

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТИНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВО- ДАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА, ПРИБРЕЖНЫХ И УСТЬЕВЫХ ЗОНАХ ЧЕРНОГО МОРЯ

Т.В. Чудиновских¹, В.В. Долотов¹,
А.И. Рябинин²

¹ Морской гидрофизический институт
НАН Украины

г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: chudtv@alpha.mhi.iuf.net

² Морское отделение Украинского
научно-исследовательского
гидрометеорологического института
г. Севастополь, ул. Советская, 61

*Созданная база данных содержания нефти-
ных углеводородов (НУ) в прибрежных и
шельфовых водах Черного моря (1986–2004 гг.),
а также в устьевых зонах рек включена в ГИС.
Проведен анализ содержания НУ в водах северо-западного шельфа (1990–1991 гг.), в при-
брежных районах моря и устьевых областях
рек (1998–2004 гг.).*

Введение. Черное море по уровню со-
держания нефтяных углеводородов являет-
ся одним из наиболее загрязненных. Сис-
тематические наблюдения за содержанием
этого токсиканта были начаты в 1964 г. на
экспедиционном судне “Мгла” лаборатори-
ей химии моря Бассейновой ГМО Черного и
Азовского морей. За сорокалетний период
наблюдений накоплены обширные массивы
данных. Однако большая часть накоплен-
ной информации до сих пор является труд-
нодоступной. Основная причина заключа-
ется в том, что большая часть информации
существует в виде таблиц ТГМ-3М и нахо-
дится в фондах организаций, проводивших
наблюдения. Поэтому создание единой
компьютерной базы данных содержания
нефтяных углеводородов является актуаль-
ным.

Нефтяные углеводороды относятся к
наиболее опасным загрязняющим веществам, и ежегодно при их транспортировке
наносится значительный ущерб морской
среде. Потому моделирование процессов
распространения и трансформации нефти-
ных углеводородов в морской среде являет-
ся чрезвычайно актуальной задачей. Верифи-
кация используемых моделей является

одной из наиболее трудных проблем и тре-
бует наличия возможно более полной базы
натурных наблюдений.

Подробный анализ материалов наблю-
дений за содержанием нефтяных углеводор-
одов в Черном море до 1990 г. сделан в
работе [1]. В настоящей работе приведены
результаты анализа натурных наблюдений
за содержанием НУ в районе северо-
западного шельфа в 1990–1991 гг. и в при-
брежных районах моря и устьевых областях
рек для периода с 1998 по 2004 гг..

**Создание базы данных и ГИС нефти-
ных углеводородов.** Основной массив дан-
ных наблюдений по нефтяным углеводоро-
дам в прибрежных водах Черного моря, за
исключением района г. Севастополя, вы-
полнен морскими подразделениями бывше-
го Госкомгидромета СССР: Дунайской
ГМО, ГМС “Одесса”, Николаевской ГМО,
ГМБ “Ильичевск”, МГС “Ялта”, МГС “Ту-
апсе” и Аджарской ГМО. Большая часть
результатов натурных наблюдений в откры-
той части акватории северо-западного
шельфа получена бывшим СО ГОИН в пе-
риод экспедиционных исследований по
программам Государственной службы на-
блюдения за загрязнением морской среды
[2]. Начиная с 1991 г. наблюдения на соз-
данной сети станций проводятся украин-
ской гидрометеослужбой.

Первичная база данных создавалась в
пакете Excel. При формировании базы дан-
ных в таблицы заносилась следующая ин-
формация: день, месяц и год отбора пробы,
название экспедиционного судна, номер
рейса, номер станции, глубина, широта,
долгота точки отбора пробы, горизонт, кон-
центрация нефтяных углеводородов. Созданная
на сегодняшний день база данных
содержания нефтяных углеводородов в
морской среде северо-западного шельфа
Черного моря, прибрежных и устьевых об-
ластях включает всю доступную информа-
цию за период с 1986 по 2004 годы.

Созданная база данных была использо-
вана при разработке географической ин-
формационной системы содержания нефти-
ных углеводородов в водах Черного моря
(OilGIS) [1]. Программная оболочка ГИС
разработана с использованием Borland Del-
phi 6.0 Borland Software Corporation авторами
работы [2].

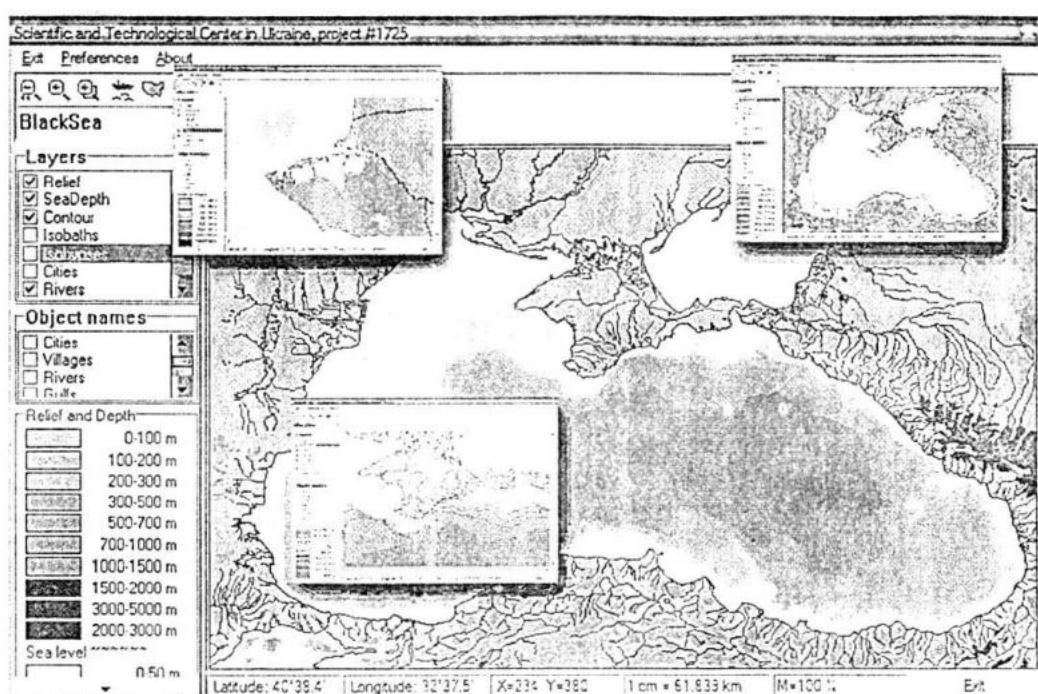


Рисунок 1 – Картографическая основа ГИС [1]

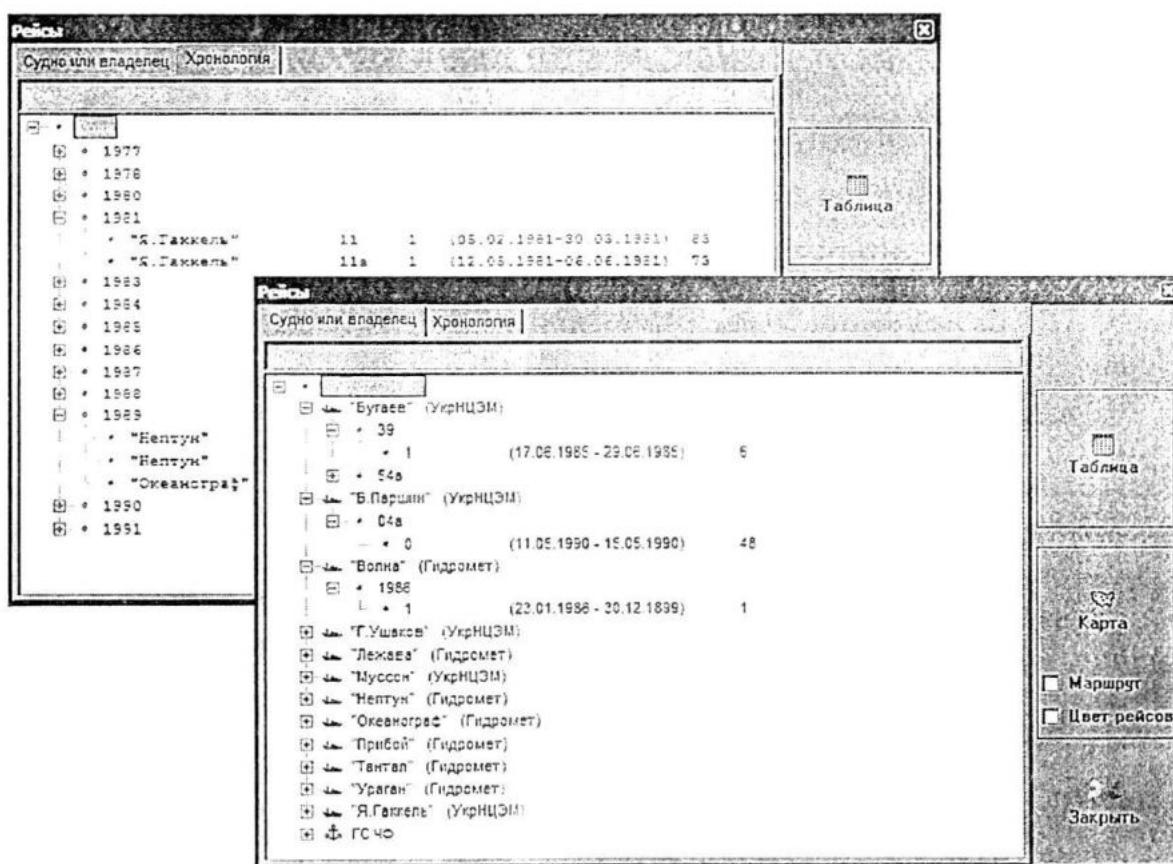


Рисунок 2 – Структура БД натурных исследований в ГИС

Картографической основой ГИС является векторная карта Черного и Азовского морей с высокой степенью детализации (рис.1 [1]). Масштабируемая, координатно привязанная карта имеет 9 прозрачных слоев, отображение которых возможно в любом наборе. Помимо этого, при необходимости, генерируется дополнительный слой, содержащий наименования выбранных географических объектов.

База данных (БД), включающая результаты натурных наблюдений за содержанием нефтяных углеводородов в Черном море, интегрирована в систему ГИС. БД натурных наблюдений, разработанная в формате Borland Paradox с использованием входящего в состав Borland Delphi 6.0 пакета Borland Data Base Desktop, содержит в настоящее время данные для района северо-западного шельфа за 1986-2004 годы.

На основе файлов БД при загрузке системы создаются два инвентаризационных

списка: по названиям судов и хронологический (рисунок 2), каждый из которых отображает наименование судов, их принадлежность, даты начала и окончания исследований, наименование рейсов и этапов, а также количество выполненных станций. Можно выбирать как одну, так и несколько съемок одновременно, при этом маршруты на карте, относящиеся к различным рейсам, отображаются разными цветами (рис. 3). При этом в верхней части экрана выводится панель с подробными сведениями о выбранных измерениях. Набор инструментов панели позволяет переключать текущую станцию, имеющую специальный маркер, осуществляется либо последовательно в любом направлении, либо выбором станции из раскрывающегося списка. Обеспечена также "обратная связь", при которой выбор точки на карте приводит к отображению информации о ней на информационной панели.

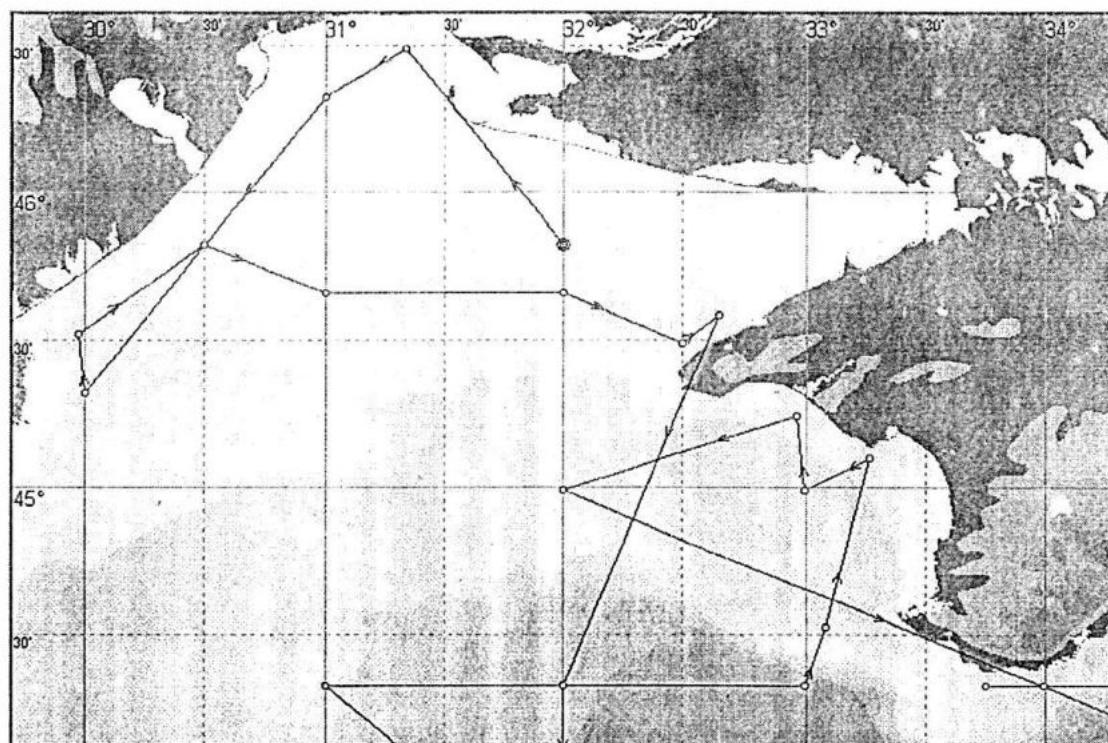


Рисунок 3 – Отображение на карте ГИС точек отбора проб морской воды и последовательности съемки

Помимо картографического представления имеется режим просмотра и редактирования данных в табличной форме (рисунок 4), традиционный для всех БД. В этом случае результаты измерений представля-

ются в виде двух связанных таблиц - таблицы описаний станции и таблицы результатов, отображение в которых синхронизировано по станциям и судам.

Анализ пространственной и временной изменчивости содержания нефтяных углеводородов в водах Черного моря. Уровень загрязнения вод Черного моря нефтяными углеводородами (НУ) определяется поступлением их с речными водами, со сточными водами промышленных комплексов, расположенных вдоль побережья, с бытовыми стоками, с балластными водами морских судов и водообменном с соседними морями. Концентрация НУ в каждом конкретном районе моря зависит не только

от поступления их непосредственно в этот район, но и от переноса загрязненных вод системой морских течений из других районов моря.

Исследования в открытой части северо-западного шельфа Черного моря проводились регулярно до 1991 года. На рисунке 4 показаны поля концентрации НУ, построенные по результатам, полученным в 1990 г. (4а рейс НИС «В.Паршин») и в 1991 г. (38б рейс «Я.Гаккель»).

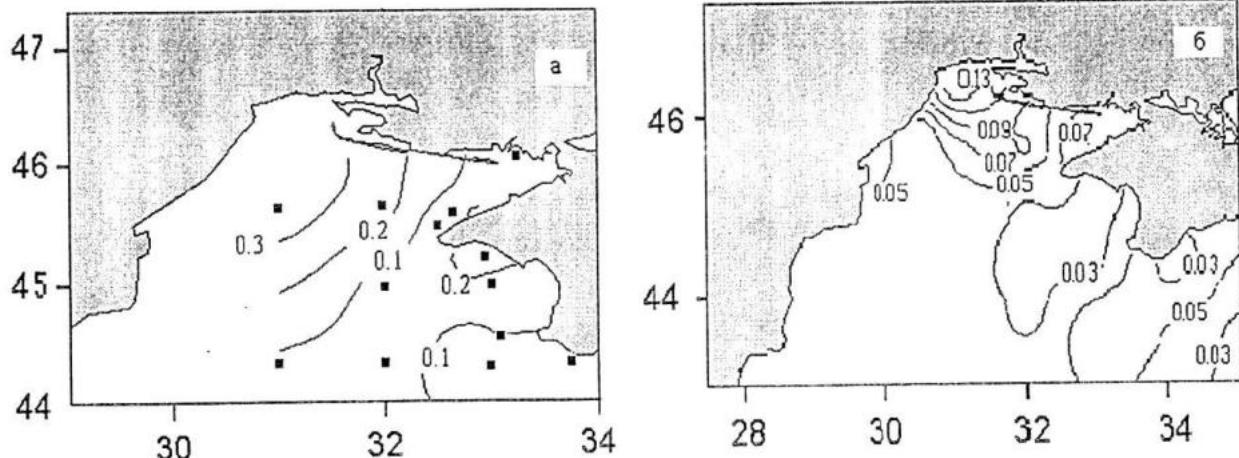


Рисунок 4 – Распределение концентрации растворенных НУ в поверхностном слое Черного моря в летние сезоны 1990 (а) и 1991 (б) годов

Анализ приведенных результатов показал, что наиболее высокие уровни концентрации НУ наблюдались в открытой части северо-западного шельфа в летний период 1990 г. Максимальные значения концентрации достигали 0,36–0,38 мг/л и наблюдались в районе шельфа, примыкающем к Днепро-Бугскому лиману. На отдельных станциях (рисунок 5) наблюдался подповерхностный максимум концентрации НУ на глубине 10–12 м.

На горизонте до 50 м нефтяные углеводороды были обнаружены во всех районах моря от 0,02 до 0,2 мг/л. Наиболее высокая изменчивость содержания НУ характерна для северных районов шельфа, где в течение весеннего и летнего сезонов 1990 года концентрации изменялись в 5–8 раз.

Прибрежные районы моря и устьевые области рек. Анализ изменчивости загрязнения прибрежных районов северо-западного шельфа был проведен на основе базы данных

содержания нефтяных углеводородов в прибрежных акваториях моря для периода с 1995 по 2004 г. В таблице 1 приведены результаты анализа созданной базы данных.

За весь рассматриваемый период наиболее высокие значения концентрации нефтяных углеводородов наблюдались в Днепровском и Бугском лиманах, достигая более 3 мг/л. Эпизодические повышения содержания НУ в 10 и более раз наблюдались и в других районах прибрежных вод (Севастопольская бухта, 2001 г., Балаклавская бухта, 2002 г., Ялтинский залив, 2004 г.). В некоторых прибрежных районах (Сухой лиман, Дунайское взморье, Ялтинский залив) наблюдалось устойчивое снижение концентрации НУ.

Внутригодовая изменчивость содержания нефтяных углеводородов в прибрежных и устьевых зонах моря была проанализирована на примере данных, полученных в Одесском заливе и Днепровском и Бугском лиманах в 2000–2004 гг. (таблица 2, рисунок 6).

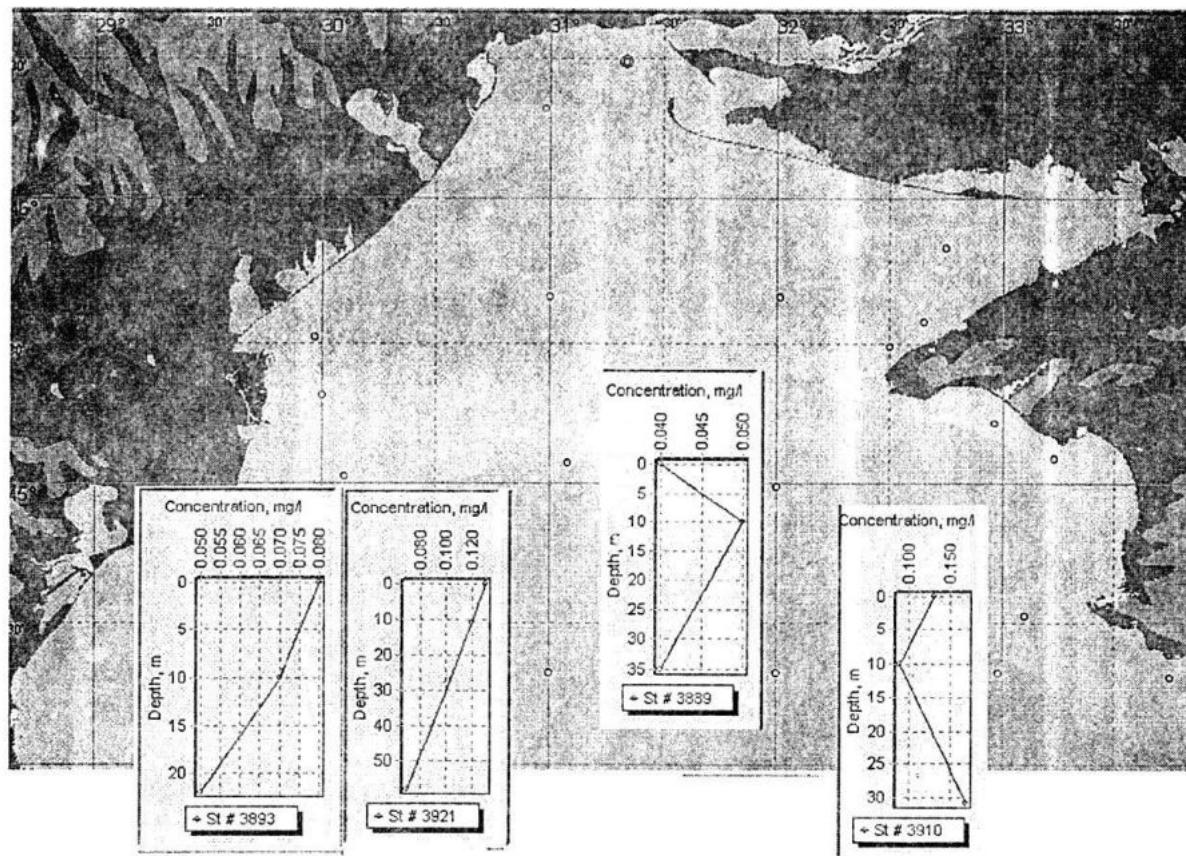


Рисунок 5 – Вертикальное распределение концентрации НУ в водах северо-западного шельфа Черного моря в мае 1990 г.

Таблица 1 – Содержание нефтяных углеводородов в прибрежных районах моря и устьевых областях рек

№	Район моря	2002			2003			2004		
		Max	Min	Сред- нее	Max	Min	Сред- нее	Max	Min	Сред- нее
1.	Днепровский лиман	—	—	—	0,9	н.п.о.	0,22	0,68	н.п.о.	0,21
2.	Бугский лиман	0,85	н.п.о.	0,18	—	—	—	0,85	н.п.о.	0,19
3.	Одесский залив	0,33	н.п.о.	0,12	0,56	0,03	0,12	0,51	0,03	0,15
4.	Сухой лиман	0,28	н.п.о.	0,01	—	—	н.п.о.	—	—	—
5.	Придунайская область	0,08	н.п.о.	0,04	0,08	н.п.о.	0,04	0,07	н.п.о.	0,07
6.	Севастополь-ская бухта	0,11	0,06	0,09	—	—	—	—	—	—
7.	Балаклавская бухта	0,57	0,04	0,14	—	—	—	—	—	—
8.	Ялтинский залив	0,17	н.п.о.	0,03	0,24	н.п.о.	0,04	0,47	н.п.о.	0,04

Из результатов, приведенных на рисунке 6, можно констатировать, что для Одесского залива характерен зимний мак-

симум содержания нефтяных углеводородов в морской воде, наиболее ярко выраженный в 2002 – 2004 гг.

Таблица 2 – Внутригодовая изменчивость содержания нефтяных углеводородов в прибрежных водах Черного моря

Месяцы	Глубина, м	Районы моря			
		Одесский залив		Бугский лиман	
		2001 г.	2004 г.	2000 г.	2004 г.
Январь	0 м	0.143±0.028	0.165±0.019	0.094±0.025	0.235±0.156
	5 м	0.107±0.027	0.117±0.015		
	10 м	0.070±0.013	0.07±0.011		
Февраль	0 м	0.130±0.026	0.16±0.021	0.114±0.084	0.167±0.132
	5 м	0.088±0.015	0.125±0.025		
	10 м	0.063±0.008	0.09±0.01		
Март	0 м	0.222±0.039	0.168±0.020	0.267±0.163	0.152±0.058
	5 м	0.133±0.026	0.112±0.015		
	10 м	0.107±0.014	0.08±0.014		
Апрель	0 м	0.190±0.017	0.197±0.038	0.293±0.076	0.238±0.145
	5 м	0.142±0.016	0.127±0.1		0.204±0.153
	10 м	0.103±0.022	0.088±0.01		
Май	0 м	0.177±0.028	0.147±0.016	0.657±0.268	0.205±0.100
	5 м	0.130±0.021	0.112±0.012		
	10 м	0.087±0.023	0.058±0.01		
Июнь	0 м	0.182±0.025	0.142±0.017	0.219±0.191	0.145±0.112
	5 м	0.118±0.018	0.113±0.010		
	10 м	0.090±0.013	0.057±0.010		
Июль	0 м	0.182±0.100	0.16±0.028	0.149±0.103	0.333±0.122
	5 м	0.098±0.076	0.113±0.018		0.354±0.138
	10 м	0.042±0.034	0.088±0.008		
Август	0 м	0.155±0.025	0.177±0.026	0.159±0.103	0.11±0.07
	5 м	0.123±0.024	0.127±0.018		0.058±0.015
	10 м	0.070±0.014	0.092±0.012		
Сентябрь	0 м	0.173±0.032	0.273±0.093	0.048±0.075	0.174±0.225
	5 м	0.147±0.030	0.152±0.057		0.267±0.308
	10 м	0.082±0.015	0.098±0.025		
Октябрь	0 м	0.152±0.039	0.41±0.08	0.139±0.101	0.211±0.110
	5 м	0.127±0.021	0.300±0.101		0.214±0.152
	10 м	0.070±0.017	0.197±0.084		
Ноябрь	0 м	0.170±0.033	0.345±0.078	0.514±0.206	0.284±0.244
	5 м	0.115±0.018	0.26±0.079		0.335±0.272
	10 м	0.085±0.019	0.138±0.054		
Декабрь	0 м	0.173±0.044	0.225±0.047	0.470±0.157	0.295±0.105
	5 м	0.108±0.012	0.102±0.041		
	10 м	0.075±0.019	0.062±0.038		

Основными источниками поступления нефтяных углеводородов в воды Одесского залива являются многочисленные предприятия г. Одессы, а также морские суда, идущие в Одесский торговый порт. Данные, представленные в таблицах и на рисунке 6, свидетельствуют, что, несмотря на заметное уменьшение содержания НУ в водах Одесского залива по сравнению с наблю-

даемым в 80–90-е годы [3], уровень его загрязнения остается недопустимо высоким. Наиболее загрязненным является поверхностный слой, где средняя концентрация НУ составляет 0,15–0,30 мг/л (3–6 ПДК). Внутригодовая динамика уровней загрязнения Одесского залива определяется как антропогенными (сброс НУ в море), так и естественными факторами.

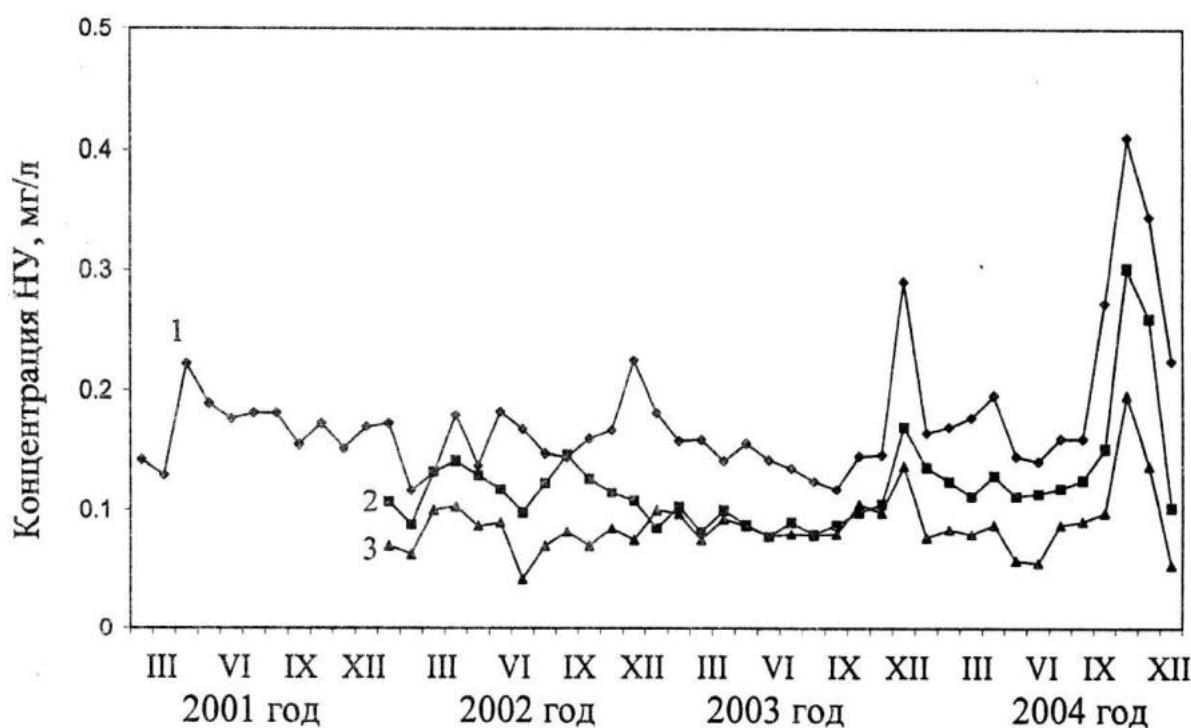


Рисунок 6 – Временной ход содержания нефтяных углеводородов в Одесском заливе на ст. 29 ($46^{\circ}29'02''$ с.ш.; $30^{\circ}45'03''$ в.д.) и ст. 33 ($46^{\circ}31'00''$ с.ш.; $30^{\circ}36'00''$ в.д.) в 2001–2004 годах:
1 – горизонт 0 м; 2 – горизонт 5 м; 3 – горизонт 8 м.

Днепро-Бугский лиман является самым большим лиманом, примыкающим к северо-западному шельфу Черного моря. Наблюдения, выполненные в 1995–2004 гг., показали, что уровни загрязнения как

Днепровского, так и Бугского лиманов являются наиболее высокими из всех прибрежных и устьевых районов северо-западного шельфа (таблица 2, рисунок 7).

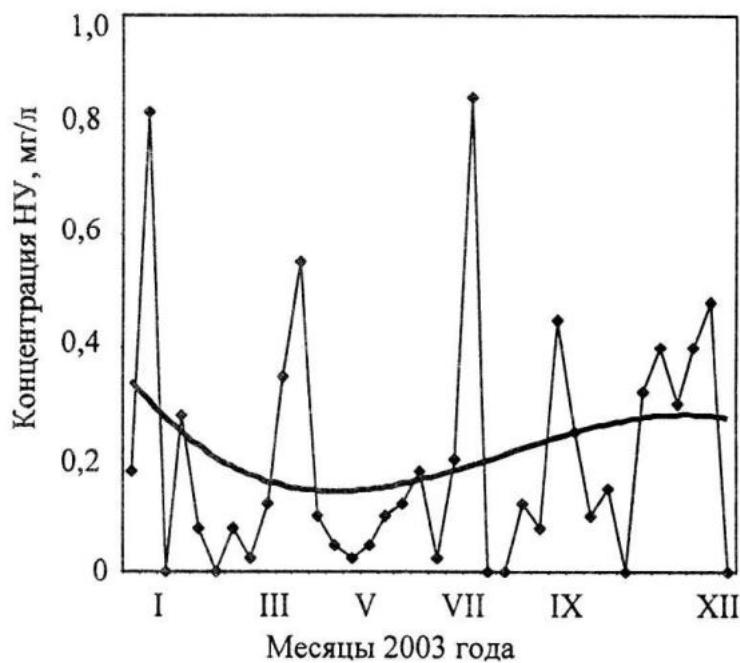


Рисунок 7 – Изменчивость содержания нефтяных углеводородов в водах Бугского лимана и временной тренд концентрации

Средняя многолетняя концентрация НУ по всей водной толще Днепровского лимана составляет 0,21 мг/л, а в Бугском – 0,26 мг/л. Приток нефтяных углеводородов с речным стоком, а также сброс промышленных и хозяйствственно-бытовых сточных вод формирует в Днепро-Бугской устьевой области устойчивые во времени и пространстве поля загрязнений. Как и в Одесском заливе, наблюдается зимний максимум среднемесячных значений концентрации НУ.

Межгодовая изменчивость концентрации НУ в обоих лиманах не обнаруживает каких-либо значимых тенденций ни в поверхностном, ни в придонном слоях и характеризуется немонотонностью.

Выводы

1. Созданная база данных содержания НУ в морской среде северо-западного шельфа Черного моря, прибрежных и устьевых районах рек использована при ГИС.

2. В открытой части северо-западного шельфа наиболее высокие уровни концентрации НУ наблюдались в летний период 1990 г. Наиболее загрязненным является поверхностный слой моря. На отдельных станциях наблюдался подповерхностный максимум концентрации НУ на глубине 10–12 м. Проследить за дальнейшим изменением ситуации в данном районе Черного моря не представляется возможным из-за отсутствия наблюдений после 1991 года.

3. Анализ результатов наблюдений, выполненных в 1998–2004 гг. в прибрежных районах моря показал, что наиболее загрязненными являются Днепро-Бугский лиман

и Одесский залив, где содержание НУ в 2–16 раз превышает ПДК.

Эпизодические повышения концентрации НУ в 10 и более раз наблюдались в этот период в Севастопольской и Балаклавской бухтах.

В Сухом лимане, Ялтинском заливе и на Дунайском взморье наблюдалось устойчивое монотонное снижение содержания НУ.

4. Для Одесского залива и Днепро-Бугского лимана характерны зимние максимумы содержания НУ в поверхностном слое вод, наиболее ярко выраженные в 2002–2004 гг.

Межгодовая изменчивость характеризуется немонотонностью и не обнаруживает каких-либо значимых тенденций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долотов В.В., Барабаш О.Н. Использование ГИС для анализа результатов расчета последствий загрязнения Черного моря нефтяными углеводородами. // Морской гидрофизический журнал. – 2006 (в печати).

2. Долотов В.В., Инюшина Н.В., Чудиновских Т.В. Электронные атласы расчетных гидрологических полей и содержания нефти в Черном море, совмещенные в рамках единой оболочки // Морской гидрофизический журнал. – 2006. – № 6. – С. 68–73.

3. Гидрометеорология и гидрохимия морей. – Том IV. Черное море. – Выпуск 3. Современное состояние загрязнения вод Черного моря. – Под ред. А.И.Симонова, А.И.Рябинина. – Севастополь: «ЭКОСИ-Гидрофизика». – 1996. – 230 с.