

Гидрохимические условия

В качестве основных гидрохимических параметров морской среды обычно рассматриваются растворенные соли и газы, растворенные и взвешенные органические соединения, а также микроэлементы (Химия океана, 1979). При проведении ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская» в соответствии с программой работ в морской воде определялось содержание главных ионов, растворенного кислорода и сероводорода, соединений азота и фосфора, растворенного и взвешенного органического вещества, микроэлементов, а также соленость, водородный показатель и окислительно-восстановительный потенциал.

Динамика содержания главных ионов (хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов, натрия, калия, кальция и магния) в морской воде на структуре «Хвалынская» полностью соответствует динамике солености и поэтому далее не рассматривается. Определения окислительно-восстановительного потенциала показали, что его значение в морской воде на структуре «Хвалынская», как правило, находится в пределах от 150 до 200 мВ, что указывает на преобладание здесь окислительных условий. Об этом говорит также и то, что в морской воде не было обнаружено сероводорода. Указав на это, мы считаем, что далее уже нет необходимости уделять внимание этим двум гидрохимическим показателям. Динамика содержания микроэлементов в морской воде на структуре «Хвалынская» обсуждается в следующем разделе этой главы.

Официальное признание результатов гидрохимических наблюдений обеспечивалось их соответствием требованиям нормативных документов, регламентирующих производство измерений при проведении мониторинга окружающей среды (Приложение 1).

Гидрохимическими наблюдениями был охвачен период с марта 1997 по апрель 2000 года. Всего было выполнено 6 съемок, из 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 гидрохимическом режиме Северного Каспия, опубликованные в литературе (Пахомова, Затучная, 1966; Каспийское море, 1986, Гидрометеорология и гидрохимия морей, 1992) и данные наблюдений на сети Росгидромета за период с 1983 по 1992 год, то есть за последние десять лет перед тем, как они были прекращены. Использовались данные гидрохимических наблюдений на станциях «вековых» разрезов II, III и IV, относящихся по своему месторасположению (Ежегодные данные, 1987) к структуре «Хвалынская» (всего 10 станций).

Нефтегазодобывающая деятельность на морском шельфе может оказывать воздействие на гидрохимические условия непосредственно, увеличивая или уменьшая скорость массообмена на границах «вода - атмосфера» и «вода - донные отложения», или посредством изменений функциональной организации морских экосистем, интенсивности биохимических процессов. Однако, в том и другом случае, это воздействие носит локальный характер (Патин, 1997), поскольку его энергия несравнима с энергией биогеохимического круговорота веществ, контролирующего динамику основных гидрохимических показателей морской среды (Биогеохимия океана, 1983; Маргалеф, 1992).

В связи с вышеизложенным для оценки воздействия буровых работ на гидрохимические условия на структуре «Хвалынская» использовались данные гидрохимических наблюдений на основном полигоне, расположенном в месте постановки СПБУ. Имевшие место в 1997-2000 гг. изменения гидрохимических условий в районе структуры «Хвалынская» в целом, площадь района составляет 5,2 тыс. км², а объем вод более 100 км³, по нашему мнению, были обусловлены природными факторами. Влиянием последних мы объясняли также динамику гидрохимических показателей на основном по-

лигоне, если по своему масштабу и направленности, они соответствовали изменениям гидрохимических условий на структуре в целом.

Изменения гидрологического режима на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг. характеризуются динамикой температуры и солёности морской воды (Таблица 3.2.1). Следует отметить, что съёмки в 1997-1998 гг. проводились в холодное время года, а в 1999-2000 гг. они охватывали также период весеннего прогрева вод и летний сезон.

Таблица 3.2.1

Температура и солёность морской воды
на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг.

Показатель	Гори- зонт	Месяц, год					
		03.1997	11.1997	03.1998	07.1999	12.1999	04.2000
Средняя температура воды, град	0	1,9	13,9	2,6	26,3	6,9	8,7
	дно	2,7	10,3	2,4	13,9	7,0	7,6
Средняя солёность, промилле	0	11,75	12,03	12,42	9,10	10,16	12,59
	дно	12,06	12,32	12,45	11,56	10,79	12,66

Минимальная температура воды, близкая к нулю, была зарегистрирована на структуре «Хвалынская» в марте 1997 года, а максимальная, равная 28,6 °С, в июле 1999 года. По данным наблюдений на сети Росгидромета в 1983-1992 гг. температура воды в районе структуры «Хвалынская» находилась в пределах от -0,4 до 27,7 °С. Следует отметить, что зарегистрированное нами максимальное значение выходит за эти пределы, что, возможно, связано с повышением температуры воды Каспийского моря, наблюдавшимся в последние годы (см. Раздел 1.1).

Неравнозначным распределением съёмок по сезонам года мы объясняем и то, что средняя солёность морской воды на структуре «Хвалынская» (в т.ч. на основном полигоне) в 1999-2000 гг. оказалась ниже, чем в 1997-1998 гг. (Рис. 3.2.1).

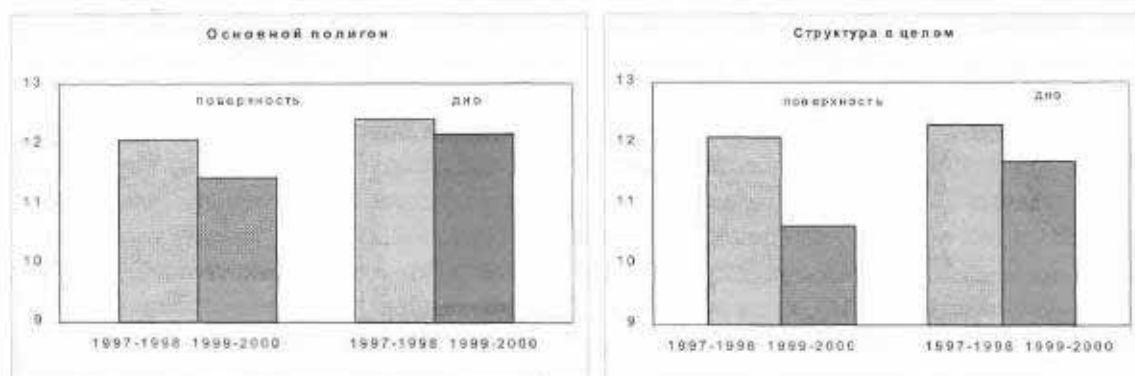


Рис. 3.2.1 Солёность морской воды на структуре "Хвалынская" в 1997-2000 гг.

Как известно в теплое время, при прохождении паводка на р. Волге, солёность Северного Каспия ниже, чем в холодный период года (Каспийское море, 1986). Максимальная солёность морской воды на структуре «Хвалынская», равная 12,78 промилле, была зарегистрирована в апреле 2000 года в придонном слое воды, а минимальная, равная 8,57 промилле, в июле 1999 года в поверхностном слое. По данным наблюдений на сети Росгидромета в 1983-1992 гг. солёность в районе структуры «Хвалынская» изменялась в пределах от 4,56 до 13,93 промилле. Зарегистрированные нами значения солёности вполне укладываются в эти пределы. Уменьшение размаха изменчивости солёно-

сти можно объяснить стабилизацией водного режима моря, наблюдавшейся в 1996-1999 гг. (см. Раздел 3.1)

Динамика содержания растворенного кислорода в морской воде на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг. (Таблица 3.2.2) в основном была обусловлена изменениями температуры воды, которая, как известно, определяет растворимость этого и других газов в природных водах. Наименьшая средняя по структуре концентрация кислорода в воде была зарегистрирована во время самой «теплой» съемки (июль 1999 г.), а наибольшая - в марте 1997 года, когда температура воды была минимальной (см. выше).

Таблица 3.2.2

Водородный показатель и содержание растворенного кислорода
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
Растворенный кислород, средн. конц., мл/л	0	9,42	6,51	8,49	5,68	7,94	7,54
	дно	9,25	4,54	7,93	5,77	7,82	7,19
Растворенный кислород, средн. конц., %	0	105,3	96,9	96,7	106,4	99,8	100,4
	дно	103,5	63,6	90,1	85,1	99,0	95,2
Средний водородный показатель, ед. pH	0	8,04	8,38	8,60	8,39	8,18	8,30
	дно	8,00	8,16	8,59	8,12	8,19	8,31

Максимальная концентрация кислорода в воде, равная 10,62 мл/л, была зарегистрирована в поверхностном слое в марте 1997 года, а минимальная, равная 2,00 мл/л, - в придонном слое в ноябре 1997 года. По данным наблюдений на сети Росгидромета в 1983-1992 гг. содержание растворенного кислорода в районе структуры «Хвалынская» изменялась в пределах от 0,38 мл/л до 10,39 мл/л (то и другое значение относится к придонному слою). Зарегистрированная нами максимальная концентрация растворенного кислорода выходит за эти пределы, но поскольку размах изменчивости содержания кислорода в 1997-2000 гг. оказался меньше, чем в 1983-1992 гг., мы не придаем этому существенного значения.

Следует отметить, что в придонном слое воды на основном полигоне содержание кислорода в 1999-2000 гг. (т.е. во время бурения разведочной скважины) увеличилось относительно 1997-1998 гг, тогда как в целом на структуре и в поверхностном слое основного полигона оно, наоборот, уменьшилось (Рис. 3.2.2). Вряд ли это явление обусловлено воздействием на морскую среду буровых работ (скорее оно связано с природными флуктуациями), но, если это так, то следует отметить, что эти работы благоприятно отразились на кислородном режиме придонного слоя морских вод.

В целом кислородному режиму морских вод на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг., судя по степени насыщения их кислородом, были свойственны черты, появившиеся на Северном Каспии в период повышения уровня моря. Речь идет об увеличении площади акватории, охваченной гипоксией и ее распространении на те районы, в том числе структуру «Хвалынская», где она ранее не наблюдалась (Катунин и др., 2000).

Данные ведомственного экологического мониторинга позволяют говорить о расширении не только пространственных, но и временных рамок этого явления (гипоксией на Северном Каспии считается дефицит кислорода, при котором степень насыщения им морских вод не превышает 80%). Гипоксия была обнаружена в придонном слое воды на структуре «Хвалынская» в ноябре 1997 года, когда минимальная степень насыщения составила 53%, и в апреле 2000 года, когда последняя оказалась равной 61%, при относительно низкой температуре воды и повышенной солености, в условиях практического

отсутствия стратификации вод, являющейся одним из основных факторов, способствующих возникновению кислородного дефицита (Бардан и др., 1990).

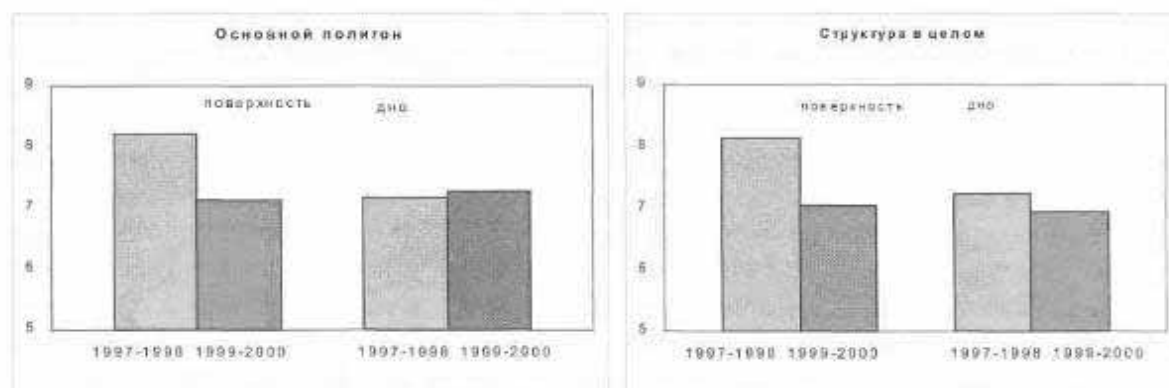


Рис. 3.2.2 Содержание растворенного кислорода в морской воде на структуре "Хвалынская" в 1997-2000 гг. (мл/л.)

Помимо стратификации на возникновение гипоксии влияет обогащение морских вод органическим веществом. В связи с этим обращает на себя внимание тот факт, что именно в эти две съемки в морской воде на структуре «Хвалынская» было зарегистрировано наибольшее содержание растворенного органического вещества (см. ниже). Интересно, что в ноябре 1997 года в воде также было обнаружено большое содержание органической взвеси, чем по-видимому и была обусловлена самая глубокая степень обеднения вод кислородом, зафиксированная в это время.

Максимальная площадь распространения гипоксии была зарегистрирована в июле 1999 года, когда ею была охвачена практически половина акватории структуры «Хвалынская». При этом минимальная степень насыщения вод кислородом (67%) наблюдалась в районе максимальных вертикальных градиентов солености, под «языком» распресненных вод (Рис. III.6). Очевидно, что в данном случае возникновению дефицита кислорода в придонном слое благоприятствовала стратификация вод. Однако обращает на себя внимание и то, что поблизости от этого района в поверхностном слое воды, судя по пересыщению его кислородом, находилась зона активного фотосинтеза, являющегося основным поставщиком кислорода для процессов дыхания, протекающих в придонном слое (Рис. III.5).

Впрочем, в 1999-2000 гг. как на структуре в целом, так и на основном полигоне степень насыщения морских вод кислородом повысилась (относительно 1997-1998 гг.) в поверхностном слое в среднем с 99-100% до 102-103%, а в придонном - с 85-86% до 93-95% (Таблица 3.2.2). Однонаправленные изменения степени насыщения морских вод кислородом на основном полигоне и структуре в целом указывают на то, что буровые работы не оказывали влияния на формирование кислородного режима морских вод, а динамика последнего была обусловлена другими факторами, детальным анализ которых не входит в наши задачи.

Изменения водородного показателя морских вод на основном полигоне и структуре «Хвалынская» в целом также носили синхронный характер. В 1999-2000 гг. он уменьшился относительно 1997-1998 гг. в поверхностном слое на 0,05 единиц pH, а в придонном - на 0,04 единицы pH. Наибольшее среднее по всей структуре значение водородного показателя было зарегистрировано в марте 1998, а наименьше - в марте 1997 года (Таблица 3.2.2). По данным наблюдений на сети Росгидромета в 1983-1992 гг. водородный показатель морских вод в районе структуры «Хвалынская» изменялся в пределах от 7.45 до 9.03 единиц pH. Зарегистрированные при проведении ведомственного

экологического мониторинга значения водородного показателя вполне укладываются в эти пределы.

На структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг. проводились наблюдения за концентрацией растворенного и взвешенного органического вещества, а также за биохимическим потреблением кислорода (БПК₅), являющимся нормируемым показателем качества морских вод (ПДК = 2,0 мгО₂/л). Характеристика биохимического потребления кислорода, как показателя качества вод на структуре «Хвалынская», дана в заключительной главе книги, а здесь мы рассматриваем его в качестве параметра характеризующего содержание в воде лабильной, легко усваиваемой микроорганизмами, органики.

Наибольшее среднее по структуре значение БПК₅ было зарегистрировано в придонном слое воды в декабре 1999 года, а наименьшее в поверхностном слое в марте 1998 года (Таблица 3.2.3). В общем, изменения БПК₅ в поверхностном и придонном слоях воды носили синхронный характер, при этом в большинстве случаев значение этого показателя на поверхности было больше, чем у дна. На основном полигоне в 1999-2000 гг. БПК₅ увеличилось относительно 1997-1998 гг. в поверхностном слое в среднем на 0,5 мг/л, в придонном - в среднем на 0,8 мг/л. Это увеличение нельзя отнести к воздействию буровых работ, проводившихся в 1999-2000 гг., так как одновременно оно наблюдалось на всей структуре, то есть далеко за пределами района, где эти работы проводились. Здесь БПК₅ увеличилось в среднем на 0,4 мг/л (в поверхностном и придонном слое). Небольшое различие в масштабе происшедших изменений между основным полигоном и структурой мы объясняем тем, что концентрация ОВ на первом в среднем выше, чем на второй, соответственно, и масштаб изменений больше.

Таблица 3.2.3

Биохимическое потребление кислорода (БПК₅) и содержание взвешенного (ВОВ) и растворенного (РОВ) органического вещества 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
БПК ₅ , мг О ₂ /л	0	1,98	1,29	1,11	1,71	1,97	1,67
	дно	1,79	1,19	1,17	1,45	2,23	1,64
РОВ, мг С/л	0	-	10,38	5,65	7,54	6,35	10,58
	дно	-	10,07	5,72	7,41	5,45	10,41
ВОВ, мг С/л	0	-	2,79	2,92	0,18	2,58	0,43
	дно	-	2,87	2,99	0,20	2,51	0,39

Наибольшее среднее по структуре содержание растворенного органического вещества было зарегистрировано во время последней съемки в апреле 2000 года в поверхностном слое воды, а наименьшее - в декабре 1999 года - в придонном слое (Таблица 3.2.3). Отметим, что указанные слои в большинстве случаев существенно не отличаются друг от друга по содержанию РОВ. На основном полигоне в 1999-2000 гг. концентрация РОВ несколько уменьшилась относительно 1997-1998 гг. (Рис. 3.2.3), при чем как в поверхностном, так и придонном слое. На структуре в целом также наблюдалось уменьшение концентрации РОВ, но только в придонном слое, тогда как на поверхности концентрация РОВ возросла. Однако масштаб происшедших изменений в целом был очень мал (0,1-0,2 мг/л), и, по нашему мнению, ему не стоит придавать какого-либо значения.

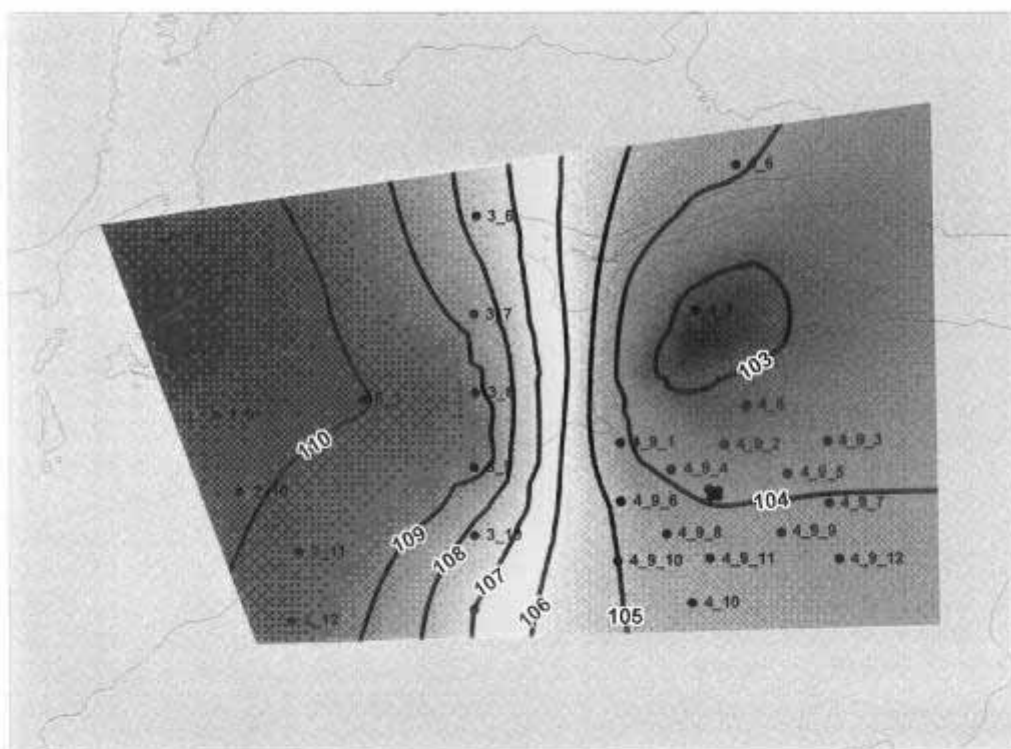


Рис. III.5 Распределение кислорода (%) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалы́нская" в июле 1999 года.

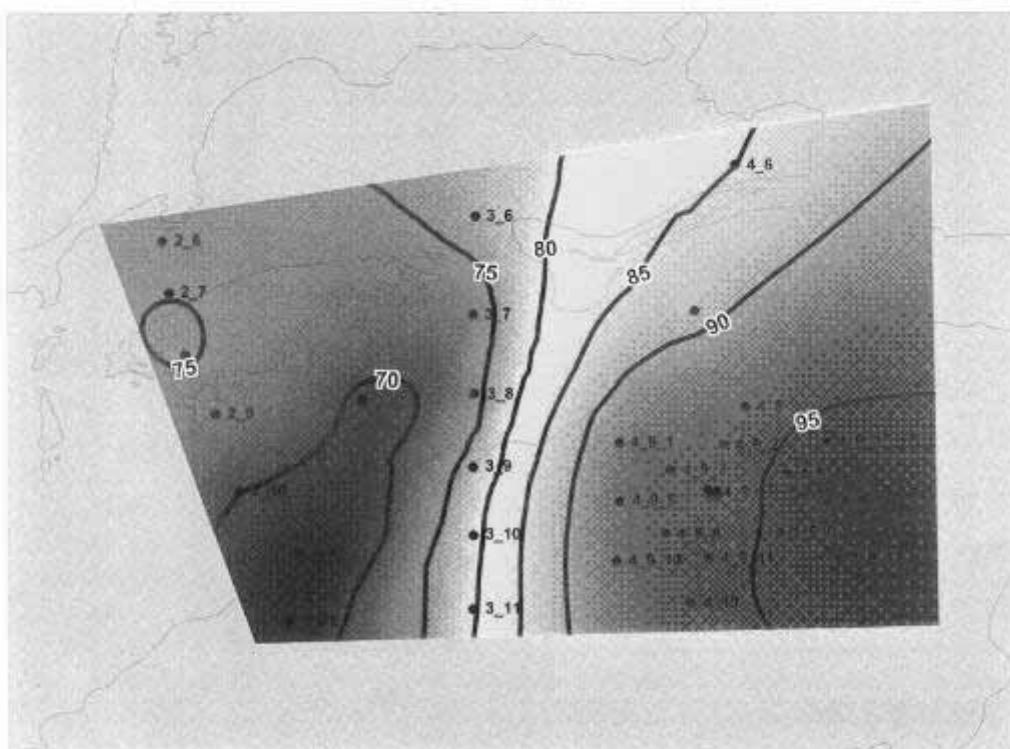


Рис. III.6 Распределение кислорода (%) в придонном слое воды на структуре "Хвалы́нская" в июле 1999 года.

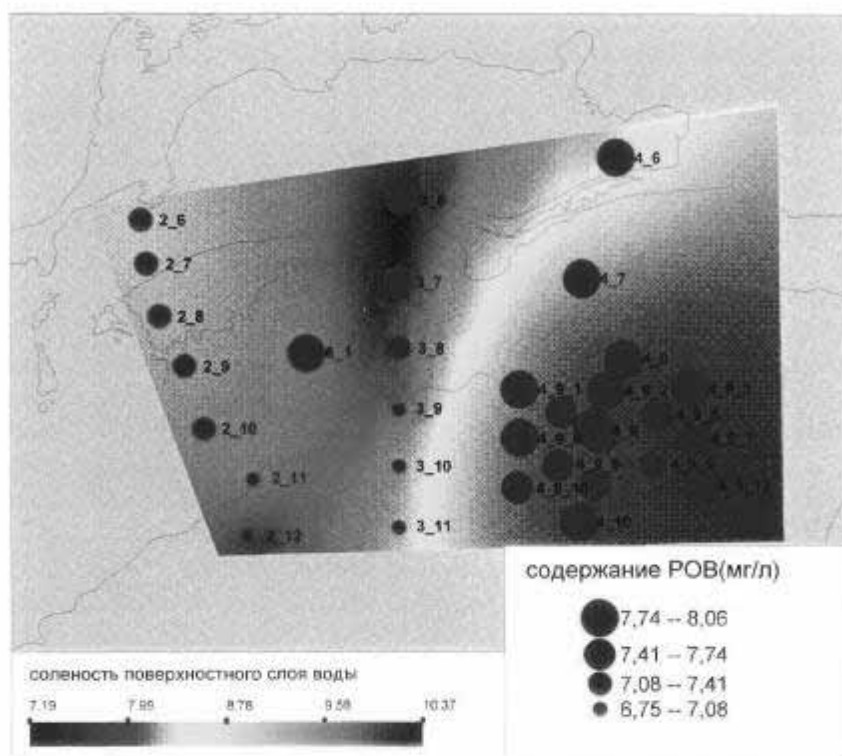


Рис. III.7 Распределение солёности и РОВ (мг/л) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалы́нская" в июле 1999 года.

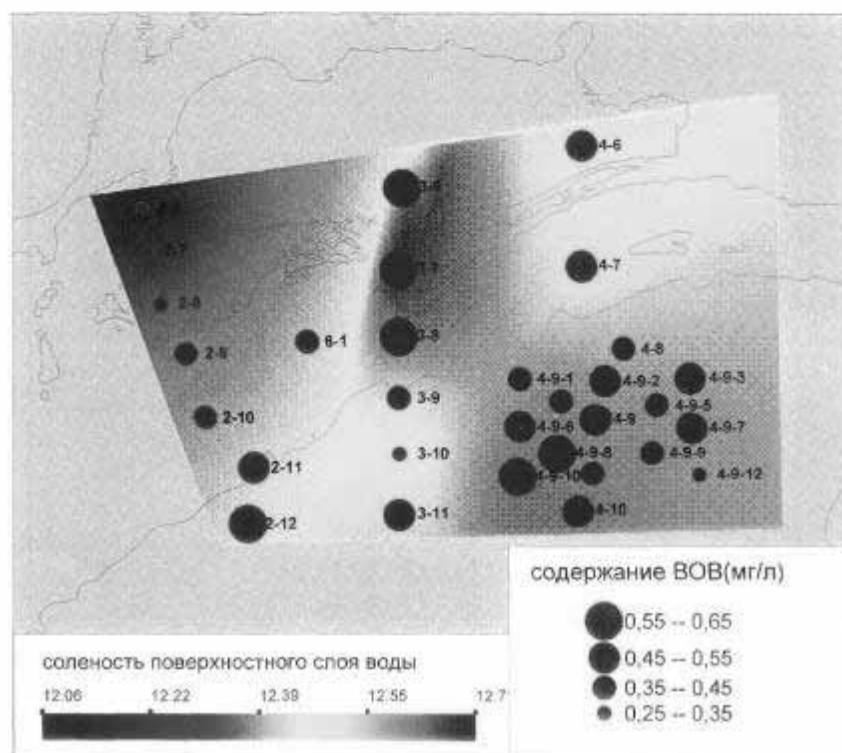


Рис. III.8 Распределение солёности и БОВ (мг/л) в поверхностном слое воды на структуре "Хвалы́нская" в апреле 2000 года.

Размах изменчивости содержания взвешенного органического вещества на порядок больше, чем растворенного. По-видимому, BOB на структуре «Хвалынская» имеет более лабильную природу, чем POB, в составе которого, судя по отношению POB/БПК₅, преобладают консервативные соединения (водный «гумус»). Наибольшее среднее по структуре содержание взвешенного органического вещества было зарегистрировано в марте 1998 года в придонном слое, а наименьшее - в июле 1999 года - в поверхностном слое (Таблица 3.2.3). Отметим, что указанные слои в большинстве случаев существенно не отличаются друг от друга по содержанию BOB. На основном полигоне в 1999-2000 гг. средняя концентрация BOB уменьшилась почти в три раза относительно 1997-1998 гг. Это уменьшение никоим образом не связано с производством буровых работ, поскольку одновременно, и так же в 3 раза, уменьшилась концентрация BOB на структуре в целом.

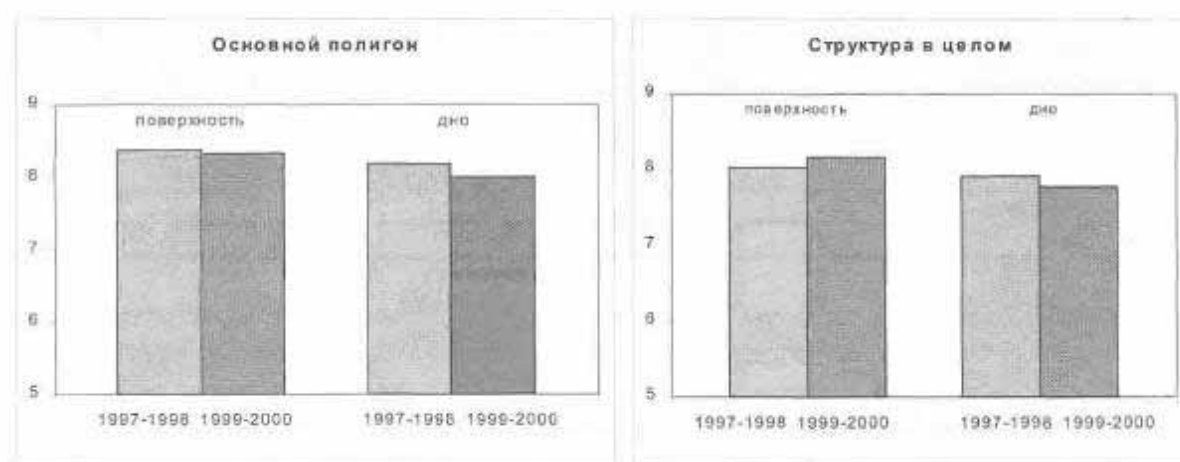


Рис. 3.2.3 Содержание растворенных органических веществ в морской воде на структуре "Хвалынская" в 1997-2000 гг. (мг/л.)

Интересно, что уменьшение содержания POB и BOB на структуре «Хвалынская» в 1999-2000 гг. наблюдалось одновременно с понижением здесь солености. Мы обратили на это внимание потому, что в пространственной изменчивости этих показателей между ними также прослеживается прямо пропорциональная зависимость. Это наблюдалось, например, в июле 1999 года, когда наибольшее содержание POB в поверхностном слое было зарегистрировано в зоне повышенной солености (Рис. III.7), а также в апреле 2000 года, когда то же самое было характерно для пространственного распределения BOB (Рис. III.8). Эти факты говорят о том, что поступление органических соединений в Северный Каспий с солесными среднекаспийскими водами играет важную роль в балансе ОВ этой части моря, на что до сих пор не обращали внимания.

При проведении ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская» в морской воде определялось содержание нескольких минеральных форм азота, а именно нитритный, нитратный и аммонийный азот.

Наибольшее среднее по структуре содержание нитритного азота было зафиксировано во время первой съемки в марте 1997 года в придонном слое воды, а наименьшее - в июле 1999 года, когда на поверхности и у дна концентрация нитритного азота оказалась ниже аналитического нуля (Таблица 3.2.4). Абсолютный максимум нитритного азота, равный 5,6 мкг/л, отмечен в ноябре 1997 года в поверхностном слое воды. По данным наблюдений на сети Росгидромета в 1983-1992 гг. концентрация нитритного азота в районе структуры «Хвалынская» изменялась в пределах от нуля до 10 мкг/л. Очевидно, что зарегистрированные в 1997-2000 гг. значения концентрации нитритного

азота не выходят за пределы изменчивости этого гидрохимического показателя, установленные по данным многолетних наблюдений.

Таблица 3.2.4

Растворенные соединения азота 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
Нитритный азот, мкг/л	0	0,5	0,8	0,1	0	0,2	0,7
	дно	3,9	1,2	0	0	0,1	1,3
Нитратный азот, мкг/л	0	0,7	5,8	6,0	7,9	3,4	26,6
	дно	0,7	4,2	5,2	6,6	3,4	17,0
Аммонийный азот, мкг/л	0	43,5	45,9	60,0	2,1	20,8	5,7
	дно	48,7	40,6	36,0	1,8	19,3	5,7
Органический азот, мкг/л	0	483	554	428	506	563	528
	дно	500	582	430	589	569	498
Общий азот, мкг/л	0	528	606	494	516	566	561
	дно	553	628	471	598	572	522

В поверхностном слое воды на основном полигоне концентрация нитритного азота и до начала буровых работ, и в период их проведения была близка к нулю. В придонном слое основного полигона в 1999-2000 гг. средняя концентрация нитритного азота, равная 0,6 мкг/л, оказалась в 2 раза меньше, чем в 1997-1998 гг. Уменьшение содержания нитритного азота в придонном слое зарегистрировано также на структуре «Хвалынская» в целом, - в среднем с 1,7 мкг/л до 0,1 мкг/л. Следуя нашей логике, признаем, что изменения содержания нитритного азота в придонном слое воды на основном полигоне не связаны с проведением на нем буровых работ, так как аналогичный характер они носили и там, где эти работы не проводились.

Уровень содержания нитритов является одним из важных показателей направленности биохимических процессов, участвующих в метаболизме азота в морской среде. Высокие концентрации нитритов в морской воде наблюдаются при денитрификации (Виноградов М.Е. и др., 1992). Уменьшение содержания нитритов указывает на снижение потребности микроорганизмов в нитратах, как источнике минерального азота, требующего дополнительных затрат на его восстановление, если взамен этого источника у них есть возможность использовать аммонийный, то есть уже восстановленный, азот. Мы обратили на это внимание в связи с тем, что одновременно с уменьшением содержания нитритов в морской воде на структуре «Хвалынская» увеличилось содержание нитратов и уменьшилось концентрация аммония.

Наибольшее среднее по структуре содержание нитратного азота было зафиксировано в апреле 2000 года в поверхностном слое воды, а наименьшее - в марте 1997 года, когда на поверхности и у дна концентрация нитратного азота была близкой нулю (Таблица 3.2.4). Абсолютный максимум нитратного азота, равный 40 мкг/л, также отмечен в апреле 2000 года в поверхностном слое воды. По данным наблюдений на сети Росгидромета в 1983-1992 гг. концентрация нитратного азота в районе структуры «Хвалынская» изменялась в пределах от нуля до 119 мкг/л (на поверхности) и от нуля до 212 мкг/л у дна. Следовательно, зарегистрированные при проведении ведомственного экологического мониторинга значения концентрации нитратного азота не выходят за пределы изменчивости этого гидрохимического показателя, установленные по данным многолетних наблюдений.

В 1999-2000 гг. концентрация нитратного азота в морской воде основного полигона повысилась относительно 1997-1998 гг. в среднем примерно в 3 раза. Это никоим образом не связано с проведением буровых работ, так как аналогичные по направленности и масштабу изменения содержания нитратного азота в морской воде произошли на всей структуре «Хвалынская» (рис. 3.2.4).



Рис. 3.2.4 Содержание азота нитратного в морской воде на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг. (мкг/л.)

Наибольшее среднее по структуре содержание аммонийного азота было зарегистрировано в марте 1998 года в поверхностном слое воды, а наименьшее - в июле 1999 года, когда на поверхности и у дна концентрация аммонийного азота едва превышала аналитический нуль (Таблица 3.2.4). Абсолютный максимум аммонийного азота, равный 438 мкг/л, также отмечен в марте 1998 года в поверхностном слое воды. По данным наблюдений на сети Росгидромета в 1983-1992 гг. концентрация аммонийного азота в районе структуры «Хвалынская» изменялась в пределах от нуля до 436 мкг/л. Отметим, что зарегистрированные при проведении ведомственного экологического мониторинга значения концентрации аммонийного азота практически не выходят за пределы изменчивости этого гидрохимического показателя, установленные по данным многолетних наблюдений.

В 1999-2000 гг. концентрация аммонийного азота в морской воде основного полигона понизилась относительно 1997-1998 гг. в среднем с 40-50 мкг/л до 8-10 мкг/л. Вряд ли это понижение связано с проведением буровых работ, так как аналогичные по направленности и масштабу изменения содержания аммонийного азота в морской воде произошли на всей структуре «Хвалынская».

Отметим повторно, что уменьшение концентрации аммонийного азота на структуре «Хвалынская» было сопряжено с повышением содержания нитратов. Определенного ответа на вопрос: почему фитопланктон в 1999-2000 год стал игнорировать нитраты в качестве источника азотного питания и начал отдавать предпочтение аммонии? - у нас нет. Но предполагать, что этот выбор был сделан им под давлением каких-то внешних обстоятельств (будь то бурение или что-то другое) нет никаких оснований.

Наряду с минеральным азотом в морской воде на структуре «Хвалынская» измерялась концентрация общего и рассчитывалась концентрация органического азота (как разность между общим и минеральным).

Наибольшее среднее по структуре содержание органического азота было зарегистрировано в июле 1999 года в придонном слое воды, а наименьшее - в марте 1998 года

в поверхностном слое (Таблица 3.2.4). Абсолютный максимум органического азота, равный 1140 мкг/л, зафиксирован в марте 1997 года в придонном слое воды. По литературным данным (Каспийское море, 1986) концентрация органического азота в глубоководной части Северного Каспия, к которой, напомним, относится структура «Хвалынская», может достигать 1500 и более мкг/л. Отметим, что зарегистрированный нами максимум концентрации органического азота не превышает максимального уровня, установленного предыдущими исследованиями.

В 1999-2000 гг. концентрация органического азота в морской воде основного полигона повысилась относительно 1997-1998 гг. в среднем на 20-30 мкг/л. То же самое наблюдалось и на всей структуре «Хвалынская», однако здесь повышение было несколько больше - в среднем на 40-50 мкг/л. Различие в масштабе происшедших изменений между основным полигоном и структурой в целом мы считаем несущественным.

Наибольшее среднее по структуре содержание общего азота было зарегистрировано в ноябре 1999 года в придонном слое воды, а наименьшее - в марте 1998 года в поверхностном слое (Таблица 3.2.4). Абсолютный максимум общего азота, равный 1330 мкг/л, наблюдался в марте 1997 года в придонном слое воды. Отметим, что он оказался несколько ниже максимальной концентрации органического, а следовательно, и общего азота, установленной предыдущими исследованиями.

В 1999-2000 гг. в морской воде на структуре «Хвалынская» отмечено незначительное (на 5-15 мкг/л) повышение содержания общего азота относительно 1997-1998 гг. Его можно объяснить как расширением границ исследовательского полигона в сторону мелководной части Северного Каспия (см. Главу II), где содержание соединений азота больше, чем в глубоких водах (Пахомова, Затучная, 1966), так и неравнозначным сезонным распределением съемок. Напомним, что в 1999-2000 гг. съемками было охвачено более теплое время года, чем в 1997-1998 гг. На сезонные изменения содержания соединений азота в водах Северного Каспия большое влияние оказывает его поступление с полыми волжскими водами (Гидрометеорология и гидрохимия морей, 1992).

На основном полигоне концентрация общего азота в 1999-2000 гг., в среднем, наоборот, уменьшилась относительно 1997-1998 гг., правда, всего лишь на 10-20 мкг/л (Рис.3.2.5). Мы не связываем это уменьшение с проведением здесь буровых работ. Скорее всего, разнонаправленные изменения содержания общего азота на основном полигоне и структуре «Хвалынская» обусловлены их различием между собой по глубине и гидролого-гидрохимическому режиму. Отметим в этой связи, что средняя глубина основного полигона равна 25,0 м, тогда как на структуре в целом она составляет 19,5 м. Думаем, наше мнение будет выглядеть более обоснованным, если мы напомним, что в Среднем Каспии, на границе с которым расположен основной полигон, концентрация органического, и, вероятно, общего азота летом уменьшается, тогда как в Северном, наоборот, увеличивается (Каспийское море, 1986). С учетом того, что в 1999-2000 гг. съемки проводились в относительно теплое время года (в т.ч. летом), указанные разнонаправленные изменения содержания общего азота на основном полигоне и структуре «Хвалынская» вполне объясняются природными условиями и флуктуациями.

При проведении ведомственного экологического мониторинга на структуре «Хвалынская» в морской воде определялось также содержание минерального и общего фосфора, а также кремнекислоты.

В 1999-2000 гг. в морской воде на структуре «Хвалынская» среднее содержание минерального фосфора, как правило, было близко к нулю, наибольшая средняя его концентрация была зафиксирована в поверхностном слое воды в марте 1997 года (Таблица 3.2.5).

Здесь же и в это же время был зарегистрирован абсолютный максимум концентрации минерального фосфора, равный 34 мкг/л. По данным наблюдений на сети Росгидромета в 1983-1992 гг. концентрация минерального фосфора в районе структуры «Хвалынская» изменялась в пределах от нуля до 42 мкг/л. Отметим, что зарегистриро-

ванные в 1997-2000 гг. значения концентрации минерального фосфора, вполне укладываются в пределы изменчивости этого гидрохимического показателя, установленные по данным многолетних наблюдений.

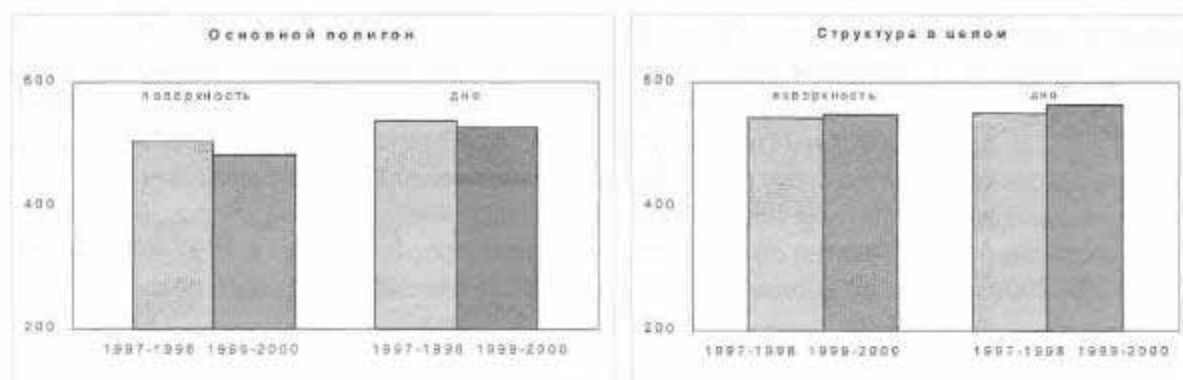


Рис. 3.2.5 Содержание азота общего в морской воде на структуре "Хвалынская" в 1997-2000 гг. (мкг/л.)

Как на основном полигоне, так и на структуре «Хвалынская» в целом в 1999-2000 гг. произошло снижение содержания в морской воде минерального фосфора по сравнению с 1997-1998 гг. в среднем с 2-3 мкг/л до 0-1 мкг/л. Наиболее вероятной причиной этого является неравнозначное сезонное распределение съёмок. В 1999-2000 гг. съёмки выполнялись в относительно тёплое время года, когда минеральный фосфор активно потребляется фитопланктоном.

Таблица 3.2.5
Содержание растворенных соединений фосфора и кремния 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
Фосфор минеральный, мкг/л	0	5,6	2,2	0,2	0	0	0
	дно	1,4	2,5	0,2	0	0,1	0,1
Фосфор общий, мкг/л	0	119	56,5	54,9	50,7	50,2	56,5
	дно	104	55,9	53,4	56,5	50,8	55,9
Кремний, мкг/л	0	214	324	514	605	346	318
	дно	148	670	699	765	348	330

Наибольшее среднее по структуре содержание общего фосфора было зарегистрировано во время первой съёмки в марте 1997 года в поверхностном слое воды, а наименьшее - в декабре 1999 года также в поверхностном слое (Таблица 3.2.5). Средняя концентрация общего фосфора в морской воде на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг. оказалась равной 60,3 мкг/л. По литературным данным (Каспийское море, 1986) средняя за период с 1960 по 1979 год концентрация органического фосфора в водах западной части Северного Каспия была равна 59,6 мкг/л, при этом органический фосфор составлял 90-93% от общего фосфора (там же, стр. 139). Таким образом, зарегистрированная при проведении ведомственного экологического мониторинга средняя концентрация общего фосфора не превышает его среднего значения, установленного предыдущими исследованиями для района расположения структуры «Хвалынская».

В 1999-2000 гг. содержание общего фосфора в морской воде на структуре «Хвалынская» уменьшилось относительно 1997-1998 гг. на 15-20 мкг/л, те же самые изме-

нения (только несколько меньшие по масштабу), произошли на основном полигоне (Рис. 3.2.6). Возможно, это уменьшение характеризует некую тенденцию в динамике гидрохимических условий Северного Каспия, обусловленной изменениями водного режима моря, наблюдавшимися в 1996-1999 гг. Дело в том, что отношение общего азота к общему фосфору на структуре «Хвалынская», также как на Северном Каспии в целом близко к таковому в волжской воде. В последней же при уменьшении объема речного стока это отношение увеличивается, как правило, за счет снижения содержания фосфора (Катунин и др., 2000). Отметим в этой связи, что указанное уменьшение общего фосфора в морской воде на структуре «Хвалынская» произошло одновременно с увеличением общего азота, при чем первое было более интенсивным, чем второе. Как следствие, увеличилось отношение общего азота к общему фосфору с 7,4 в 1997-1998 гг. до 10,4 в 1999-2000 гг., что по нашему мнению, отражает изменения водного режима моря.

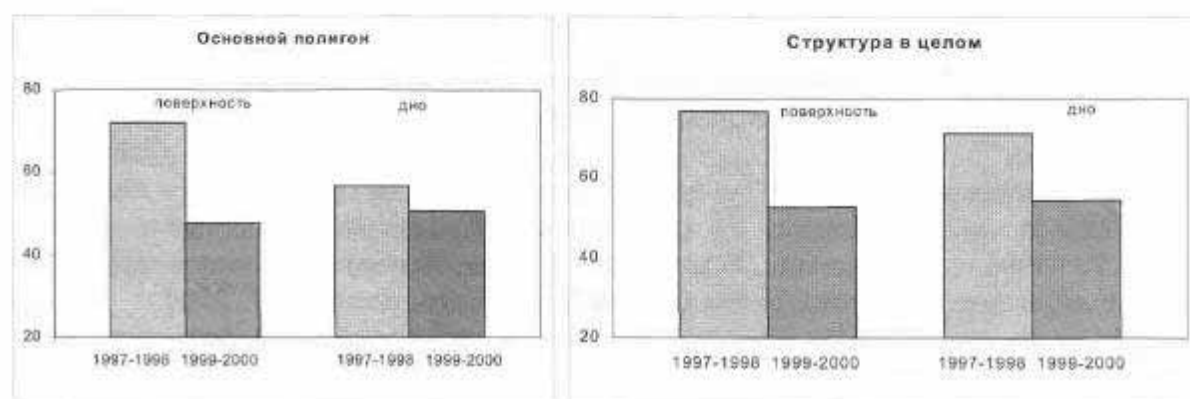


Рис. 3.2.6 Содержание фосфора общего в морской воде на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг. (мкг/л.)

Наибольшее среднее по структуре содержание растворенного кремния было зарегистрировано в июле 1999 года в придонном слое воды, а наименьшее - в марте 1997 также в придонном слое (Таблица 3.2.5). Абсолютный максимум растворенного кремния, равный 2500 мкг/л, отмечен в марте 1998 года в придонном слое воды. По данным наблюдений на сети Росгидромета в 1983-1992 гг. концентрация растворенного кремния в районе структуры «Хвалынская» изменялась в пределах от нуля до 2320 мкг/л. Отметим, что превышение максимума концентрации кремния, установленного по данным ведомственного мониторинга, над максимальным уровнем, зарегистрированным предыдущими исследованиями, вряд ли является случайным, потому что среднее содержание кремния в морской воде на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 г. также оказалось выше, чем в 1983-1992 гг.

Увеличение содержания кремния в морской воде на структуре «Хвалынская» наблюдалось также в период 1997-2000 гг. Так, на основном полигоне его средняя концентрация в 1999-2000 гг. оказалась примерно на 100 мкг выше, чем в 1997-1998 гг. (Рис 3.2.7). То же самое произошло в поверхностном слое воды на структуре в целом, но здесь в придонном слое концентрация кремния, наоборот, уменьшилась, правда, всего на 20 мкг/л.

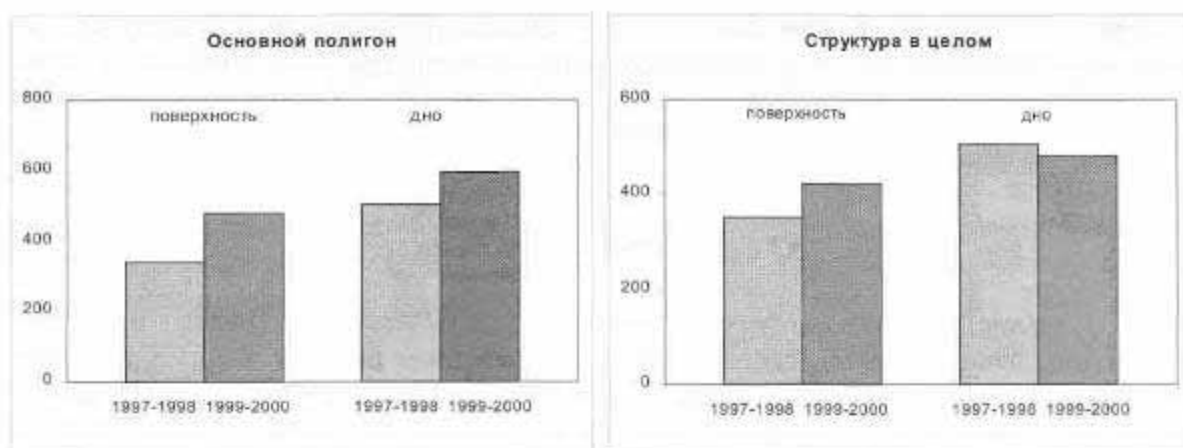


Рис. 3.2.7 Содержание кремния в морской воде на структуре "Хвалынская" в 1997-2000 гг. (мкг/л.)

Мы не можем дать достоверного объяснения увеличению среднего содержания растворенного кремния в морской воде на структуре «Хвалынская», установленному по данным ведомственного экологического мониторинга. Возможно, что его причиной стал необычно большой объем выноса кремния с волжским стоком, наблюдавшийся в 1998-1999 гг. (Катунин и др., 2000). Полагать, что увеличение содержания кремния в морской воде на структуре «Хвалынская» каким-то образом связано с буровыми работами у нас тоже нет оснований, так как оно наблюдалось не только в районе, где они проводились, но и за его пределами.

Подводя итоги данному разделу работы, следует отметить, что изменения гидрохимических условий на структуре «Хвалынская», зафиксированные по данным гидрохимических наблюдений в 1997-2000 гг., как правило, не выходили за пределы изменчивости, установленные предыдущими исследованиями. Кроме того, большинство из этих изменений носило широкомасштабный характер, ими была охвачена водная масса всей структуры, и потому их причиной никоим образом не может быть проведение буровых работ на локальном участке акватории структуры «Хвалынская».

Обращает на себя внимание тот факт, что однонаправленные и одномасштабные изменения гидрохимических условий на основном полигоне и структуре в целом были свойственны гидрохимическим показателям, имеющим лабильную природу ввиду их тесной связи с биохимической активностью планктона (рН, степень насыщения морских вод кислородом, минеральные соединения азота и фосфора). Это дает основание предполагать, что планктонные сообщества, обитающие на структуре «Хвалынская», реагируют на изменения природных условий как единое целое. Поэтому в различных частях акватории динамика связанных с их жизнедеятельностью гидрохимических показателей носит сходный характер.

В тех случаях, когда изменения гидрохимических условий на основном полигоне и структуре в целом носили разнонаправленный характер или разномасштабный характер, они касались в основном консервативных компонентов (растворенный кислород (мг/л), РОВ, $N_{общ.}$, кремний), находящихся в тесной связи с гидрологическими условиями. Мы объясняем это тем, что основной полигон и вся структура отличаются между собой по гидрологическому режиму, на изменения которого гидрохимические показатели в различных частях исследуемой акватории реагировали по-разному.

Помимо важных с практической точки зрения данных, свидетельствующих об отсутствии какого-либо воздействия буровых работ на гидрохимические условия в районе структуры «Хвалынская», в ходе исследований были получены результаты, имею-

щие научное значение. К ним мы относим впервые установленное расширение не только пространственных, но и временных границ распространения гипоксии, а также важную роль, которую может играть в балансе ОВ Северного Каспия поступление органических веществ со среднекаспийскими водами.