наблюдений.

В 1999-2000 гг. содержание СПАВ в морской воде на основном полигоне уменьшилось относительно 1997-1998 гг. примерно в 4 раза, то же самое произошло на акватории структуры «Хвалынская» в целом (Рис. 3.4.5). Снижение концентрации СПАВ на основном полигоне свидетельствует об отсутствии сбросов ЗВ с буровой платформы, а на структуре в целом – об уменьшении объема поступления СПАВ в Северный Каспий. Впрочем, последнее можно оспорить, так как содержание СПАВ в донных отложениях на структуре «Хвалынская» в 1999-2000 гг., наоборот, увеличилось относительно 1997-1998 гг. примерно в 3 раза (Таблица 3.4.6). О причинах этого увеличения судить трудно. Отметим лишь, что поскольку оно было зафиксировано не только на основном полигоне, но и на исследуемой акватории в целом, постольку его причиной не могло быть проведение буровых работ.

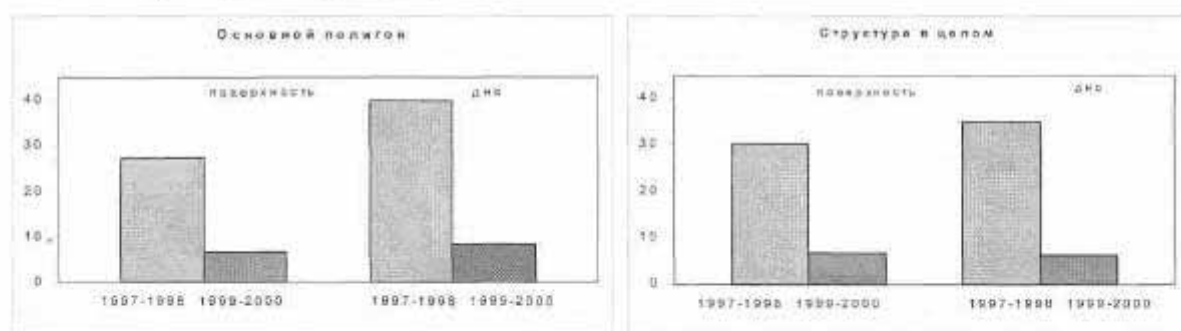


Рис. 3.4.5 СПАВ в морской воде на структуре "Хвалынская" в 1997-2000 гг.

К широко распространенным в природных водах загрязняющим веществам относятся тяжелые металлы (Химия окружающей среды, 1982). Однако пути их поступления в морскую среду порой проследить довольно трудно (Герлах, 1985), поскольку наряду с весьма многочисленными техногенными источниками существуют не менее многочисленные природные источники ТМ, среди которых основными являются поверхностный и подземный сток. Из числа антропогенных источников ТМ укажем на нефтегазодобывающую деятельность, поскольку токсичные тяжелые металлы часто содержатся в твердых и жидких буровых отходах (Патин, 1997). Однако вклад этого источника в загрязнение морской среды токсичными тяжелыми металлами (ртутью, свинцом, кадмием) незначителен. В последние годы большое значение придается атмосферным выпадениям, как промежуточному (но очень важному) звену поступления в морскую среду тяжелых металлов, выделяющихся в атмосферу с выбросами автомобильного транспорта и металлургической промышленности. Отчасти по этой причине наиболее высокие концентрации ТМ наблюдаются в прибрежных водах океанов и эпиконтинентальных морях (Израэль, Цыбань, 1981).

Ряд опубликованных данных позволяет говорить об увеличении объема поступления тяжелых металлов в Каспийское море из техногенных источников. К ним следует отнести увеличение концентрации тяжелых металлов в низовьях Волги, где в период с 1980 по 1995 год средняя концентрация меди возросла в 12, цинка – в 10, свинца – в 6, а кадмия – в 5 раз (Кукса, 1996). Следует также отметить, что в районах дампинга (захоронения грунтов) Северного Каспия концентрация меди в морской воде на 0,01-0,03 мг/л, а цинка на 0,1-0,2 мг/л выше, чем на фоновых станциях (Устьевая область, 1998).

В то же время повышенные концентрации ТМ, зафиксированные в устьях горных рек, в районах подъема глубинных вод и активного грязевого вулканизма (Кукса, 1996), говорят о том, что тяжелые металлы поступают в Каспийское море не только из техногенных, но из естественных источников.

Переходя к обсуждению результатов исследований содержания ТМ на структуре «Хвалынская» отметим, что в начале мы кратко охарактеризуем металлы, концентрация которых в морской воде не превышала ПДК, а затем подробно остановимся на динамике содержания ртути, железа и меди, содержание которых было выше допустимой нормы.

По данным ведомственного экологического мониторинга средняя концентрация марганца в морской воде на структуре «Хвалынская» оказалась равной 1,8 мкг/л, цинка - 3,4 мкг/л, никеля - 1,8 мкг/л, свинца - 2,1 мкг/л, кадмия - 0,4 мкг/л, бария - 13,5 мкг/л. При этом различия в средней концентрации указанных металлов между основным полигоном и акваторией структуры в целом практически не наблюдалось (Таблица 3.4.7).

В 1999-2000 гг. средняя концентрация марганца в морской воде на основном полигоне увеличилась относительно 1997-1998 гг. в 2,2 раза, никеля - в 1,2 раза, свинца - в 1,9 раз, кадмия - 3,7 раз, содержание цинка практически не изменилось, а бария - незначительно уменьшилось (Таблица 3.4.7). Аналогичные по масштабу и направленности изменения средней концентрации названных металлов произошли на структуре «Хвалынская» в целом, поэтому их причиной не могло быть проведение буровых работ. Пролить свет на причину этих изменений, как нам кажется, могли бы только специальные исследования баланса тяжелых металлов в экосистеме Северного Каспия, которые не входили в задачу ведомственного экологического мониторинга.

Таблица 3.4.7

Средняя (0-дно) концентрация тяжелых металлов в морской воде
на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Показатель	Район наблюдений	Период		
		1997-1998	1999-2000	1997-2000
Марганец, мкг/л	Основной полигон	1,19	2,59	1,89
	Структура в целом	0,87	2,62	1,75
Цинк, мкг/л	Основной полигон	3,58	3,24	3,41
	Структура в целом	3,40	3,43	3,42
Никель, мкг/л	Основной полигон	1,65	2,00	1,83
	Структура в целом	1,27	2,22	1,75
Свинец, мкг/л	Основной полигон	1,45	2,70	2,08
	Структура в целом	1,47	2,80	2,14
Кадмий, мкг/л	Основной полигон	0,18	0,66	0,42
	Структура в целом	0,18	0,65	0,42
Барий, мкг/л	Основной полигон	14,82	12,25	13,54
	Структура в целом	14,37	12,67	13,52

Из данных наблюдений следует, что средняя концентрация тяжелых металлов в донных отложениях на структуре «Хвалынская» в 1999-2000 гг. оказалась ниже, чем в 1997-1998 гг., например, содержание свинца и кадмия вообще оказалось ниже предела обнаружения (Таблица 3.4.8). Отмеченные изменения произошли как на основном полигоне, так и на структуре в целом, но не коснулись марганца, средняя концентрация которого в поверхностном слое донных отложений в отличие от других тяжелых металлов возросла, при чем в большей степени на основном полигоне. Вряд ли причиной

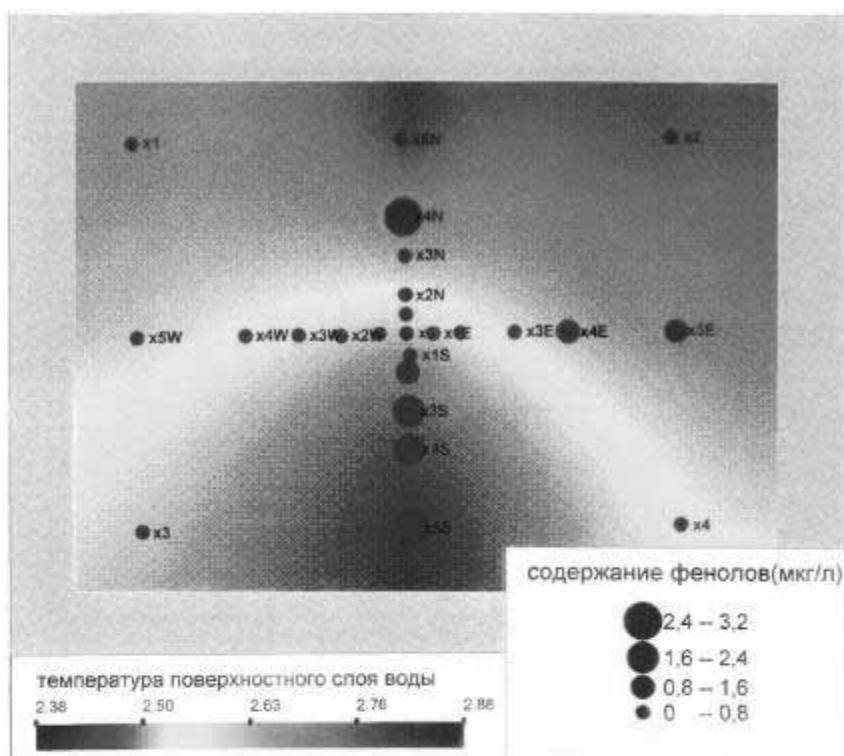


Рис. III.19 Распределение температуры и фенолов (мкг/л) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалы́нская" в марте 1998 года.

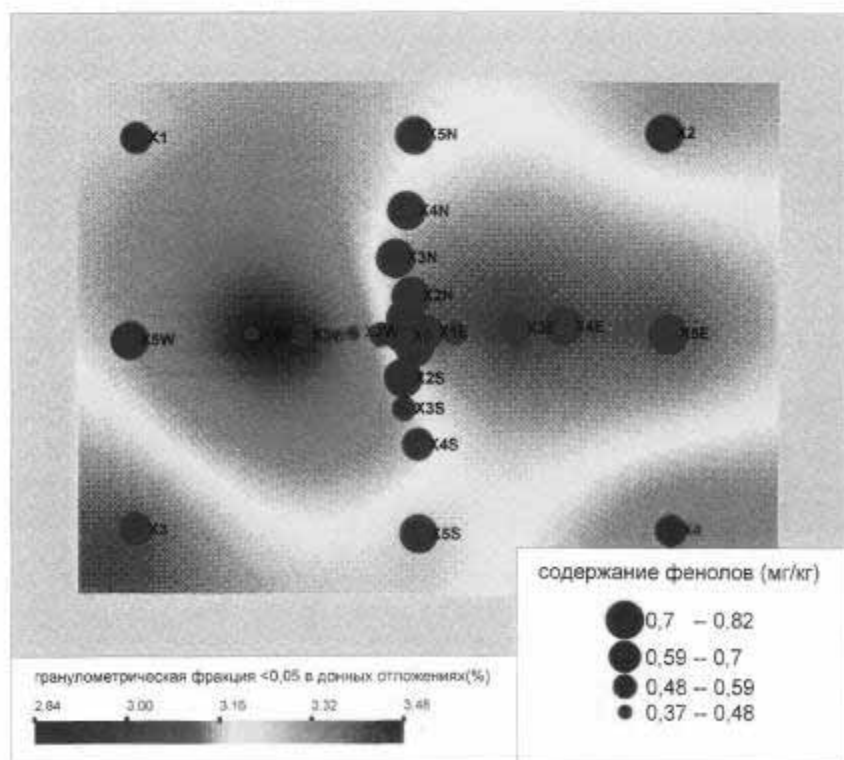


Рис. III.20 Распределение гранулометрической фракции <0,05 (%) и фенолов (мг/кг) в донных отложениях на структуре "Хвалы́нская" в марте 1998 года.

тому является проведение буровых работ, поскольку при сбросах буровых отходов с платформы загрязнение морской среды носит комплексный характер. Скорее всего различие в темпах накопления марганца между основным полигоном и структурой в целом было обусловлено специфическими особенностями поведения этого микроэлемента в донных отложениях, его тесной связью с окислительно-восстановительными условиями и кислотностью данных осадков, по которым основной полигон и структура в целом также отличались между собой.

Таблица 3.4.8

Средняя концентрации тяжелых металлов в донных отложениях
на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг

Показатель	Район наблюдений	Период		
		1997-1998	1999-2000	1997-2000
Марганец, мг/кг	Основной полигон	122,5	405,0	263,8
	Структура в целом	113,6	175,4	144,5
Цинк, мг/кг	Основной полигон	20,74	12,87	16,81
	Структура в целом	19,28	16,94	18,11
Никель, мг/кг	Основной полигон	17,23	7,83	12,53
	Структура в целом	16,54	12,71	14,63
Свинец, мг/кг	Основной полигон	16,45	< 6	-
	Структура в целом	19,80	< 6	-
Кадмий, мг/кг	Основной полигон	2,07	< 1	-
	Структура в целом	2,87	< 1	-

По нашим данным акватория структуры «Хвалынская» в 1997-2000 гг. характеризовалась устойчивым уровнем загрязнения морских вод ртутью, средняя концентрация которой постоянно превышала норму, установленную для рыбохозяйственных водоемов (0,1 мкг/л). К сожалению, источники загрязнения Каспийского моря ртутью до сих пор не выявлены. Указывается, правда, что в низовьях Волги во второй половине 80-х годов концентрация ртути увеличилась от следовых значений до 0,2-0,3 мкг/л (Кукса, 1996). Есть сведения и том, что ртуть поступает в Каспий с выделениями грязевых вулканов (Каспийское море, 1989), с бытовыми сточными водами (Мамедов и др., 1991). По данным наблюдений Росгидромета в отдельные годы (например, в 1989 году.) отмечалось резкое повышение концентрации ртути в морской воде, однако причины этого явления не были установлены (Орадовский и др., 1997).

Для увеличения средней концентрации ртути в каспийской воде от следовых количеств до уровня ПДК необходимо, чтобы в Каспий было сброшено 7-8 тысяч тонн ртути, тогда как в Мировой океан в целом из техногенных источников ежегодно поступает не более 11 тысяч тонн ртути, а с дегазацией литосферы от 25 до 150 тысяч тонн (Герлах, 1985). Сравнивая эти цифры и учитывая данные о содержании ртути в каспийской воде, полученные при проведении ведомственного экологического мониторинга, указывающие на то, что общее количество ртути в Каспии составляет 15-25 тысяч тонн, мы предполагаем, что она поступает в море в основном из естественных подземных источников, а ее периодическое «исчезновение» или, наоборот, «появление» в морской воде в основном обусловлено аналитическими трудностями определения этого элемента в природных водах.

По данным ведомственного экологического мониторинга наибольшая средняя концентрация ртути в морской воде была зафиксирована в марте 1997 года в поверхностном слое воды на основном полигоне, а наименьшая средняя - в марте следующего года также в поверхностном слое, но уже на всей акватории, охваченной наблюдениями (Таблица 3.4.9). Абсолютный максимум ртути, равный 3,60 мкг/л, отмечен в марте 1997 года в придонном слое воды. К сожалению регулярных наблюдений, позволяющих ус-

тановить пределы изменчивости концентрации ртути в морской воде в районе структуры «Хвалынская» ранее не проводилось. Поэтому сравнивать данные, полученные при проведении ведомственного экологического мониторинга практически не с чем.

Таблица 3.4.9

Содержание ртути в морской воде на структуре
«Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Показатель	Гори- зонт	Месяц, год					
		03.1997	11.1997	03.1998	07.1999	12.1999	04.2000
Основной полигон							
Средняя концентрация ртути, мкг/л	0	0,88	0,22	0,17	0,47	0,24	0,41
	дно	0,54	0,27	0,18	0,32	0,36	0,35
Структура в целом							
Средняя концентрация ртути, мкг/л	0	0,30	0,22	0,17	0,34	0,25	0,47
	дно	0,23	0,24	0,18	0,33	0,31	0,47

В 1999-2000 гг. средняя концентрация ртути в морской воде на основном полигоне осталась на том же уровне, на каком она была в 1997-1998 гг. Однако, на акватории структуры «Хвалынская» в целом содержание ртути увеличилось в среднем в полтора раза (Рис. 3.4.6), причиной чего не могло быть проведение буровых работ, поскольку сбросы ЗВ с буровой платформы, если бы они имели место, в первую очередь отразились бы на уровне загрязнения морских вод основного полигона.

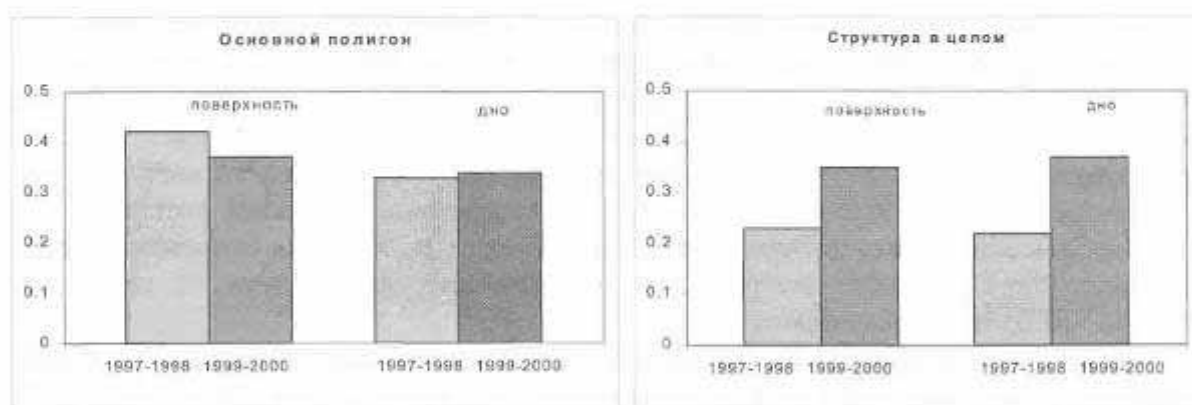


Рис. 3.4.6. Ртуть в морской воде на структуре "Хвалынская" в 1997-2000 гг.(мкг/л)

В то же время настоящие причины повышения содержания ртути в морской воде на структуре «Хвалынская» в 1999-2000 гг. нам установить не удалось. Судя по характеру пространственной изменчивости концентрации ртути источники ее поступления на акваторию, охваченную наблюдениями, были расположены за пределами последней и ассоциировались в одних случаях с адвекцией распресненных вод (Рис. III.21), а в других, наоборот, с поступлением соленых морских вод (Рис. III.22). С учетом естественного происхождения ртути в каспийской воде, о чем было сказано выше, мы предполагаем, что на акваторию структуры «Хвалынская» она в основном поступает со среднекаспийскими водами, о чем говорит положительная связь распределения ртути и солености в придонном слое (Рис. III.23).

Интересно, что пространственно-временная изменчивость концентрации ртути в донных отложениях на структуре «Хвалынская» оказалась во многом сходной с динамикой содержания этого элемента в морской воде. Наибольшее среднее содержание ртути в донных отложениях так же, как и в воде, было зафиксировано в первую и по-

следную съемку. В 1999-2000 гг. содержание ртути в поверхностном слое донных осадков на структуре «Хвалынская» в целом также увеличилось относительно 1997-1998 гг. примерно в полтора раза, оставшись практически неизменным на основном полигоне (Таблица 3.4.10). Все это говорит о весьма интенсивном обмене ртутью между донными осадками и морской водой на структуре «Хвалынская», на что указывает также то, что ее максимальная концентрация в донных отложениях порою была приурочена к зоне накопления мелкозернистой фракции морских осадков (Рис. III.24).

Таблица 3.4.10

Средняя концентрация ртути (мг/кг) в донных отложениях
на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Район Наблюдений	Месяц, год						Период		
	март 1997	ноябрь 1997	март 1998	июль 1999	декабрь 1999	апрель 2000	1997- 1998	1998- 2000	1997- 2000
Основной полигон	0,016	0,015	0,002	0,003	0,004	0,028	0,011	0,012	0,012
Структура в целом	0,014	0,013	0,003	0,003	0,008	0,030	0,010	0,014	0,012

Основными источниками поступления железа и меди в Каспийское море являются поверхностный и подземный сток. В речной воде эти элементы, как правило, концентрируются в неустойчивых минералах или мигрируют в виде растворов. В результате после попадания в море железо и медь активно участвуют в биогенной миграции и образовании различных форм тонкой минеральной и органической взвеси, осаждающейся в основном в глубоководных халистатических областях (Каспийское море, 1989).

Несмотря на то, что по данным ведомственного экологического мониторинга концентрация железа в морской воде регулярно, а меди эпизодически превышала ПДК, мы полагаем, что содержание этих микроэлементов в Каспийском море соответствует некоему геохимическому фону, свойственному этому по сути внутреннему водоему. Фактов, подтверждающих это, в настоящее время недостаточно в научной литературе, но мы надеемся обнаружить их после обобщения всех имеющихся на сегодняшний день материалов комплексных экологических исследований, проводимых по программе ОАО «ЛУКОЙЛ» на Каспийском море.

Наибольшее среднее по структуре содержание железа было зафиксировано в июле 1999 года в придонном слое воды, а наименьшее - в поверхностном слое в марте 1998 года (Таблица 3.4.11). Абсолютный максимум железа, равный 0,23 мг/л, отмечен в декабре 1999 года в придонном слое воды. Ранее регулярных наблюдений, позволяющих установить пределы изменчивости концентрации железа в морской воде в районе структуры «Хвалынская» не проводилось. Поэтому сравнивать данные, полученные при проведении ведомственного экологического мониторинга практически не с чем.

В 1999-2000 гг. содержание железа в морской воде на основном полигоне увеличилось относительно 1997-1998 гг. примерно в 2-3 раза. При этом на акватории структуры «Хвалынская» в целом содержание железа претерпело аналогичные изменения (Рис. 3.4.7). Поэтому связывать это увеличение с проведением буровых работ у нас нет никаких оснований. Действительно, для того, чтобы содержание железа в морской воде увеличилось с 30 до 70 мкг/л, на акваторию структуры «Хвалынская» следовало бы сбросить 4 тысячи тонн железа, то есть, как минимум, в тысячу раз больше буровых отходов. Для этого здесь следовало бы пробурить не одну, а три тысячи скважин, сбрасывая при этом все отходы в море. Но поскольку этого не произошло, то причины повышения содержания железа в морской воде на структуре «Хвалынская» надо искать за ее пределами.

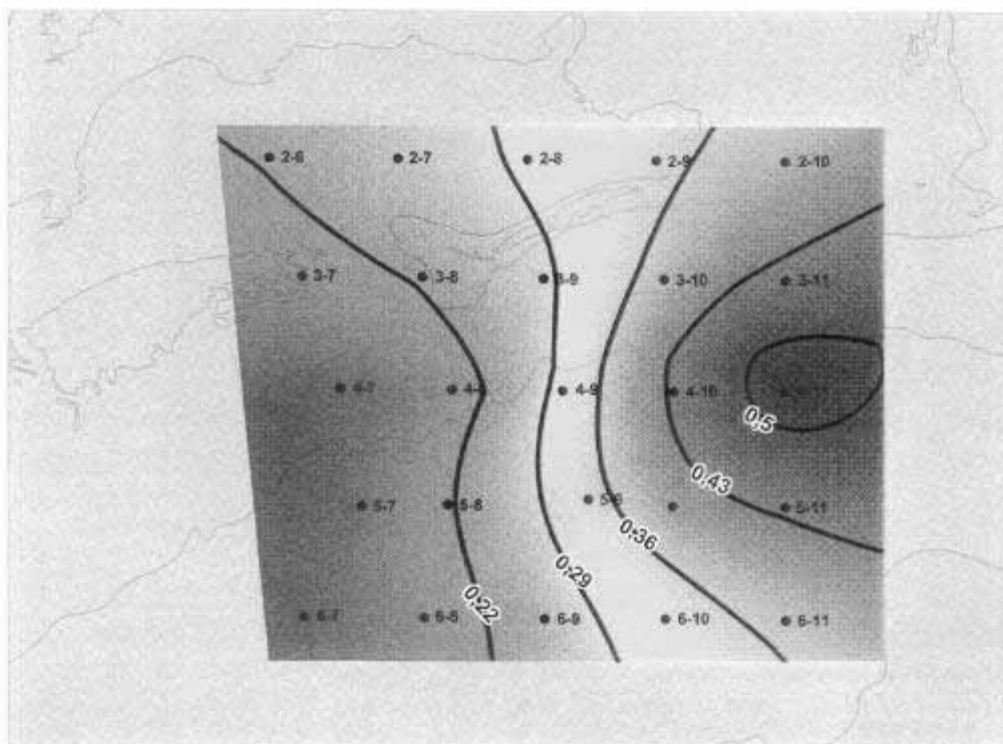


Рис. III.21 Распределение ртути (мкг/л) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалынская" в марте 1997 года.

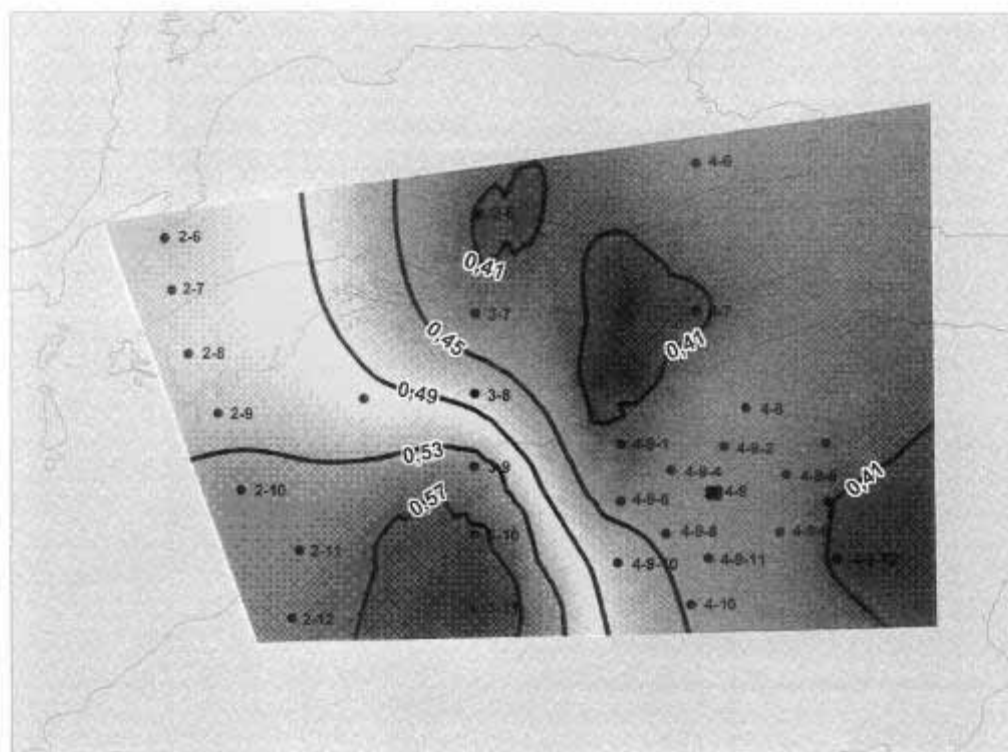


Рис. III.22 Распределение ртути (мкг/л) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалынская" в апреле 2000 года.

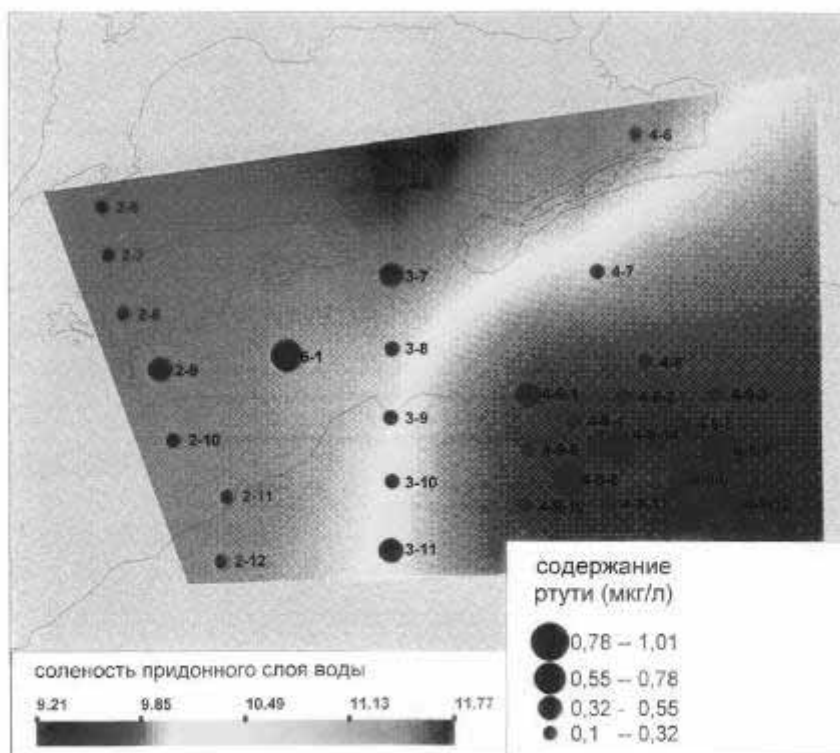


Рис. III.23 Распределение солёности и ртути (мкг/л) в придонном слое воды на структуре "Хвалы́нская" в декабре 1999 года.

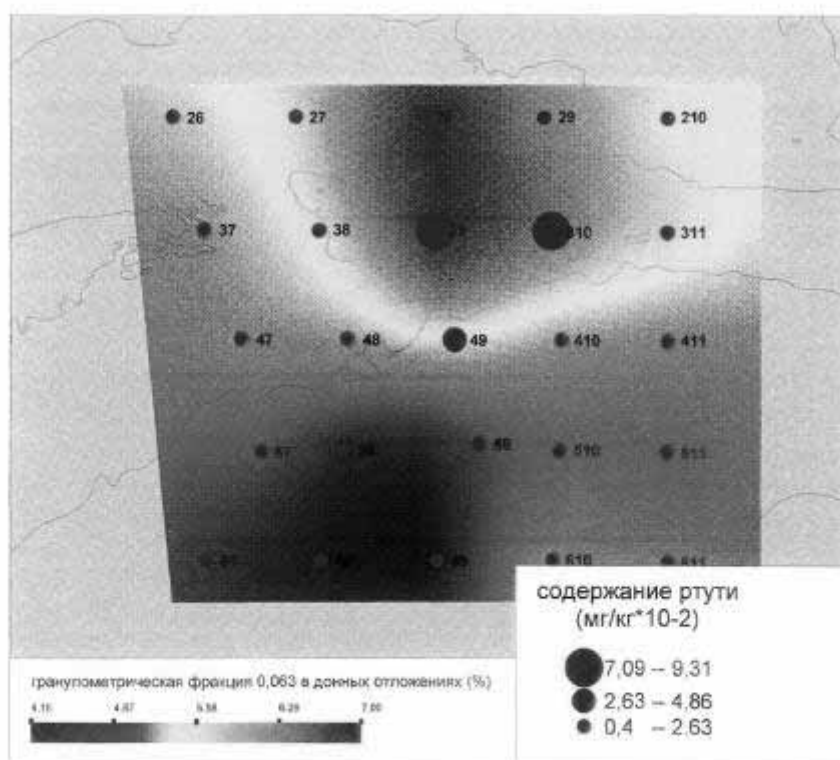


Рис. III.24 Распределение гранулометрической фракции <0,063 (%) и ртути (мг/кг) в донных отложениях на структуре "Хвалы́нская" в марте 1997 года.

Таблица 3.4.11

Содержание железа и меди в морской воде на структуре
«Хвалынская» в 1997-2000 гг

Показатель	Гори- Зонт	Месяц, год					
		03.1997	11.1997	03.1998	07.1999	12.1999	04.2000
Железо, мкг/л	0	59,8	19,4	15,8	79,1	59,5	77,1
	Дно	55,8	15,9	16,6	82,8	64,6	45,3
Медь, мкг/л	0	2,8	1,1	0,8	2,2	2,9	2,4
	дно	3,7	1,4	1,0	2,6	3,2	2,4

По-видимому, эти причины так или иначе связаны с биогеохимическими процессами, а не с загрязнением морских вод. Судя по характеру пространственного распределения железа в морской воде, его максимальные концентрации приурочены к биогеохимически активной зоне взаимодействия распресненных и соленых морских вод, к районам максимального уплотнения изогалин. При проведении ведомственного экологического мониторинга это было зафиксировано неоднократно, например, в июле 1999 года (Рис. III.25) или, в апреле 2000 года (Рис. III.26).

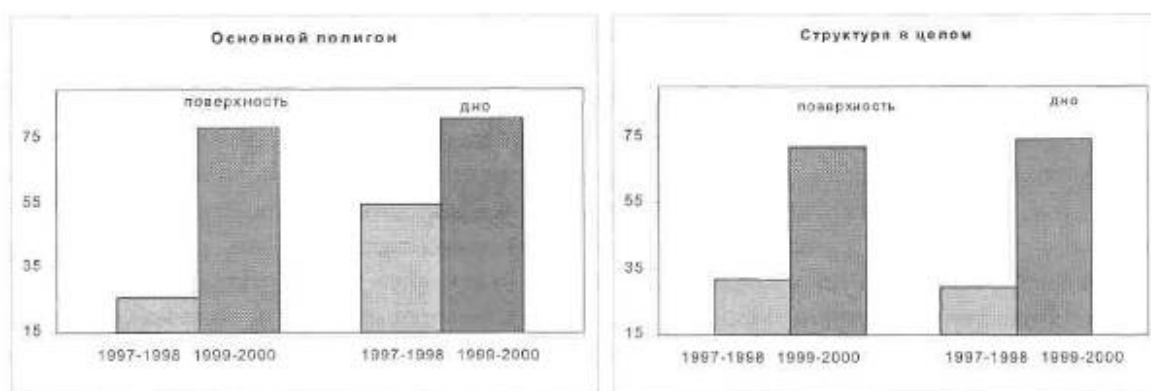


Рис. 3.4.7. Железо в морской воде на структуре "Хвалынская" в 1997-2000 гг.(мкг/л)

Данные ведомственного экологического мониторинга подтверждают ранее сделанные выводы о сходстве в поведении ряда тяжелых металлов (Fe, Cu, Co, Ni, Hg) в воде Каспийского моря (Каспийское море, 1989). По крайней мере, черты этого сходства многократно проявлялись в пространственном распределении указанных микроэлементов на акватории структуры «Хвалынская», в качестве примера тому укажем на распределение железа и ртути в поверхностном слое воды в апреле 2000 года (Рис. III.27).

Концентрация железа в донных отложениях на основном полигоне в среднем оказалась несколько выше, чем на структуре «Хвалынская» в целом. Однако, оба эти района оказались весьма сходны по динамике содержания железа в донных отложениях, поскольку и там и тут в 1999-2000 гг. оно уменьшилось относительно 1997-1998 гг. (Таблица 3.4.12). Различие в уровне и динамике содержания железа между исследуемой акваторией в целом и основным полигоном мы объясняем большей глубиной последнего. Выше уже отмечалось, что содержание железа в донных отложениях Каспийского моря увеличивается с глубиной. В то же время, в отличие от глубоководных районов, где железо концентрируется в тонкопелитовой фракции, на мелководье и, особенно, вблизи устьев рек железо часто обнаруживается в алевритовой и более крупных фракциях поверхностного слоя донных осадков (Каспийское море, 1989). Это заключение

также нашло подтверждение в данных ведомственного экологического мониторинга (Рис. III.28).

Таблица 3.4.12

Средняя концентрация железа и меди в донных отложениях
на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Показатель	Район Наблюдений	Период		
		1997-1998	1999-2000	1997-2000
Железо, г/кг	Основной полигон	3,60	3,12	3,36
	Структура в целом	3,34	2,49	2,92
Медь, мг/кг	Основной полигон	13,61	12,20	12,91
	Структура в целом	14,20	9,36	11,78

Динамика содержания меди в морской воде на структуре «Хвалынская» в многом сходна с динамикой содержания железа. Наибольшее среднее по структуре содержание меди было зафиксировано в марте 1997 года в придонном слое воды, а наименьшее - в этом же слое в марте следующего года (Таблица 3.4.11). Абсолютный максимум меди, равный 0,03 мг/л, отмечен в марте 1997 года в поверхностном слое воды. Ранее регулярных наблюдений, позволяющих установить пределы изменчивости концентрации меди в морской воде в районе структуры «Хвалынская» не проводилось.

В 1999-2000 гг. содержание меди в морской воде на основном полигоне увеличилось относительно 1997-1998 гг. примерно в полтора раза. При этом на акватории структуры «Хвалынская» в целом содержание меди претерпело аналогичные изменения (Рис. 3.4.8), поэтому связывать это увеличение с проведением буровых работ у нас нет никаких оснований. Причины повышения содержания меди, так же, как и железа, в морской воде на структуре «Хвалынская» надо искать за ее пределами. Действительно, судя по характеру пространственного распределения меди в морской воде на структуре «Хвалынская» ее основным источником здесь является адвекция соленых среднекаспийских вод (Рис. III.29). Однако, в их массе медь также распределена неравномерно (Рис. III.30). Здесь же мы считаем важным еще раз указать на сходство в поведении ряда тяжелых металлов (Fe, Cu, Hg) в воде Каспийского моря. Черты этого сходства были обнаружены нами в пространственном распределении железа и меди в поверхностном слое воды на структуре «Хвалынская» в апреле 2000 года (Рис. III.31).

По данным ведомственного экологического мониторинга в 1997-2000 гг. концентрация меди в донных отложениях на основном полигоне в среднем была несколько выше, чем на структуре «Хвалынская» в целом. Однако, оба эти района оказались весьма сходны по динамике содержания меди в донных отложениях, поскольку и там и тут в 1999-2000 гг. оно уменьшилось относительно 1997-1998 гг. (Таблица 3.4.12). Различие в уровне и динамике содержания меди между исследуемой акваторией в целом и основным полигоном мы объясняем большей глубиной последнего, ведь содержание меди (так же, как и железа) в донных отложениях Каспийского моря увеличивается с глубиной. В то же время, в отличие от глубоководных районов, где медь концентрируется в тонкозернистой фракции донных отложений, на устьевых взморьях рек медь не редко обнаруживается крупнозернистых фракциях донных осадков (Каспийское море, 1989), что подтверждается данными ведомственного экологического мониторинга (Рис. III.32).

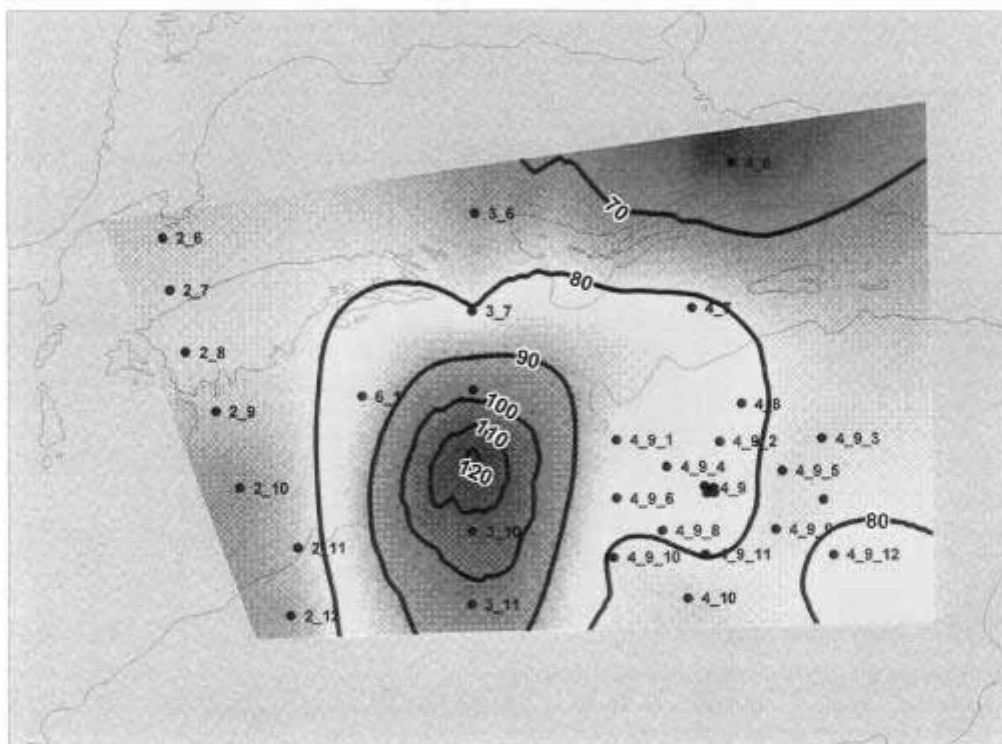


Рис. III.25 Распределение железа (мкг/л) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалынская" в июле 1999 года.

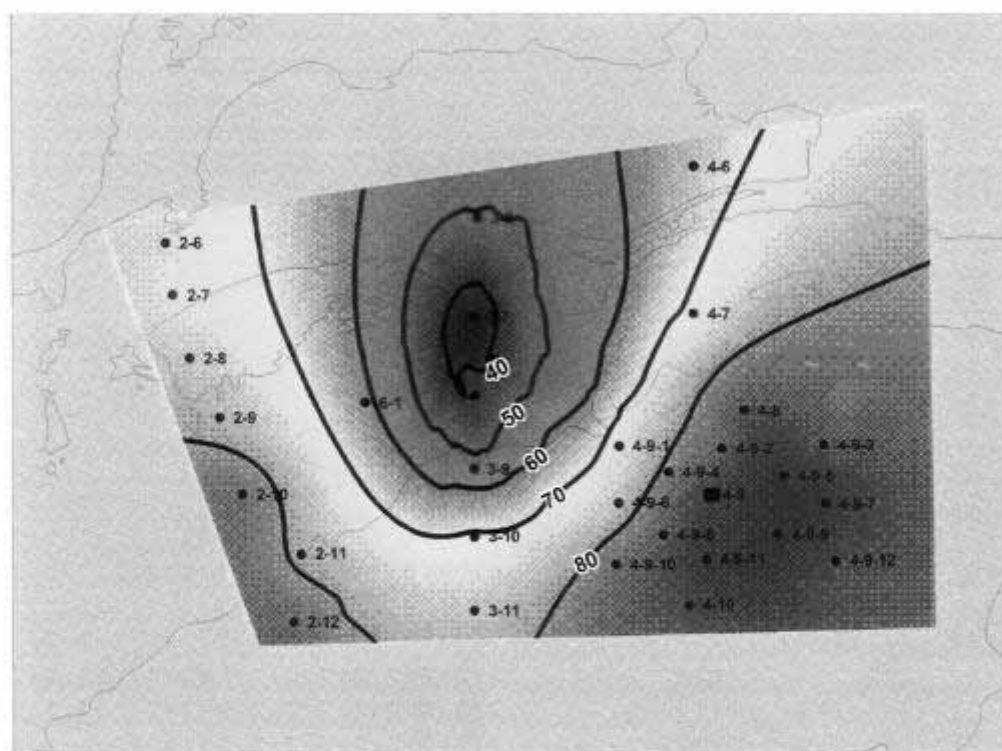


Рис. III.26 Распределение железа (мкг/л) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалынская" в апреле 2000 года.

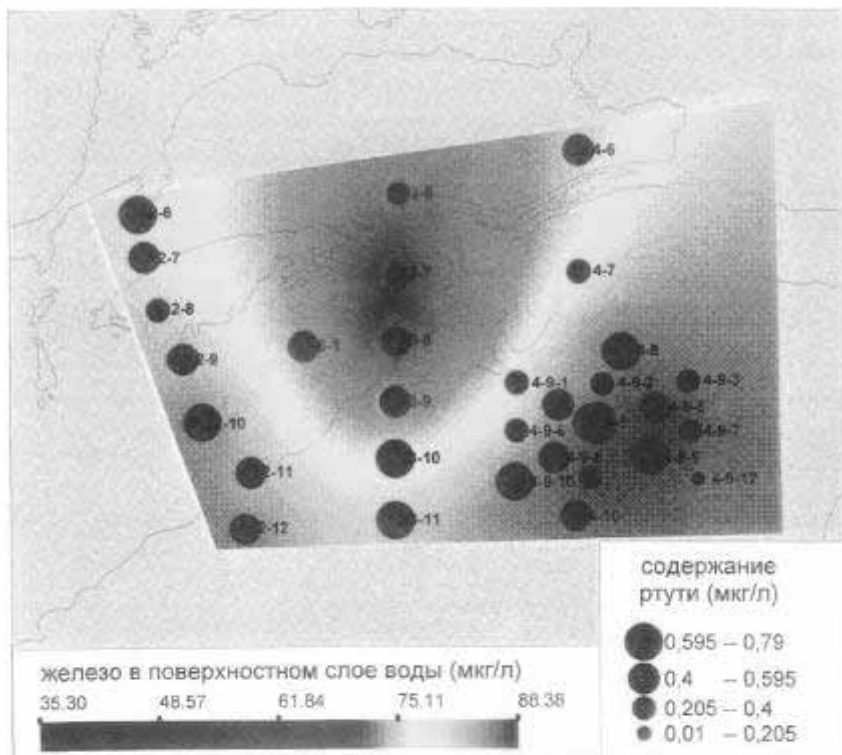


Рис. III.27 Распределение железа (мкг/л) и ртути (мкг/л) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалынская" в апреле 2000 года.

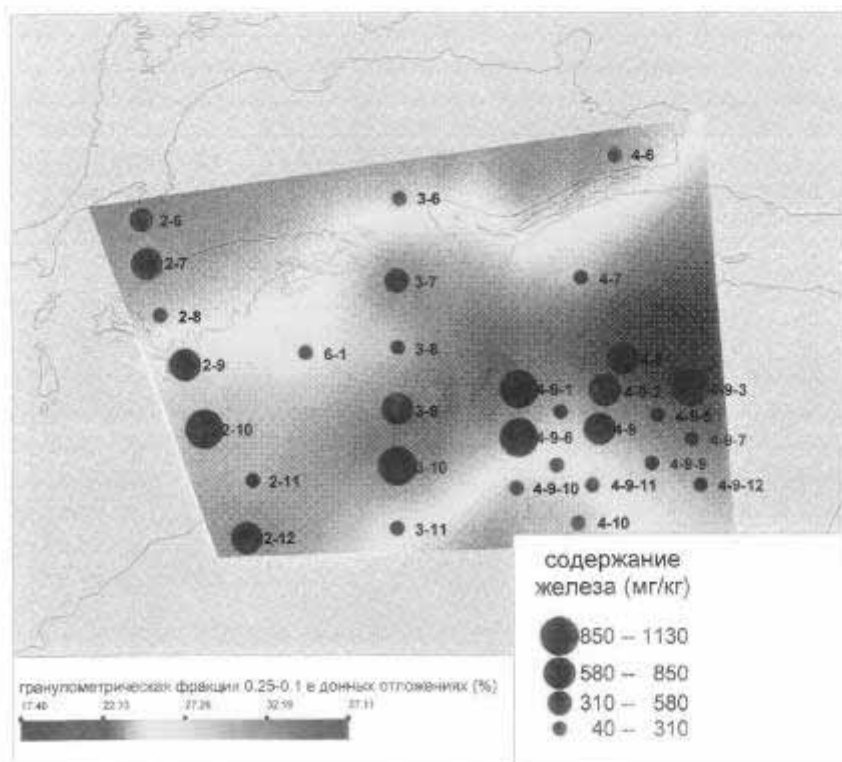


Рис. III.28 Распределение гранулометрической фракции 0.25-0.1 (%) и железа (мг/кг) в донных отложениях на структуре "Хвалынская" в июле 1999 года.

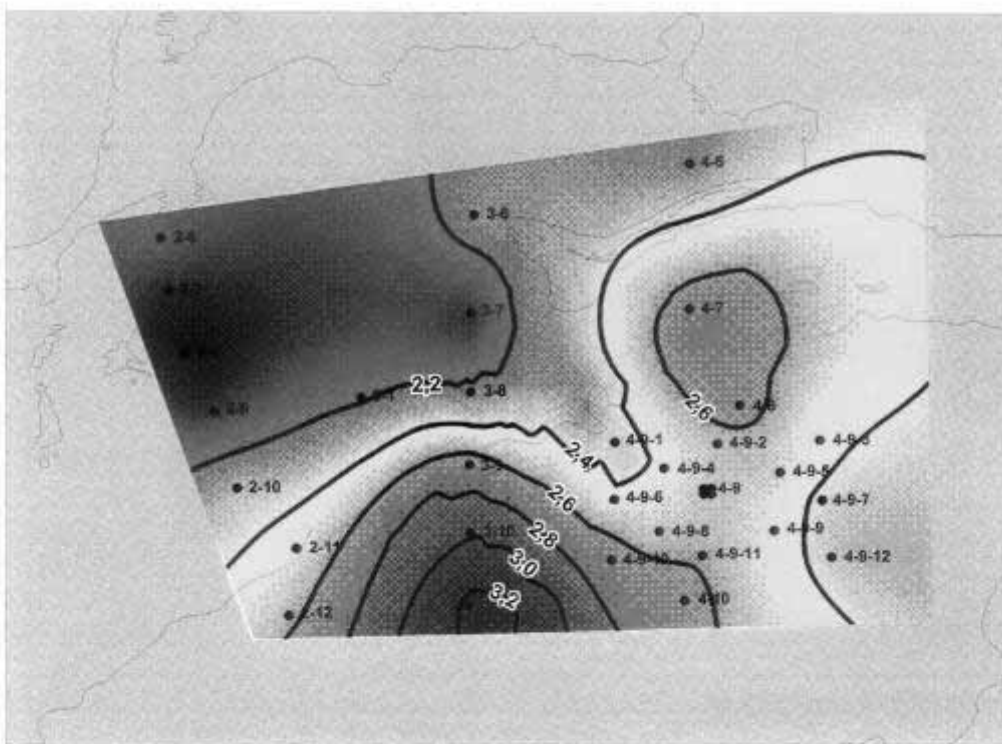


Рис. III.29 Распределение меди (мкг/л) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалынская" в апреле 2000 года.

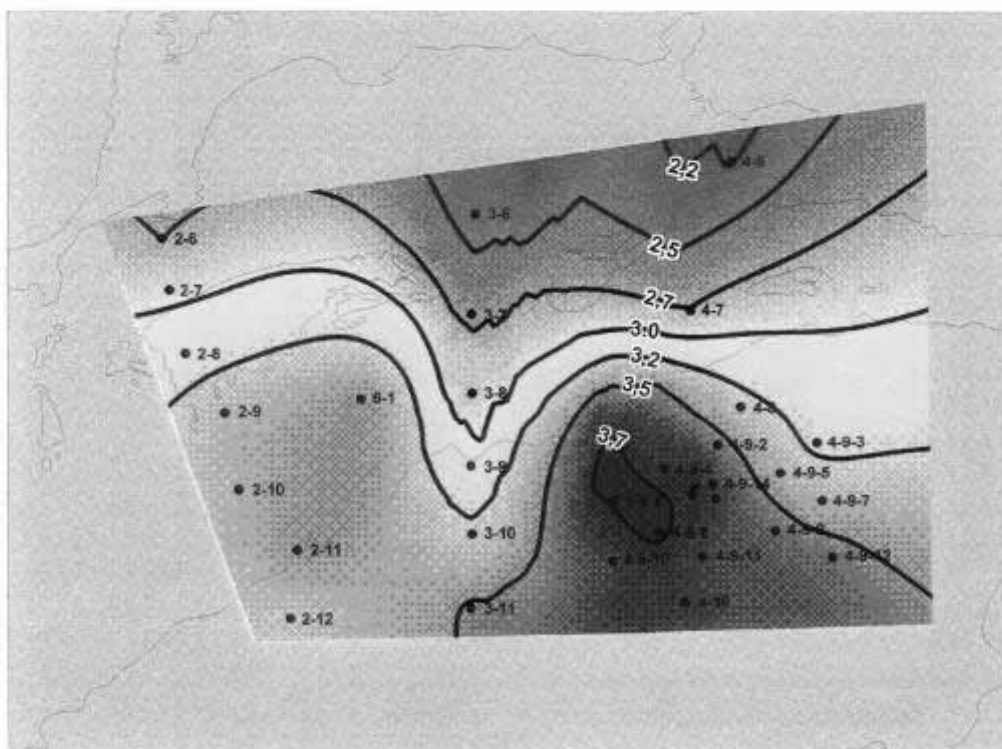


Рис. III.30 Распределение меди (мкг/л) в придонном слое воды на структуре "Хвалынская" в декабре 1999 года.

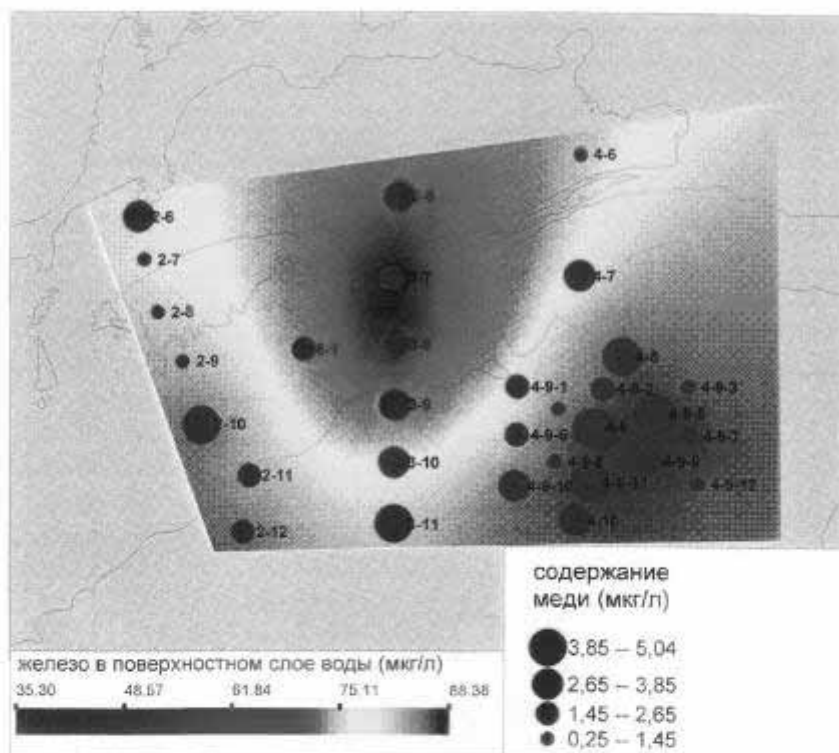


Рис. III.31 Распределение железа (мкг/л) и меди (мкг/л) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалынская" в апреле 2000 года.

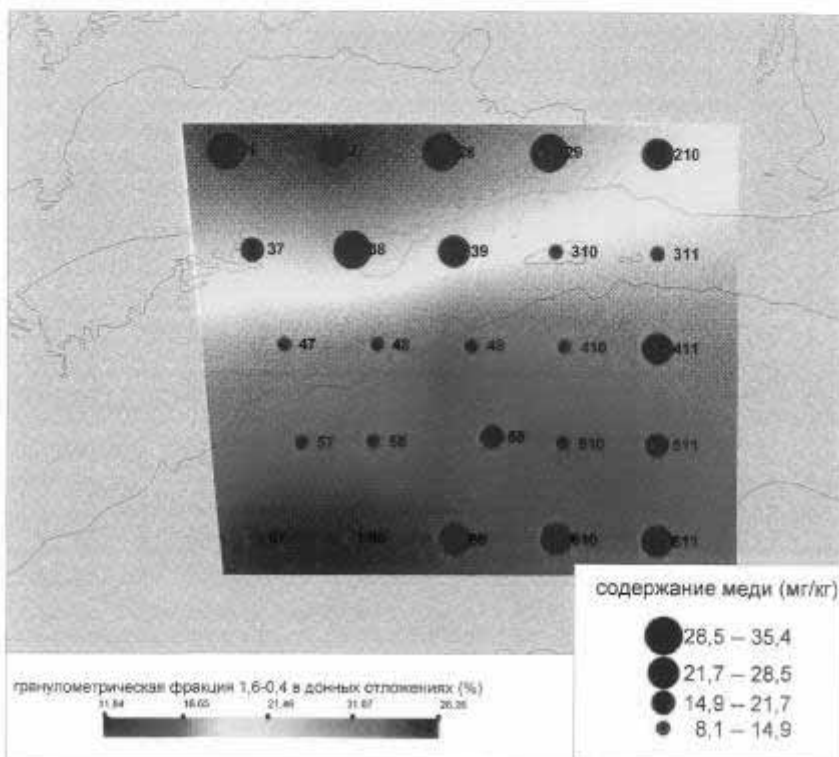


Рис. III.32 Распределение гранулометрической фракции 1,6-0,4 (%) и меди (мг/кг) в донных отложениях на структуре "Хвалынская" в марте 1997 года.

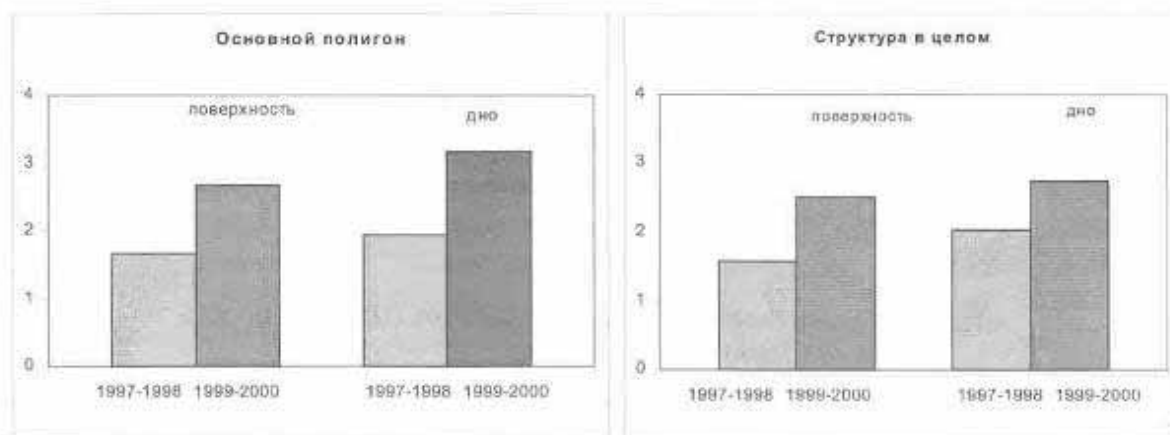


Рис. 3.4.8. Медь в морской воде на структуре "Хвалынская" в 1997-2000 гг.(мкг/л)

Исследовав весьма подробно пространственно-временную изменчивость содержания тяжелых металлов в морской среде на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг., мы вынуждены признать, что ни на их баланс, ни на их распределение здесь никоим образом не повлияло проведение буровых работ. Из этого следует, что предпринятые меры, направленные на предотвращение сброса буровых отходов, оказались весьма эффективными и вполне способны обеспечить защиту морской среды от попадания в нее токсичных загрязняющих веществ.

В группу наиболее токсичных и устойчивых в окружающей природной среде хлорорганических соединений входят полихлорированные бифенилы, ранее широко применявшиеся в промышленности. Несмотря на то, что после обнаружения токсического действия ПХБ на живые организмы, их производство в мире существенно сократилось, присутствие ПХБ обнаруживается практически во всех компонентах морской среды (Герлах, 1985). Есть сведения и том, что ПХБ содержатся в буровых отходах (Патин, 1997). Указанные обстоятельства послужили основанием для включения в программу ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская» определения содержания в морской воде и донных отложениях полихлорированных бифенилов. Следует отметить, что ранее исследования ПХБ в Каспийском море не проводились.

В морской воде на структуре «Хвалынская» были обнаружены 8 индивидуальных конгинеров ПХБ с номерами (согласно Международной классификации IUPAC) 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 180 (Таблица 3.4.13). При этом максимальная концентрация каждого из них не превышала 3,0 нг/л, а максимальное значение суммы ПХБ составило 6,8 нг/л. Средняя за весь период наблюдений концентрация индивидуальных конгинеров ПХБ не превышала 0,4 нг/л, а среднее значение их суммы составило 1,0 нг/л.

Как следует из приведенных в Таблице 3.4.13 данных, уровень содержания индивидуальных ПХБ в морской воде на основном полигоне, как правило, соответствует уровню их содержания на структуре в целом. Особенно ярко это проявилось в 1997-1998 гг. В последующие два года концентрация отдельных конгинеров ПХБ увеличилась, но только на структуре в целом, оставшись на основном полигоне практически без изменений. Соответственно изменилась и сумма ПХБ в морской воде (Рис. 3.4.9).

Различие в уровне и динамике содержания ПХБ между исследуемой акваторией в целом и основным полигоном мы объясняем меньшей подверженностью последнего влиянию речного стока, который, по нашему мнению, является основным источником полихлорбифенилов в Каспийском море. С другой стороны это различие является еще одним доказательством отсутствия сбросов загрязняющих веществ с буровой платформы, поскольку при наличии таковых повышение концентрации ПХБ в морской воде

скорее произошло бы на основном полигоне, чем на структуре «Хвалынская» в целом. Об отсутствии сбросов ЗВ свидетельствует и то, что концентрация суммы ПХБ в донных отложениях на основном полигоне в 1999-2000 гг. понизилась относительно 1997-1998 гг. с 0,52 до 0,36 мкг/кг. Впрочем, на структуре «Хвалынская» в целом также произошло уменьшение содержания суммы ПХБ в донных отложениях, но здесь оно не было столь заметным (с 0,55 до 0,43 мкг/кг).

Таблица 3.4.13

Средняя концентрация полихлорбифенилов (ПХБ) в морской воде на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Показатель	Район наблюдений	Период		
		1997-1998	1999-2000	1997-2000
28 нг/л	Основной полигон	0	0,02	0,01
	Структура в целом	0	0,01	0,01
52 нг/л	Основной полигон	0,04	0,07	0,06
	Структура в целом	0,04	0,06	0,05
101 нг/л	Основной полигон	0,07	0,26	0,17
	Структура в целом	0,09	0,27	0,18
105 нг/л	Основной полигон	0,06	0	0,03
	Структура в целом	0,06	0	0,03
118 нг/л	Основной полигон	0,27	0,38	0,33
	Структура в целом	0,28	0,47	0,38
138 нг/л	Основной полигон	0,26	0,06	0,16
	Структура в целом	0,25	0,17	0,21
153 нг/л	Основной полигон	0,12	0,13	0,13
	Структура в целом	0,14	0,24	0,19
156 нг/л	Основной полигон	0	0	0
	Структура в целом	0	0	0
180 нг/л	Основной полигон	0,03	0	0,02
	Структура в целом	0,01	0,01	0,01

Хлорорганические соединения являются индикатором техногенного загрязнения окружающей природной среды, однако в морской воде сумма хлорированных углеводородов может существенно превышать сумму ХОП и ПХБ, что говорит о существовании неизвестных техногенных, а возможно и природных источников поступления ХОС в моря (Герлах, 1985). Для решения стоящей перед нами задачи важно, что одни из ХОС, а именно хлорорганические пестициды, не используются в буровых работах, и потому являются показателем загрязнения морских вод, не связанного с их проведением. С этой точки зрения мы в основном и рассматривали данные о содержании ХОП в морской среде, полученные при проведении ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская».

Хлорорганические пестициды поступают в Каспийское море в основном с речным стоком и атмосферными осадками. В 1983-1986 гг. средний сток ДДТ в вершине дельты Волги составил 6,01 тонны, ГХЦГ - 2,07 тонны, в 1987-1990 гг. сток ДДТ уменьшился до 1,41 тонны, сведения о стоке ГХЦГ имеются только по 1990 году, когда он был равен 29,0 тонны (Устьевая область, 1998). Судя по содержанию ДДТ и ГХЦГ в атмосферных осадках над южными районами ЕТР (Обзор фоновое состояние, 1999) в Каспий вместе с ними ежегодно поступает 3-4 тонны ДДТ и в 20-25 раз меньше ГХЦГ. Таким образом, основным источником ДДТ для Каспийского моря является атмосферные осадки, а основным источником ГХЦГ - речной сток.

Динамика содержания ДДТ и ГХЦГ в воде и донных отложениях Северного Каспия по-видимому связана с объемом их поступления, так как в дельте и авандельте Волги их осаждение невелико (Устьевая область, 1998). Так в период 1986-1991 гг. содержание ДДТ в придонном слое воды Северного Каспия уменьшилось с 42 до 13 нг/л, а содержание ГХЦГ в 1991 году, наоборот, резко возросло (Афанасьева и др., 1993). Последнее, очевидно, обусловлено увеличением объема стока ГХЦГ в 1990 году. В связи с наблюдающимся в 90-х годах постепенным уменьшением содержания ДДТ и ГХЦГ в почвах, поверхностных водах, атмосферном воздухе и осадках бассейна Каспийского моря (Обзор фоновое состояние, 1999) уровень содержания ХОП в Каспии также снижается. В 1997 году по данным Росгидромета средняя суммарная концентрация ХОП в устьевой области Волги и западной части Северного Каспия не превышала 1 нг/л (там же, стр. 90).

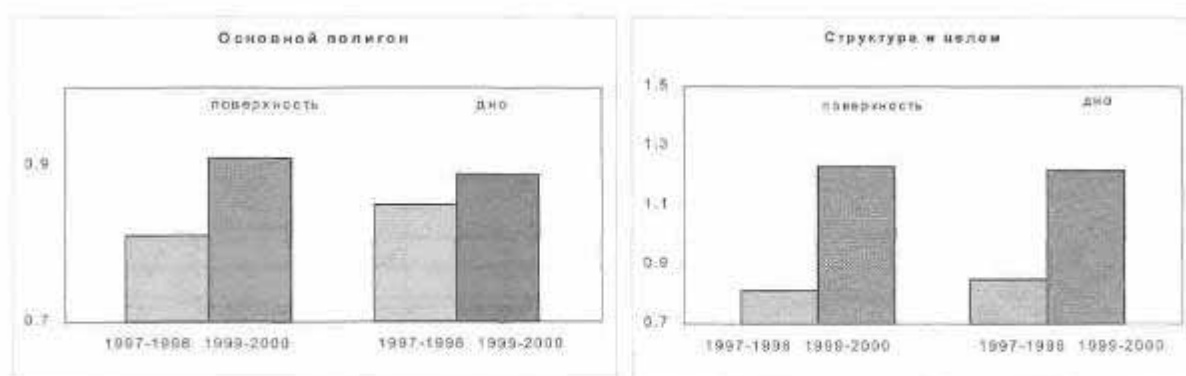


Рис. 3.4.8. Сумма ПХБ в морской воде на структуре "Хвалынская" в 1997-2000 гг. (нг/л)

По данным ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская» средняя за период наблюдений (1997-2000 гг.) суммарная концентрация ХОП составила 1,95 нг/л. Однако, список определяемых ХОП при этом был существенно шире, чем в исследованиях, проводившихся ранее. Средняя же суммарная концентрация ДДТ и ГХЦГ в морской воде по нашим данным не превышала 1 нг/л. Таким образом, они подтверждают имеющиеся в литературе сведения об относительно низком содержании ХОП в Каспийском море в настоящее время.

По данным ведомственного экологического мониторинга в морской воде на структуре «Хвалынская» преобладают хлорорганические пестициды ГХЦГ и ДДТ, включая метаболиты последнего (ДДД и ДДЭ), суммарная концентрация которых составляет 80% от суммы всех обнаруженных ХОП (Таблица 3.4.14). Максимальная концентрация отдельных соединений из этой группы превысила 1 нг/л, для 4,4- ДДТ она составила 3,9 нг/л, для 4,4-ДДД и 4,4-ДДЭ - 1,2 нг/л. Среди ХОП, не относящихся к этой группе, только максимальная концентрация гептилхлорэпоксида превысила 1 нг/л.

Обращает на себя внимание некоторое повышение содержания ХОП в морской воде на структуре «Хвалынская» в 1999-2000 гг. относительно 1997-1998 гг. Оно не коснулось только ГХЦГ, концентрация которого уменьшилась, причиной чего, учитывая сказанное выше, скорее всего, явилось уменьшение объема его поступления в Северный Каспий с поверхностным стоком. Повышение концентрации ХОП в основном произошло за счет увеличения содержания ДДТ и его метаболитов (ДДД и ДДЭ), то есть за счет тех пестицидов, основным источником поступления которых в Каспийское море в настоящее время являются атмосферные осадки. Возможно, это связано с усилением каспийской зональной циркуляции атмосферы (см. Раздел 3.1), активизацией выноса загрязненных ДДТ воздушных масс с районов Малой Азии и Северной Африки. На «свежий» характер загрязнения ДДТ Каспийского моря указывает достаточно высо-

кое отношение суммы ДДТ к сумме его метаболитов (ДДД и ДДЭ), не только близкое к единице, но и отличавшееся постоянством в течение всего периода наблюдений.

Таблица 3.4.14

Содержание хлорорганических пестицидов в морской воде
на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Показатель	Концентрация, нг/л			
	Средняя 1997-1998гг.	Средняя, 1999-2000гг.	Средняя, 1997-2000гг.	Максимальная, 1997-2000гг.
Пентахлорбензол	0,02	0,03	0,03	0,14
α-ГХЦГ	0,22	0,15	0,19	0,78
Гексахлорбензол	0,23	0,27	0,25	0,81
β-ГХЦГ	0	0	0	<0,05
γ-ГХЦГ	0,32	0,03	0,18	1,02
Гептахлор	0,02	0,08	0,05	0,38
Альдрин	0	0	0	<0,05
Октахлорстирол	0	0	0	<0,05
Гептахлорэпоксид	0,03	0,08	0,06	1,15
Трансхлордан	0	0	0	<0,05
2,4-ДДЭ	0,05	0,10	0,08	0,28
Цис-хлордан	0	0	0	<0,05
Транс-напохлор	0	0	0	<0,05
4,4-ДДЭ	0,30	0,41	0,36	1,19
2,4-ДДД	0,03	0,04	0,04	0,37
4,4-ДДД	0,10	0,13	0,12	1,20
Цис-напохлор	0	0	0	<0,05
2,4-ДДТ	0,10	0,20	0,15	0,81
4,4-ДДТ	0,40	0,47	0,44	3,90
Мирекс	0	0	0	<0,05
Фотомирекс	0	0	0	<0,05

Как показывают расчеты, для наблюдавшегося повышения концентрации ДДТ и его метаболитов в Северном Каспии необходимо, чтобы объем их поступления с атмосферными осадками увеличился всего на 200 кг. Если ежегодное поступление такого количества ХОП на акваторию, еще может повлиять на их запасы в морской воде, то на содержании ХОП в донных отложениях оно практически не должно отразиться. Для увеличения содержания пестицидов в поверхностном (толщиной несколько сантиметров) слое морских осадков на 1 мкг/кг объем их ежегодного поступления в Северный Каспий должен увеличиться не менее, чем на тонну.

В соответствии с этими соображениями и, учитывая уменьшение объема поступления ХОП в Северный Каспий с поверхностным стоком, в 1997-2000 гг. следовало ожидать уменьшения содержания ХОП в донных отложениях Каспийского моря, что и было подтверждено данными ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская». Здесь в 1997-2000 гг. в донных отложениях вообще не было выявлено хлорорганических пестицидов, концентрация которых превышала пределы их обнаружения (Таблица 3.4.15). В 1997-1998 гг. в донных отложениях присутствовали ГХЦГ, концентрация которых постепенно снижалась, а также ДДТ и его метаболиты. Интересно, что концентрация собственно ДДТ составила всего 5% от суммы ДДТ, ДДД и ДДЭ, из чего следует, что источник поступления ДДТ в донные отложения Северного Каспия в настоящее время бездействует.

Таблица 3.4.15

Содержание хлорорганических пестицидов в донных отложениях
на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг

Показатель	Концен- трация	Месяц, год					
		03.1997	11.1997	03.1998	07.1999	12.1999	04.2000
а-ГХЦГ, мкг/кг	Средняя	0,37	0,02	0,12	0	0	0
	Максим.	2,69	0,21	1,13	<0,01	<0,01	<0,01
g-ГХЦГ, мкг/кг	Средняя	2,24	0,10	0,11	0	0	0
	Максим.	18,9	0,93	1,11	<0,03	<0,03	<0,03
b-ГХЦГ, мкг/кг	Средняя	0	0	0	0	0	0
	Максим.	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Гептахлор, мкг/кг	Средняя	0	0	0	0	0	0
	Максим.	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
4,4-ДДЭ, мкг/кг	Средняя	0,39	0,01	0	0	0	0
	Максим.	4,77	0,46	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
2,4-ДДД, мкг/кг	Средняя	0,23	0	0	0	0	0
	Максим.	1,65	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
4,4-ДДД, мкг/кг	Средняя	0,08	0	0	0	0	0
	Максим.	0,67	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
4,4-ДДТ, мкг/кг	Средняя	0,04	0	0	0	0	0
	Максим.	0,51	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04

Программой ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская» предусматривалось определение в морской воде и донных отложениях 50 загрязняющих веществ, некоторые из которых (ПАУ и ПХБ) до этого вообще не определялись в Каспийском море, а другие (ТМ и ХОП) определялись эпизодически. Всего в 1997-2000 гг. было проанализировано около 200 проб донных отложений и около 400 проб морской воды, отобранных на структуре «Хвалынская». Можно без тени сомнений утверждать, что проведенные исследования химического загрязнения Каспийского моря, имели беспрецедентный характер.

По данным ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская» в 1999-2000 гг. в морской воде понизилась относительно 1997-1998 гг. концентрация нефтяных углеводородов, фенолов, СПАВ и, наоборот, повысилась концентрация ПАУ, ТМ, ПХБ и ХОП. Динамика загрязненности донных отложений была несколько иной, здесь наряду с уменьшением содержания НУ и фенолов понизилась концентрация ТМ, ХОП и ПХБ, увеличилась концентрация СПАВ и осталось без изменения содержание ПАУ. В данном случае речь идет об общей закономерности, которой в отдельных случаях могло не соответствовать поведение индивидуальных ЗВ. Например, несмотря на повышение концентрации суммы ХОП в морской воде, в ней понизилась концентрация ГХЦГ, или, на фоне повышения концентрации большинства металлов, содержание бария, наоборот, понизилось.

Важно то, что изменения уровня загрязненности морской среды на основном полигоне по своему масштабу и направленности соответствовали изменениям уровня загрязненности всей акватории, охваченной наблюдениями. С одной стороны это говорит об отсутствии сбросов загрязняющих веществ с буровой платформы и о высокой эффективности используемых при проведении буровых работ природоохранных технологий, а с другой - о рассредоточенных в пространстве и времени источниках химического загрязнения Северного Каспия.

В частности, данные ведомственного экологического мониторинга в совокупности с результатами предыдущих исследований позволяют предполагать, что основным

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» (биздерных 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».