

Каспийская экологическая программа

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

Каспийский морской научно-исследовательский центр

Дагестанский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

Министерство образования и науки Российской Федерации

Дагестанский государственный университет

Факультет экологии

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СРЕДНЕГО КАСПИЯ
НЕФТЯНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ**

АТЛАС

Проект «Моря»

Астрахань
2006

УДК 551.469+577.472

Рецензент
Член-корреспондент РАН, доктор биологических наук
М.-Р.Д. Магомедов

Экологическая оценка загрязнения западной части Среднего Каспия нефтяными углеводородами. Атлас. / Отв. ред. Г.М. Абдурахманов, С.К. Монахов, – Астрахань, 2006. – 50 с.

В исследованиях использованы данные многолетних наблюдений за загрязнением прибрежных морских вод Дагестана и методы экологической оценки загрязнения морской среды. Определены экологические параметры, характеризующие состояние загрязненности нефтяными углеводородами акватории западной части Среднего Каспия и устойчивость прибрежных морских экосистем к воздействию нефтяного загрязнения (концентрация и нагрузка нефтяных углеводородов, потенциалы загрязнения и очищения, ассимиляционная емкость, экологическое благополучие и норма загрязнения). Результаты исследований иллюстрированы картами, диаграммами и таблицами.

© Каспийский морской научно-исследовательский центр
© Дагестанский государственный университет
© Дагестанский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

Введение

Каспийское море часто называют «уникальным» водоемом. Тут можно возразить, что все создания природы по-своему уникальны, но Каспий на самом деле обладает яркой индивидуальностью. Присущие исключительно ему черты легко найти и в геоморфологии, и в гидрологии, и в биологии, и в экологии моря.

Общение с Каспием, как со всякой яркой «личностью», требует особого подхода. Если где-то это и удастся, то только не в области нормирования антропогенного воздействия на морские экосистемы. Здесь по-прежнему преобладает унифицированный подход, ставящий его в один ряд с другими морскими рыбохозяйственными водоемами.

Альтернативой унифицированному подходу является экологическое нормирование, учитывающее при определении допустимого воздействия на природные системы их индивидуальные особенности, уязвимость или, наоборот, устойчивость к тому или иному виду воздействия.

Проблема состоит в том, что экологическое нормирование пока не применяется на практике, так как для этого помимо соответствующей нормативно-правовой базы необходимо проведение всесторонних исследований природных систем, что, учитывая их разнообразие, практически невозможно.

Актуальной для науки остается задача разработки методологии экологического нормирования, не требующей всесторонних исследований и опирающейся на данные государственного мониторинга окружающей среды, являющиеся самой надежной информационной основой для природоохранной деятельности.

Одним из примеров решения этой задачи является разработанная в Каспийском морском научно-исследовательском центре методология экологической оценки загрязнения морской среды, включающая в себя определение потока загрязняющих веществ, проходящего через морскую экосистему, и его критического значения, превышение которого вызывает нарушение ее жизнедеятельности.

В 2005 году в сотрудничестве с российскими нефтяными компаниями, действующими на Каспии, была выполнена экологическая оценка загрязнения западной части Северного Каспия нефтяными углеводородами. Опубликованные в печатном и электронном виде результаты этой работы оказались широко востребованными. Поэтому исследования было решено продолжить применительно ко всей акватории моря.

В данном атласе представлены результаты исследований, выполненных в 2006 году при поддержке Каспийской экологической программы и Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

В основу работы положены данные многолетних наблюдений за загрязнением морских вод, собранные Государственным океанографическим институтом в рамках проекта «Моря» и дополненные за последние годы Дагестанским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Все расчеты выполнены в Дагестанском государственном университете, а иллюстративные материалы подготовлены Каспийском морском научно-исследовательском центре. Текст является плодом совместного труда специалистов названных выше организаций.

Предметом исследований, выполненных в 2006 году, стала акватория западной части Среднего Каспия от границы с Северным Каспием до взморья р. Самур. Эта акватория прилегает к побережью Республики Дагестана – одного из прикаспийских субъектов Российской Федерации, поэтому ее часто называют прибрежными водами Дагестана, Дагестанским взморьем или Дагестанским шельфом Каспийского моря.

Атлас состоит из двух разделов. В первом разделе дана характеристика материалов и методов исследования, при этом методическая часть изложена в самом кратком виде, так как полное описание методов экологической оценки загрязнения морской среды содержится в предыдущей работе, с которой можно ознакомиться на сайте: http://caspiamonitoring.ru/articles/7/112p_atlas_rus.pdf. Во втором разделе приведены результаты исследований в виде таблиц, диаграмм и карт, снабженных краткими комментариями.

В подготовке атласа принимали участие: **Г.М. Абдурахманов** (Дагестанский государственный университет), **С.К. Монахов** (Каспийский морской научно-исследовательский центр) – ответственные редакторы, **Г.А. Монахова** (Дагестанский государственный университет), **П.В. Поставик**, **А.Д. Магомедова** (Дагестанский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды), **Ф.С. Терзиев**, **И.Г. Матвейчук**, **Т.И. Плотникова** (Государственный океанографический институт) **Е.В. Островская**, **В.О. Татарников**, **Е.В. Гаврилова**, **Е.С. Беляева**, **А.Ю. Вдовин** (Каспийский морской научно-исследовательский центр).

1. Характеристика материалов и методов, использованных для экологической оценки загрязнения западной части Среднего Каспия нефтяными углеводородами

Материалами для исследования послужили данные измерений концентрации нефтяных углеводородов в морской воде, выполнявшихся в соответствии с программой Государственной службы наблюдений в период 1978-2005 гг. в восьми прибрежных районах, карта схема расположения которых приведена на рис. 1.

Следует отметить, что под нефтяными углеводородами (НУ) далее подразумевается сумма входящих в состав нефти и нефтепродуктов неполярных и малополярных углеводородов, экстрагируемых четыреххлористым углеродом (CCl_4) и не сорбируемых активированной окисью алюминия (Al_2O_3).

Данные, полученные до 1978 года, не использовались в работе, потому что в этот период для определения НУ в воде использовался весовой метод, результаты которого плохо сопоставимы с данными, полученными с помощью применявшегося позднее метода инфракрасной спектрофотометрии.

Наблюдения за загрязнением прибрежных морских вод Дагестана представляют исключительную ценность, поскольку это единственный участок акватории Каспийского моря, где они не приостанавливались в 90-е годы прошлого столетия. Кроме того, сохранилась и прежняя частота наблюдений, в отличие, например, от Северного Каспия, где ранее наблюдения проводились 4-6 раз в год, а сейчас проводятся один раз в 2-3 года.

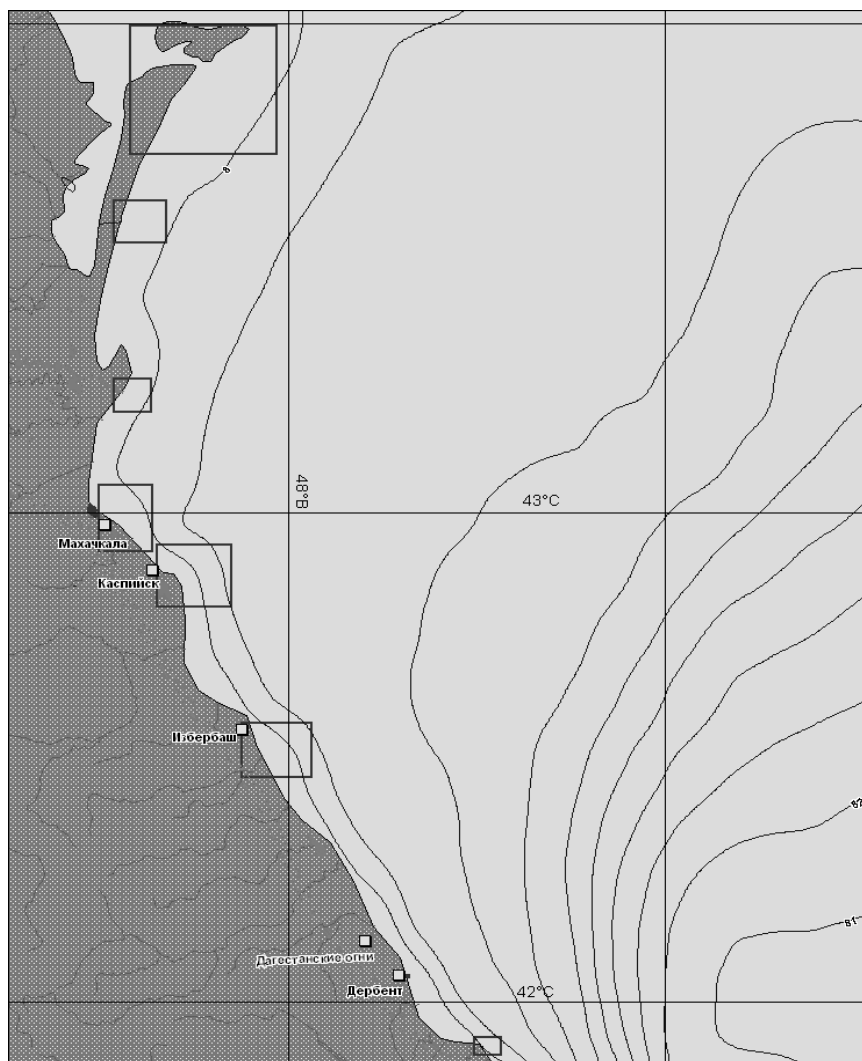


Рис. 1 Карта схема районов наблюдений за загрязнением морской среды на Дагестанском взморье Каспийского моря

В период 1978-2005 гг. программа наблюдений за загрязненностью прибрежных морских вод Дагестана подвергалась незначительной корректировке. С целью обеспечения однородности материалов в работе использовались данные, полученные на станциях, где наблюдения проводились в течение всего рассматриваемого периода. Из тех же соображений были выбраны 6 месяцев (январь март, май, июль, сентябрь, октябрь), для которых ряды наблюдений имели минимальное количество пропусков.

В работе использовались архивные материалы, собранные и систематизированные в рамках проекта «Моря». Сделанная из них выборка была сверена с первоисточниками – ежемесячниками и ежегодниками Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей природной среды. В результате был сформирован исходный массив данных, содержащий 8098 записей измерений концентрации нефтяных углеводородов в прибрежных водах Дагестана.

Обработка и анализ исходного массива данных проводилась в соответствии с методами, описанными в атласе «Экологическая оценка загрязнения западной части Северного Каспия нефтяными углеводородами». На первой стадии из исходного массива данных были удалены значения, характеризующие локальное загрязнение. В качестве критерия локального загрязнения, как и ранее, использовался 5% порог значимости.

На второй стадии проводился расчет нагрузки по нефтяным углеводородам (смотрите перечень обозначений и терминов, приведенный в конце раздела). Поскольку Дагестанский шельф мелководен, то при расчете массы загрязняющего вещества в столбе воды учитывались многолетние колебания уровня моря по данным наблюдений на морском гидрологическом посту (МГП) в Махачкале (рис. 2).

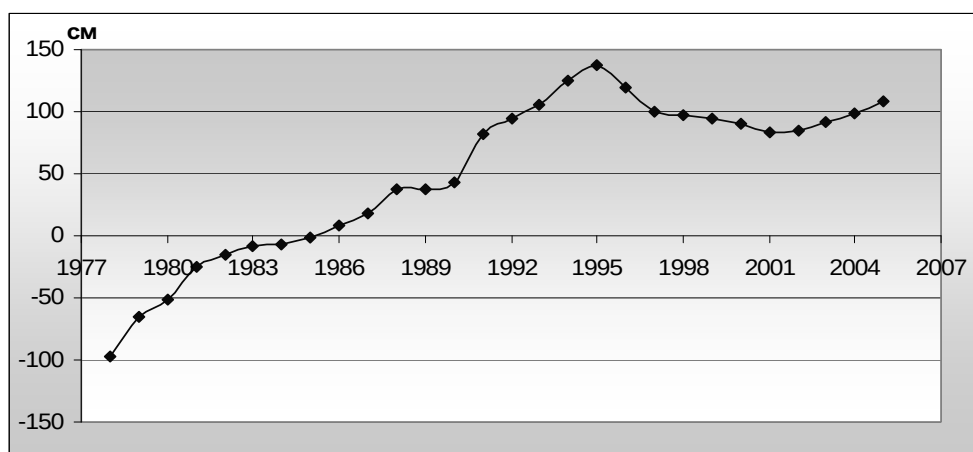


Рис. 2 Изменения уровня Каспийского моря (см) в период 1978-2005 гг. по данным наблюдений на МГП Махачкала. «0» поста равен -28,0 м БС

Расчет нагрузки по нефтяным углеводородам (L) проводился по формуле (1).

$$L = \frac{V}{S} C \quad (1)$$

где S – площадь акватории, V – объем находящегося под ней столба воды, C – концентрация загрязняющего вещества в столбе воды.

Учитывая, что расчет нагрузки производился для каждой станции в отдельности, площадь акватории принималась равной 1 км^2 , а концентрация загрязняющего вещества в столбе воды рассчитывалось как среднее значение по данным наблюдений в поверхностном и придонном слое воды.

Формула (1) носит универсальный характер. С ее помощью в работе применительно к каждой станции рассчитывались:

- мгновенная нагрузка (L_t) при $C = C_t$, где t – любой, произвольный момент времени;
- средняя нагрузка ($\bar{L}$) при $C = \bar{C}$, где $\bar{C}$ – среднее за весь период наблюдений значение C ;
- максимальная нагрузка (L_{max}) при $C = C_{max}$, где C_{max} – максимальное за весь период наблюдений значение C ;
- допустимая нагрузка (L_l) при $C = C_l$, где C_l – допустимая концентрация нефтяных углеводородов в воде.

Для экологической оценки загрязнения нефтяными углеводородами исследуемой акватории было принято $C_l = 0,05$ мг/л. При этом принималось во внимание, что данное значение близко к нижнему пределу допустимой концентрации НУ в воде для зообентоса, играющего важную роль в экосистеме Дагестанского шельфа, и соответствует ПДК нефтяных углеводородов в морской воде.

На третьей стадии производилась оценка потенциалов загрязнения и очищения морских вод. При этом в первую очередь производился расчет скорости изменения нагрузки по нефтяным углеводородам на рассматриваемую акваторию для шести периодов года: зимы (январь-март); весны (март-май); первой половины лета (май-июль); второй половины лета (июль-сентябрь); осени (сентябрь-октябрь); предзимья (октябрь-январь).

Расчет скорости изменения нагрузки (R) проводится по формуле:

$$R = \frac{L_t - L_{(t-1)}}{T}, \quad (2)$$

где L_t – нагрузка в данный момент времени; $L_{(t-1)}$ – нагрузка в предыдущий момент времени; T – продолжительность интервала времени между двумя этими моментами.

При повышении нагрузки (загрязнении) R принимает положительное, а при снижении нагрузки (очищении) – отрицательное значение. Максимальное (положительное) за весь период наблюдений значение R является потенциалом загрязнения морских вод (P_p), так как оно является показателем наибольшего (по данным мониторинга) загрязнения рассматриваемой акватории. Соответственно, взятое по модулю минимальное (отрицательное) значение R является потенциалом очищения морских вод (P_m). Потенциал очищения вод характеризует собой высшую степень способности экосистемы моря к удалению загрязняющего вещества из произвольно ограниченного объема воды с помощью физических, химических и биологических процессов.

На следующей четвертой стадии технологического цикла с использованием формул (3, 4) определялась ассимиляционная емкость (A_m) для названных выше шести периодов года.

$$A_m = K_i P_m \quad (3)$$

$$K_i = \frac{L_l}{L_{max}} \quad (4)$$

При этом значение L_{max} выбиралось из рядов L за месяцы, приходящиеся на начало периодов года, для которых рассчитывалось A_m . Например, для расчета ассимиляционной емкости исследуемой акватории в зимний период значение L_{max} было выбрано из ряда L_i за январь. Учитывая многолетние изменения объема вод в пределах рассматриваемой акватории, значение L_l , рассчитанное по формуле (1) является в отличие от C_l , варьирующей величиной. Для оценки ассимиляционной емкости было взято среднее значение из временных рядов L_l за месяцы, также приходящиеся на начало периодов года, для которых рассчитывалась ассимиляционная емкость.

На заключительной стадии проводилась оценка экологического благополучия и экологической нормы загрязнения. Для оценки экологического благополучия применялся подход,

основанный на сравнении потоков загрязняющего вещества на входе экосистемы (D) с ее ассимиляционной емкостью (A_m), а также мгновенной (L_t) и допустимой (L_l) нагрузок. При сочетании всех факторов, обеспечивающем $L_t < L_l$, состояние экосистемы оценивалось как благополучное или относительно благополучное; в противном случае оно оценивалось как неблагополучное.

Так как конечным критерием экологического благополучия является допустимая нагрузка, имеющая размерность массы вещества, а сравнению подвергаются величины, имеющие размерность потоков вещества, то возникает необходимость в дополнении этого аппарата еще несколькими параметрами:

- интервалом оценки (T'), используемым для перевода A_m из размерности потока в размерность массы вещества;
- массой поступающего за время T' загрязняющего вещества (M_p), равной произведению T' на D ;
- массой удаляемого за время T' (без вреда для экосистемы) загрязняющего вещества (M_a), равной произведению T' на A_m .

Допустим, что в течение T' значение допустимой нагрузки (L_l) остается постоянным, а исходная для T' нагрузка равна L_t . При соблюдении этих условий для оценки экологического благополучия рекомендуется применять критерии, приведенные в табл. 1 (графа «Полная оценка»). Однако, используемый при этом параметр M_p с трудом поддается определению. В этом случае для оценки экологического благополучия можно использовать сокращенную процедуру (табл. 1, графа «Сокращенная оценка»), что и сделано в данной работе.

Таблица 1

Критерии оценки экологического благополучия акватории
с учетом ее ассимиляционной емкости

Ранг оценки	Процедура оценки	
	Полная оценка	Сокращенная оценка
Благополучие	$L_{ti} + M_{pi} < L_{li}$	$L_{ti} < L_{li}$
Относительное благополучие	$L_{ti} + M_{pi} - M_{ai} < L_{li}$	$L_{ti} - M_{ai} < L_{li}$
Неблагополучие	$L_{ti} + M_{pi} - M_{ai} > L_{li}$	$L_{ti} - M_{ai} > L_{li}$

За экологическую норму (N) загрязнения принималось значение D , при котором суммарная (т.е. исходная и добавочная) нагрузка по загрязняющему веществу благодаря процессам очищения нивелируется до уровня допустимой нагрузки, т.е. соблюдается равенство:

$$L_t + M_p - M_a = L_l, \quad (5)$$

из которого с учетом приведенных выше определений M_p и M_a следует:

$$N = \frac{L_l - L_t}{T'} + A_m \quad (6)$$

Формула (6) использовалась для определения экологической нормы загрязнения, имеющей размерность потока вещества (в нашем случае, тонн/км²*месяц). При этом принималось во внимание, что N может принимать как положительное, так отрицательное значение. В первом случае N указывает, какое количество загрязняющего вещества может быть сброшено в море в единицу времени без ущерба для его экосистемы (при соблюдении, конечно, определенных условий рассеивания сброса). Во втором случае N указывает, на какую величину должен быть снижен сброс загрязняющего вещества в море для того, чтобы в полной мере были восстановлены функции его экосистемы, то есть является количественной оценкой сверхнормативного загрязнения.

Таблица 2

Обозначения и термины, использованные в работе

Обозначение	Термины и определения	Размерность
C_i	Средняя для водоема в целом или его части концентрация загрязняющего вещества в воде	мг/л
C_{ti}	Мгновенная концентрация загрязняющего вещества в воде, равная C_i в момент наблюдения	мг/л
$\overline{C_i}$	Средняя по времени концентрация загрязняющего вещества в воде, равная C_i за период наблюдений	мг/л
C_{maxi}	Максимальная концентрация загрязняющего вещества в воде, равная максимальному значению C_i за период наблюдений	мг/л
CL_{50}	Установленная для вида-«мишени», чувствительного к загрязнению и играющего важную роль в жизнедеятельности сообществ, концентрация загрязняющего вещества в воде, вызывающая гибель 50% особей	мг/л
CL_0	Концентрация загрязняющего вещества в воде, не оказывающая токсического воздействия на вид-«мишень»	мг/л
C_{0i}	Критическая концентрация загрязняющего вещества в воде, равная C_i при условии, что $C_i = CL_{50}$	мг/л
C_{li}	Допустимая концентрация загрязняющего вещества в воде, равная C_i при условии, что $C_i = CL_0$	мг/л
L_i	Нагрузка по загрязняющему веществу (далее – нагрузка) – масса загрязняющего вещества в водоеме или его части, отнесенная к площади акватории	тонн/км ²
L_{ti}	Мгновенная нагрузка, равная L_i в момент наблюдения	тонн/км ²
$\overline{L_i}$	Средняя нагрузка, равная среднему значению L_i за период наблюдений	тонн/км ²
L_{maxi}	Максимальная нагрузка, равная максимальному значению L_{ti} за период наблюдений	тонн/км ²
L_{0i}	Критическая нагрузка, равная L_i при условии, что $C_i = CL_{50}$	тонн/км ²
L_{li}	Допустимая нагрузка, равная L_i при условии, что $C_i = CL_0$	тонн/км ²
R_i	Скорость изменения нагрузки – разность между мгновенной нагрузкой в данный и предыдущий моменты времени, отнесенная к продолжительности интервала между ними	тонн/км ² ·мес
D_i	Скорость поступления загрязняющего вещества в водоем или его часть из всех возможных источников	тонн/км ² ·мес
F_i	Скорость удаления загрязняющего вещества из водоема или его части за счет внутриводоемных процессов и водообмена с другими водоемами	тонн/км ² ·мес
M_{pi}	Масса вещества, поступающего в водоем или его часть за период времени T	тонн/км ²
P_{mi}	Масса вещества, удаляемого из водоема или его части за период времени T	тонн/км ²
P_{pi}	Потенциал загрязнения – максимальная скорость поступления загрязняющего вещества в водоем или его часть	тонн/км ² ·мес
P_{mi}	Потенциал очищения – максимальная скорость удаления загрязняющего вещества из водоема или его части	тонн/км ² ·мес
A_{mi}	Ассимиляционная емкость – значение скорости удаления загрязняющего вещества, превышение которого влечет за собой нарушение структурной и функциональной целостности экосистемы водоема или его части	тонн/км ² ·мес
N_i	Экологическая норма загрязнения – исходная нагрузка и скорость поступления загрязняющего вещества в водоем, соотношенные с его ассимиляционной емкостью (в том же смысле применимо к части водоема)	тонн/км ² ·мес

2. Показатели экологической оценки загрязнения западной части Среднего Каспия нефтяными углеводородами

Лопатин

В районе Лопатин наблюдения за загрязнением морских вод в период 1978-2005 гг. проводились на трех станциях, схема расположения которых приведена на рис. 3. В исходный массив данных было включено 645 записей концентрации нефтяных углеводородов в поверхностном и придонном слоях воды.

Для исходных массивов данных рассчитывалась только средняя и максимальная концентрация НУ воде (табл. 3). Для определения показателей экологической оценки загрязнения использовались модифицированные массивы данных (исходные массивы после удаления значений, характеризующих локальное загрязнение).

Таблица 3

Средняя и максимальная концентрация нефтяных углеводородов в морской воде (мг/л) в районе Лопатин

Концентрация	Январь	Март	Май	Июль	Сентябрь	Октябрь	Год
Исходные массивы данных							
Средн.	0,08	0,08	0,07	0,05	0,09	0,10	0,08
Макс.	0,65	0,84	0,54	0,61	1,34	3,02	3,02
Модифицированные массивы данных							
Средн.	0,06	0,06	0,06	0,03	0,07	0,06	0,05
Макс.	0,29	0,35	0,19	0,12	0,34	0,30	0,35

Данные о сезонной и многолетней изменчивости концентрации НУ в воде приведены, соответственно, на рис. 3 и 4. Сведения о показателях экологической оценки загрязнения (концентрации, нагрузке, потенциалах очищения и загрязнения, ассимиляционной емкости) приведены только для двух станций (4 и 6) на рис. 5.

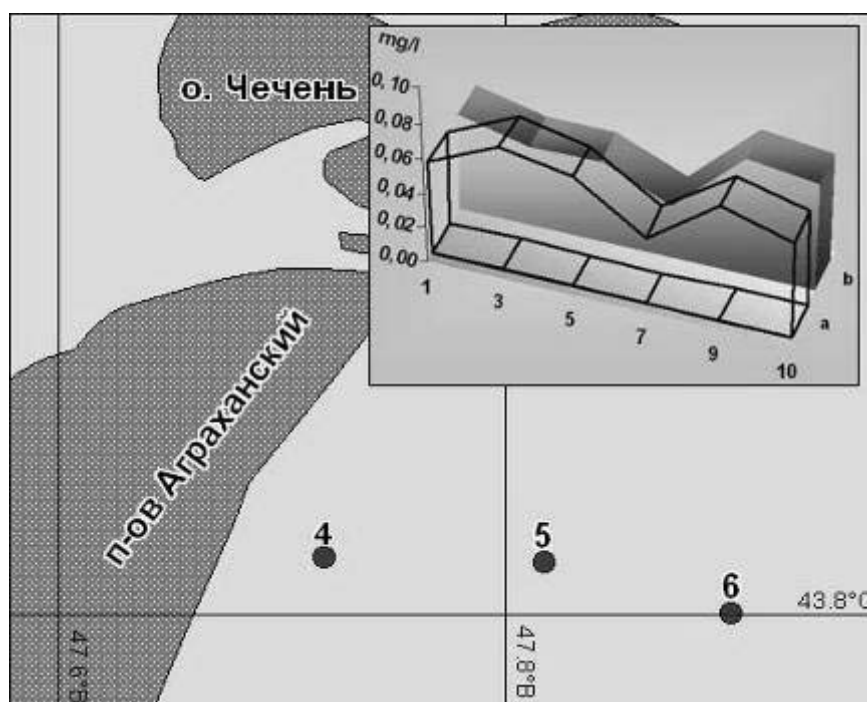


Рис. 3 Карта-схема расположения станций в районе Лопатин. На диаграмме в правом верхнем углу представлены данные о сезонной изменчивости концентрации НУ в поверхностном (а) и придонном (б) слоях воды (мг/л) в районе Лопатин. Номера на оси абсцисс – месяцы года.

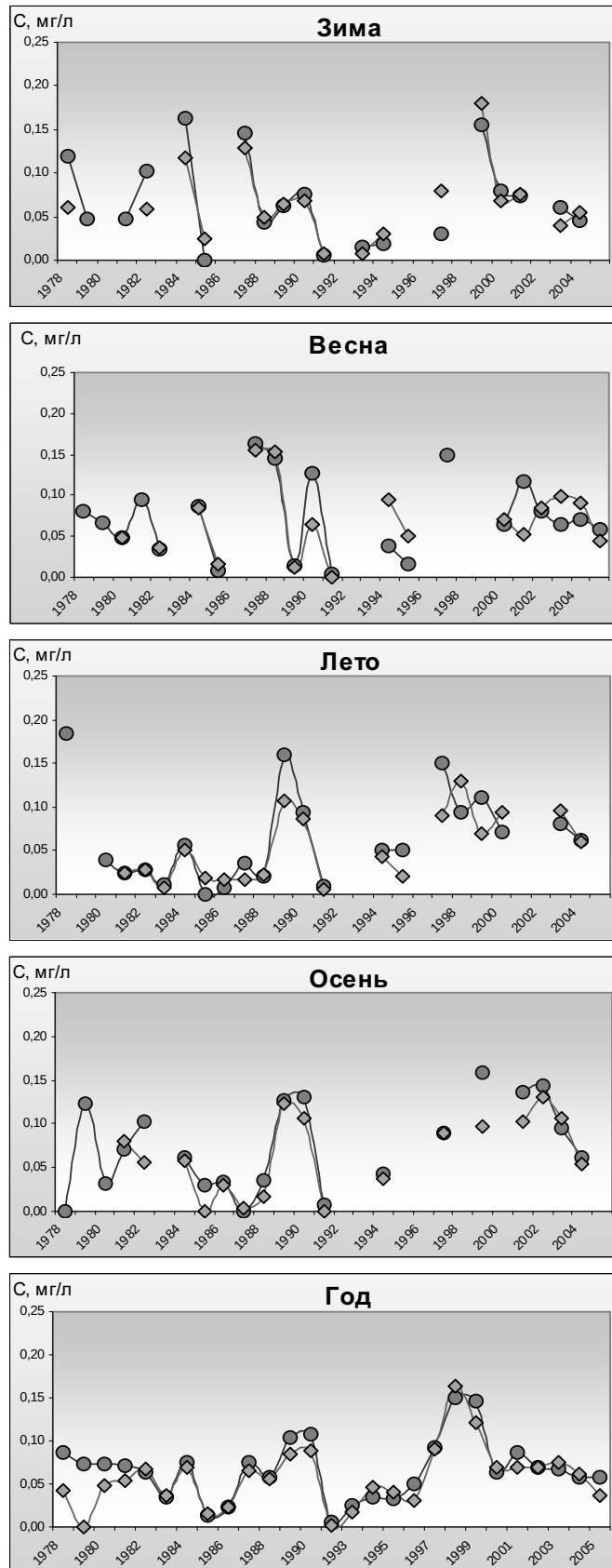


Рис. 4 Многолетние изменения концентрации НУ в воде (мг/л) в январе (зима), мае (весна), июле (лето) и сентябре (осень) в районе Лопатин. Для расчета среднегодовой концентрации (год) использовались также данные наблюдений в марте и октябре.

(○ – поверхностный слой; ◇ – придонный слой)

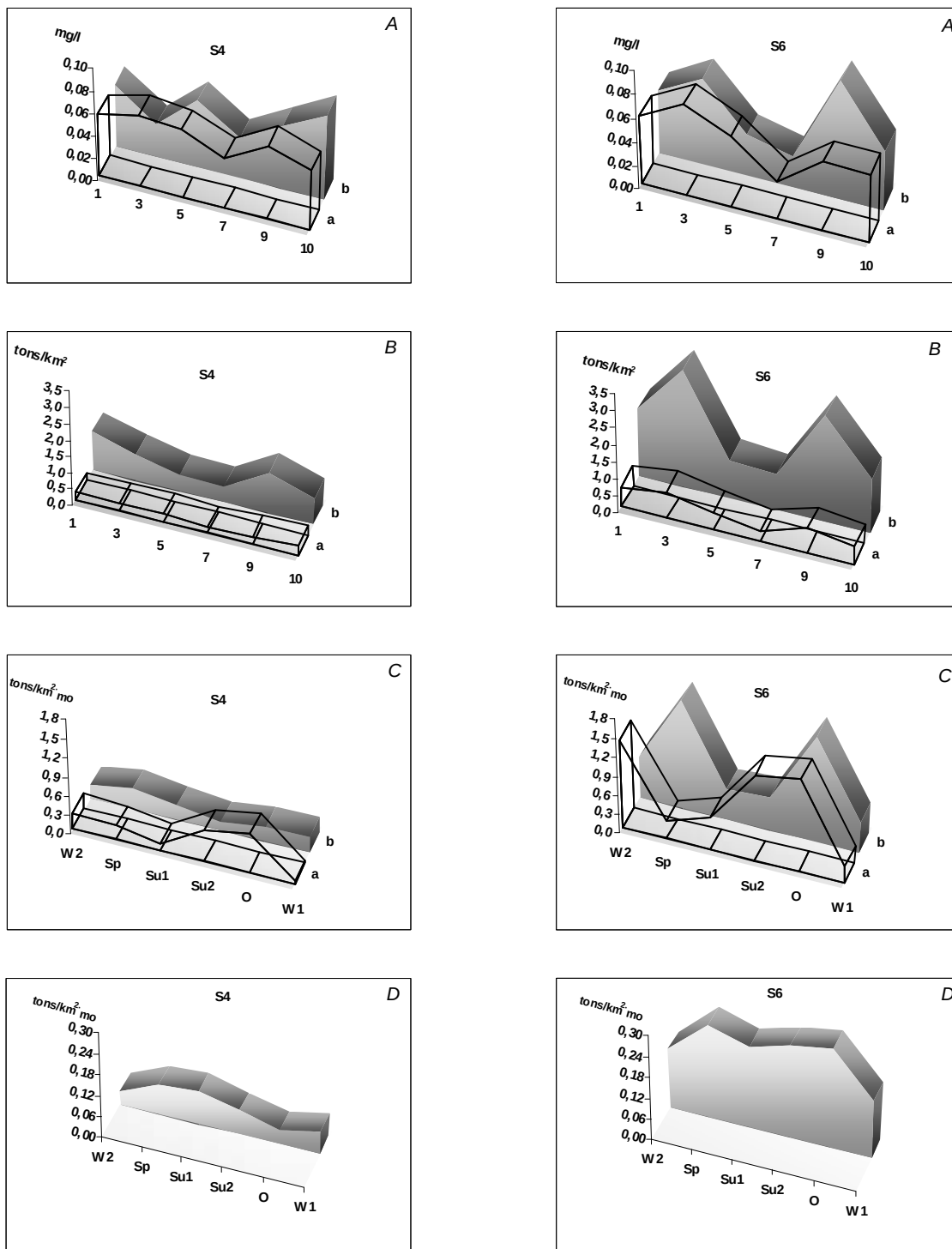


Рис. 5 Показатели экологической оценки загрязнения района Лопатин нефтяными углеводородами (S4 – станция 4; S6 – станция 6).

А – средняя концентрация НУ в воде, мг/л (а – поверхностный; б – придонный слой).

В – нагрузка по нефтяным углеводородам, тонн/км²,
(а – средняя; б – максимальная нагрузка).

С – потенциал загрязнения (а) и потенциал очищения (б) морской среды (тонн/км²·мес)

Д – ассимиляционная емкость акватории (тонн/км²·мес)

Примечание: 1) на рис. А и В номера на оси абсцисс – месяцы года; 2) на рис. С и Д на оси абсцисс: W2 – зима; Sp – весна; Su1 – первая половина лета; Su2 – первая половина лета; O – осень; W1 – предзимье.

Взморье р. Терек

В районе взморья р. Терек наблюдения за загрязнением морских вод в период 1978-2005 гг. проводились на пяти станциях, схема расположения которых приведена на рис. 6. В исходный массив данных было включено 1070 записей концентрации нефтяных углеводородов в поверхностном и придонном слоях воды.

Для исходных массивов данных рассчитывалась только средняя и максимальная концентрация НУ воде (табл. 4). Для определения показателей экологической оценки загрязнения использовались модифицированные массивы данных (исходные массивы после удаления значений, характеризующих локальное загрязнение).

Таблица 4

Средняя и максимальная концентрация нефтяных углеводородов
в морской воде (мг/л) в районе взморья р. Терек

Концентрация	Январь	Март	Май	Июль	Сентябрь	Октябрь	Год
Исходные массивы данных							
Средн.	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08
Макс.	0,62	0,65	0,79	0,84	0,53	0,46	0,84
Модифицированные массивы данных							
Средн.	0,07	0,06	0,07	0,05	0,07	0,05	0,06
Макс.	0,25	0,40	0,25	0,39	0,24	0,25	0,40

Данные о сезонной и многолетней изменчивости концентрации НУ в воде приведены, соответственно, на рис. 6 и 7. Сведения о показателях экологической оценки загрязнения (концентрации, нагрузке, потенциалах очищения и загрязнения, ассимиляционной емкости) приведены на рис. 8-12.

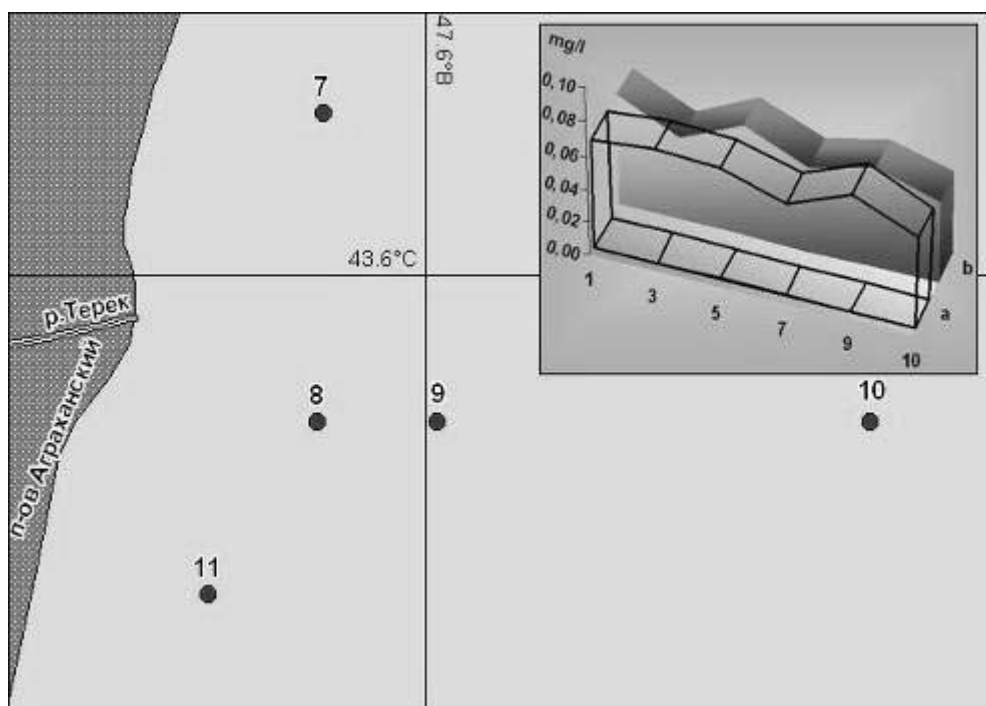


Рис. 6 Карта-схема расположения станций в районе взморья р. Терек. На диаграмме в правом верхнем углу представлены данные о сезонной изменчивости концентрации НУ в поверхностном (а) и придонном (б) слоях воды (мг/л) в районе взморья р. Терек. Номера на оси абсцисс – месяцы года.

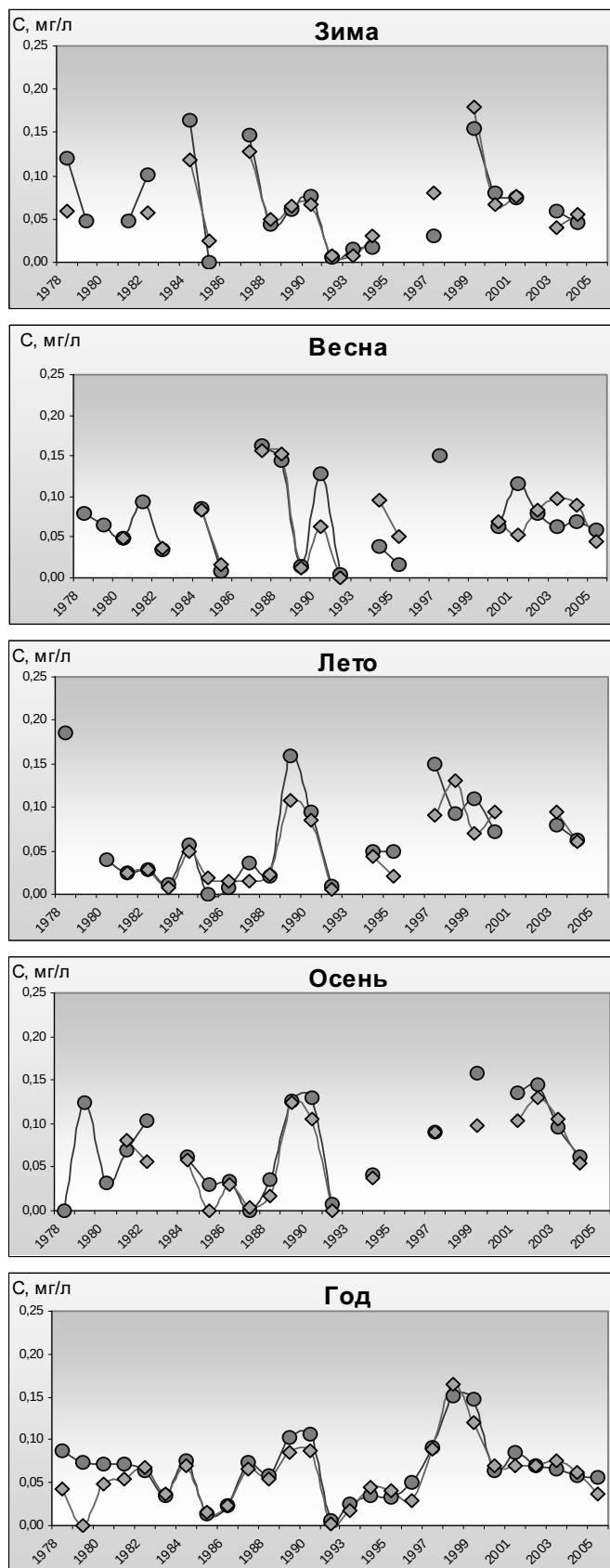


Рис. 7 Многолетние изменения концентрации НУ в воде (мг/л) в январе (зима), мае (весна), июле (лето) и сентябре (осень) в районе взморья р. Терек. Для расчета среднегодовой концентрации (год) использовались также данные наблюдений в марте и октябре.
(○ – поверхностный слой; ◇ – придонный слой)

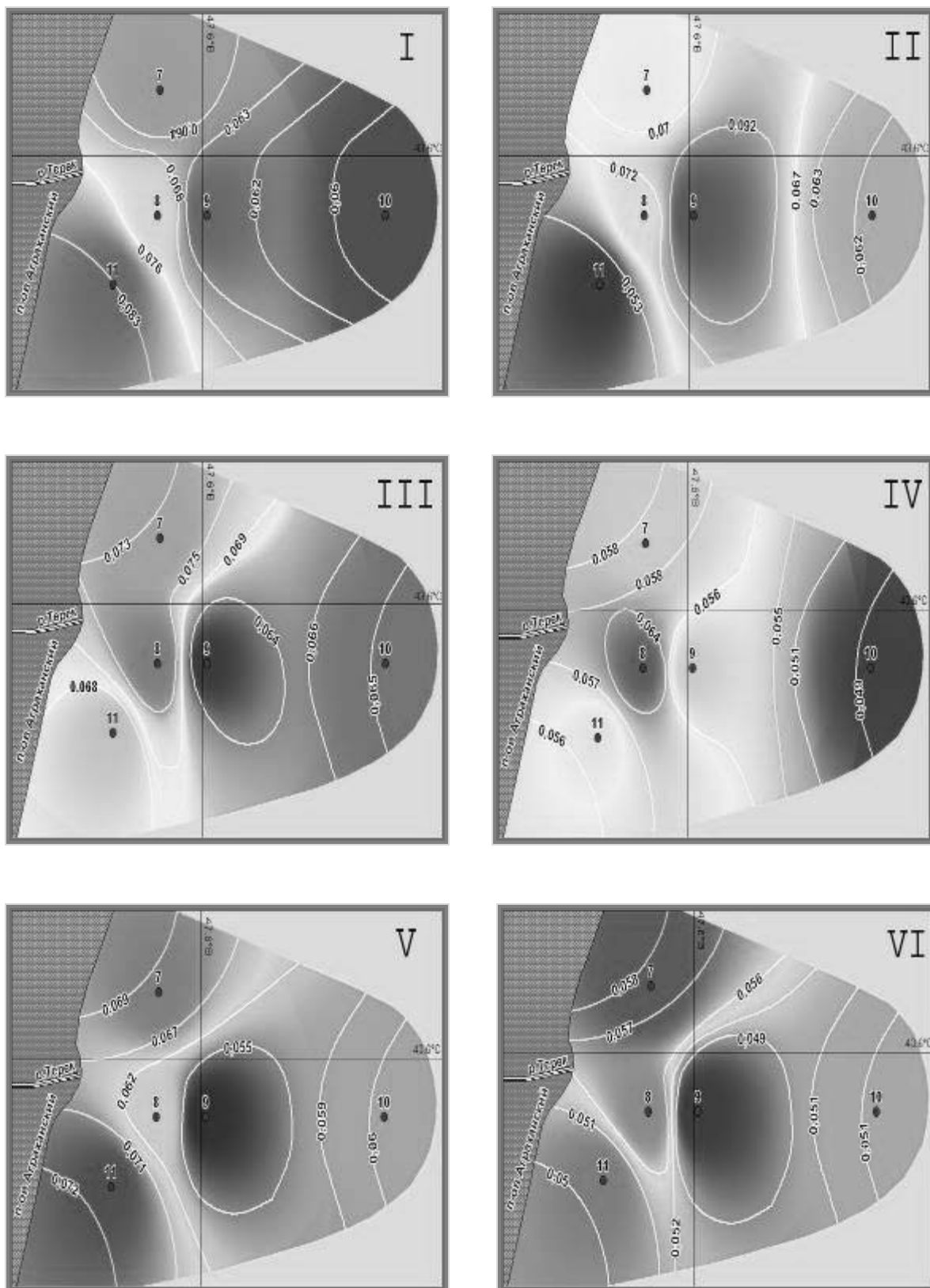


Рис. 8 Средняя концентрация нефтяных углеводородов в морской воде, мг/л
в районе взморья р. Терек
I – январь, II – март, III– май, IV– июль, V– сентябрь, VI– октябрь

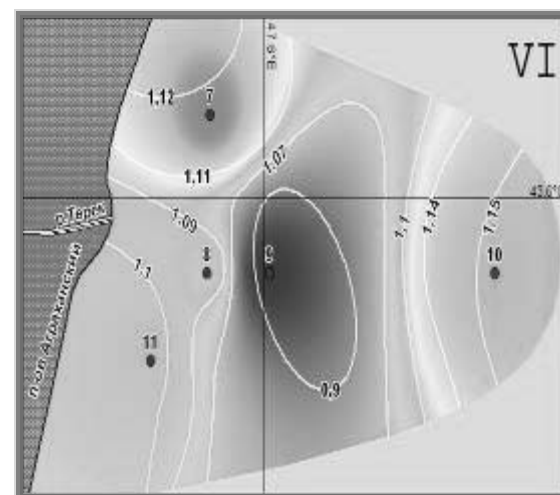
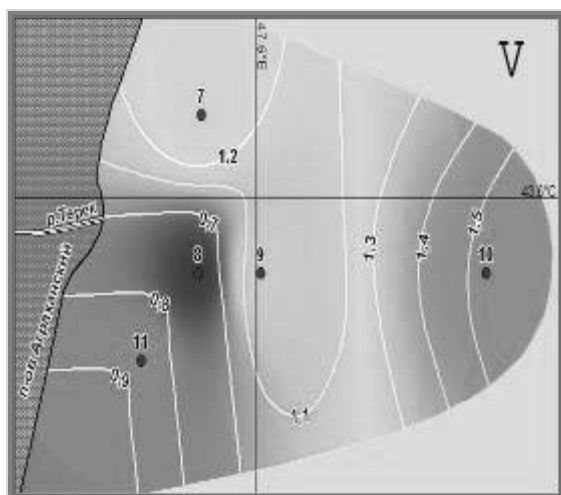
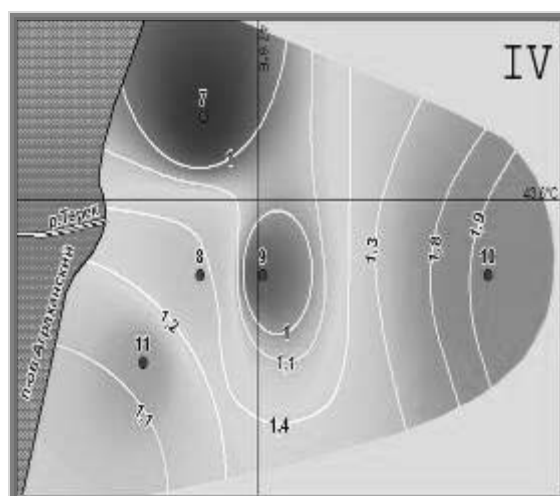
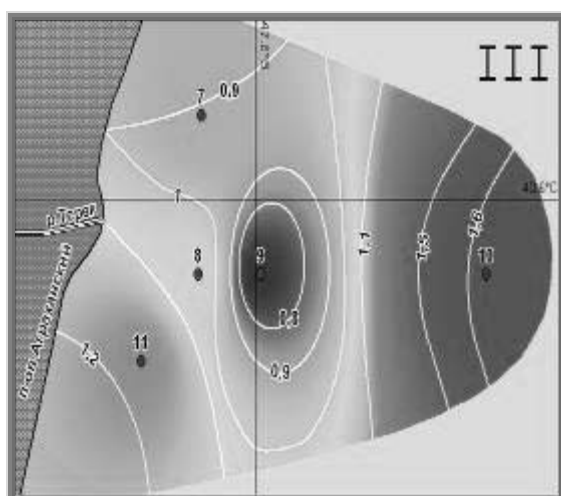
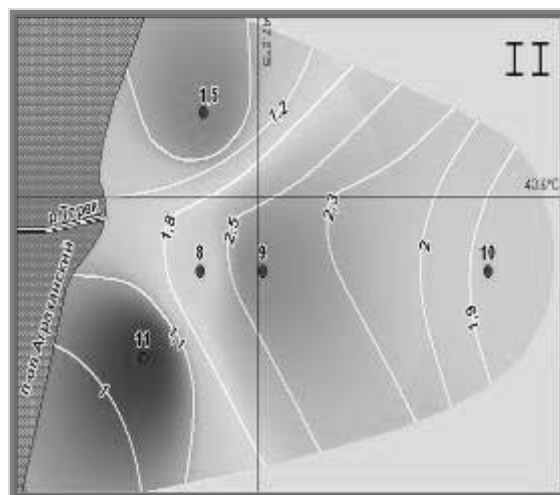
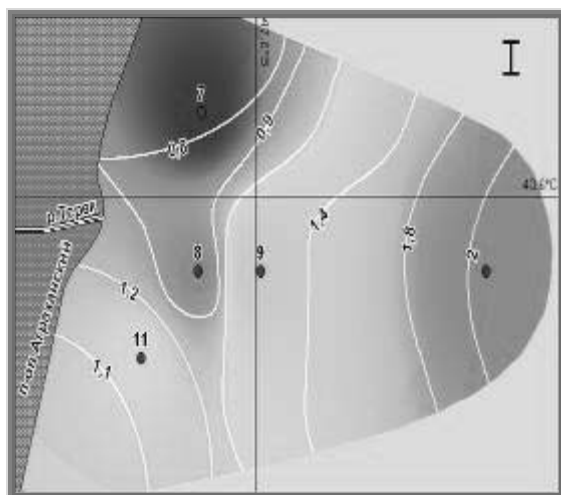


Рис. 9 Максимальная нагрузка по нефтяным углеводородам, тонн/км²,
на акваторию взморья р. Терек
I – январь, II – март, III– май, IV– июль, V– сентябрь, VI– октябрь

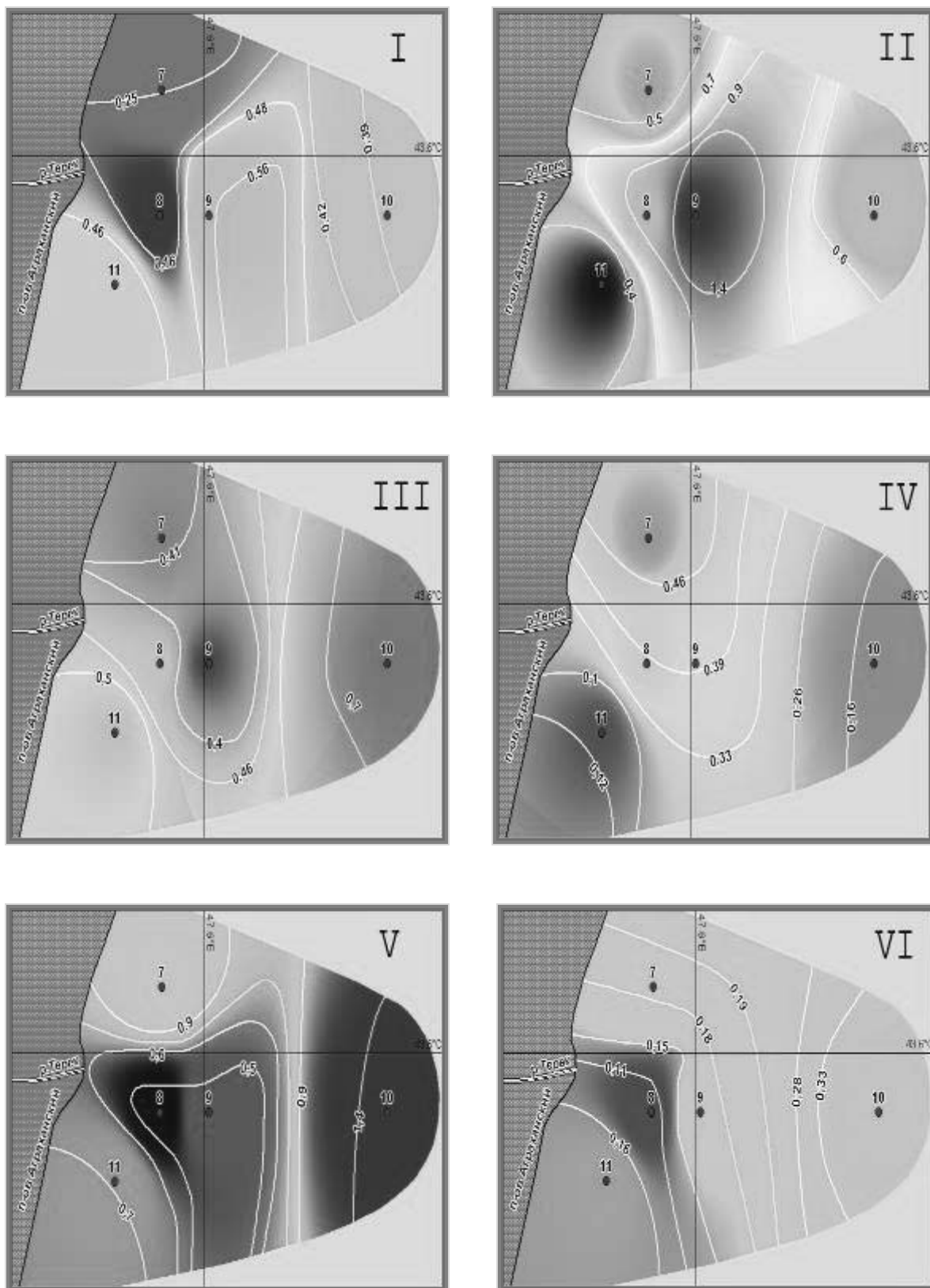


Рис. 11 Потенциал очищения акватории взморья р. Терек
от нефтяных углеводородов, тонн/км²мес,
I – зима, II – весна, III– первая половина лета, IV– вторая половина лета,
V– осень, VI– предзимье

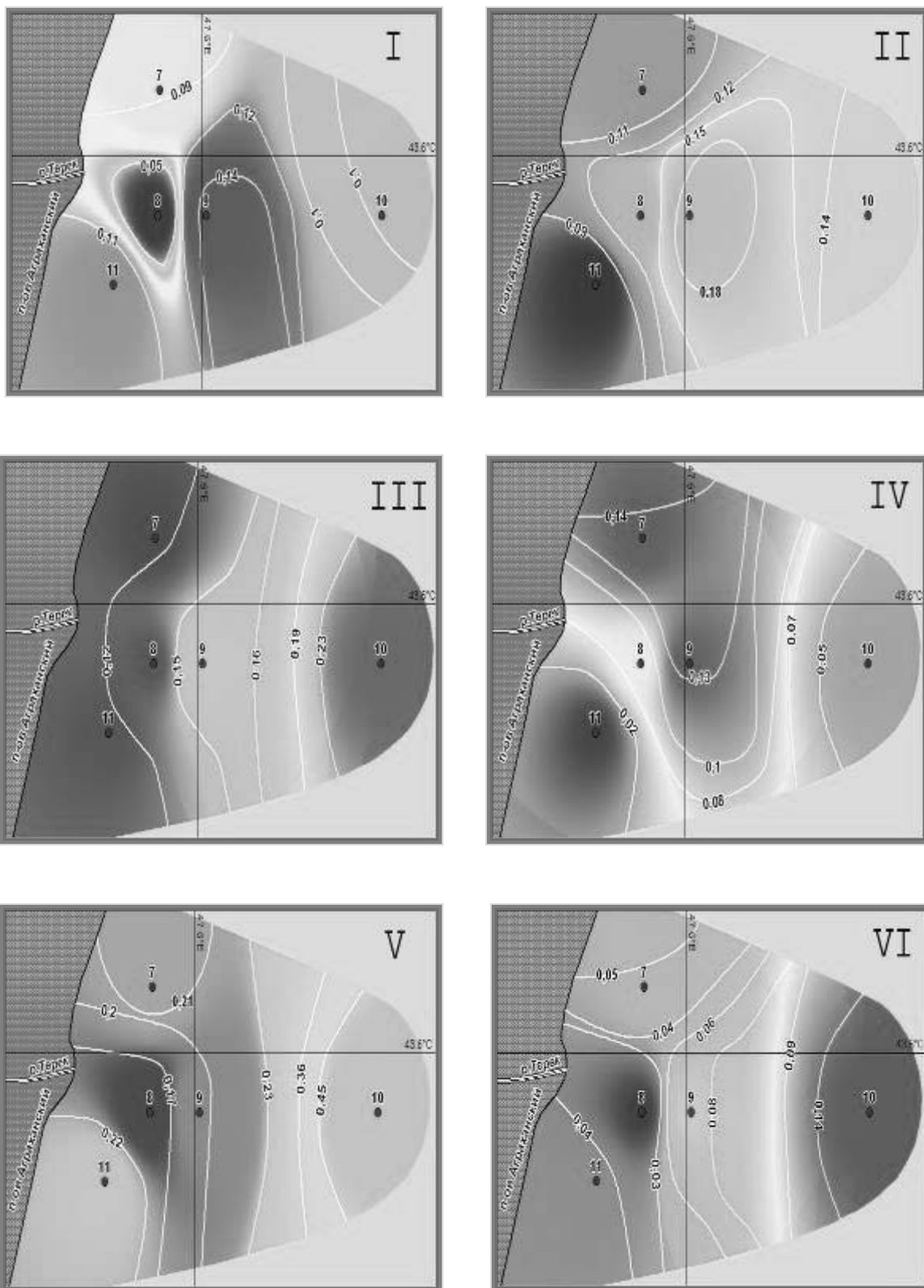


Рис. 12 Ассимиляционная емкость акватории взморья р. Терек
в отношении нефтяных углеводородов, тонн/км² мес,
I – зима, II – весна, III– первая половина лета, IV– вторая половина лета,
V– осень, VI– предзимье

Взморье р. Сулак

В районе взморья р. Сулак наблюдения за загрязнением морских вод в период 1978-2005 гг. проводились на пяти станциях, схема расположения которых приведена на рис. 13. В исходный массив данных было включено 1046 записей концентрации нефтяных углеводородов в поверхностном и придонном слоях воды.

Для исходных массивов данных рассчитывалась только средняя и максимальная концентрация НУ воде (табл. 5). Для определения показателей экологической оценки загрязнения использовались модифицированные массивы данных (исходные массивы после удаления значений, характеризующих локальное загрязнение).

Таблица 5

Средняя и максимальная концентрация нефтяных углеводородов
в морской воде (мг/л) в районе взморья р. Сулак

Концентрация	Январь	Март	Май	Июль	Сентябрь	Октябрь	Год
Исходные массивы данных							
Средн.	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07
Макс.	0,70	0,57	0,36	0,80	0,62	0,91	0,91
Модифицированные массивы данных							
Средн.	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05
Макс.	0,20	0,30	0,23	0,21	0,19	0,30	0,30

Данные о сезонной и многолетней изменчивости концентрации НУ в воде приведены, соответственно, на рис. 13 и 14. Сведения о показателях экологической оценки загрязнения (концентрации, нагрузке, потенциалах очищения и загрязнения, ассимиляционной емкости) приведены на рис. 15-19.

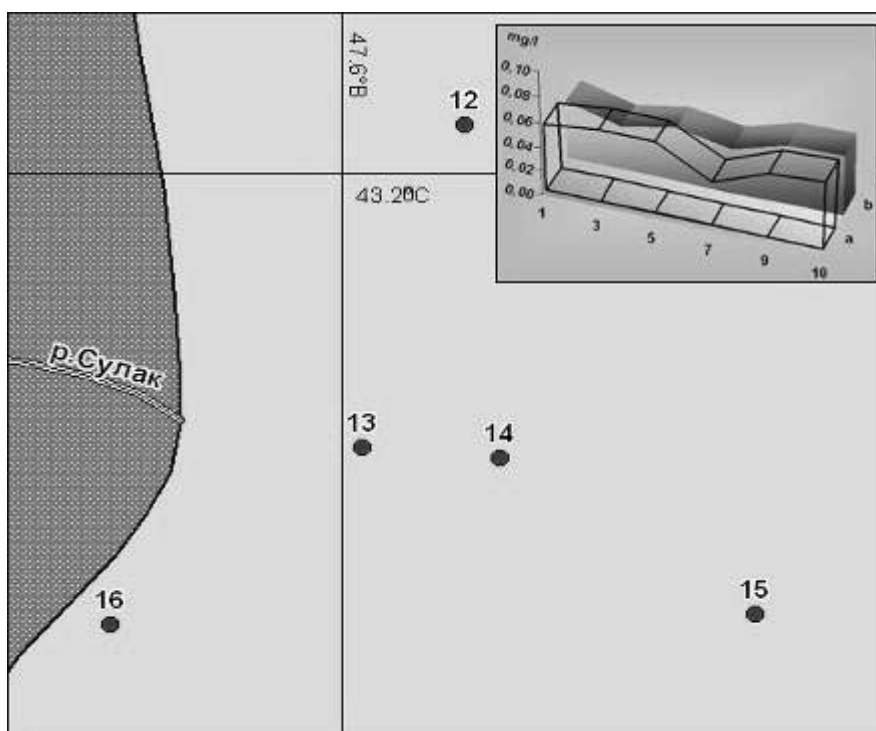


Рис. 13 Карта-схема расположения станций в районе взморья р. Сулак. На диаграмме в правом верхнем углу представлены данные о сезонной изменчивости концентрации НУ в поверхностном (а) и придонном (б) слоях воды (мг/л) в районе взморья р. Сулак. Номера на оси абсцисс – месяцы года.

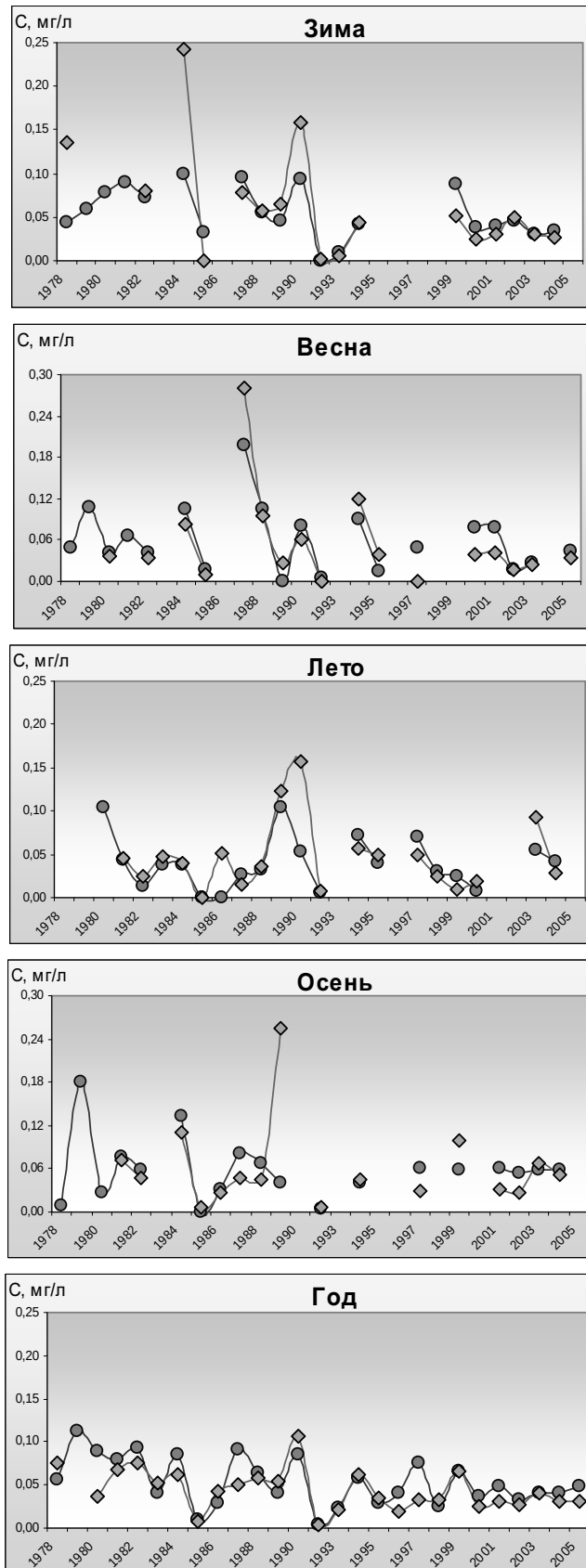


Рис. 14 Многолетние изменения концентрации НУ в воде (мг/л) в январе (зима), мае (весна), июле (лето) и сентябре (осень) в районе взморья р. Сулак. Для расчета среднегодовой концентрации (год) использовались также данные наблюдений в марте и октябре.

(○ – поверхностный слой; ◇ – придонный слой)

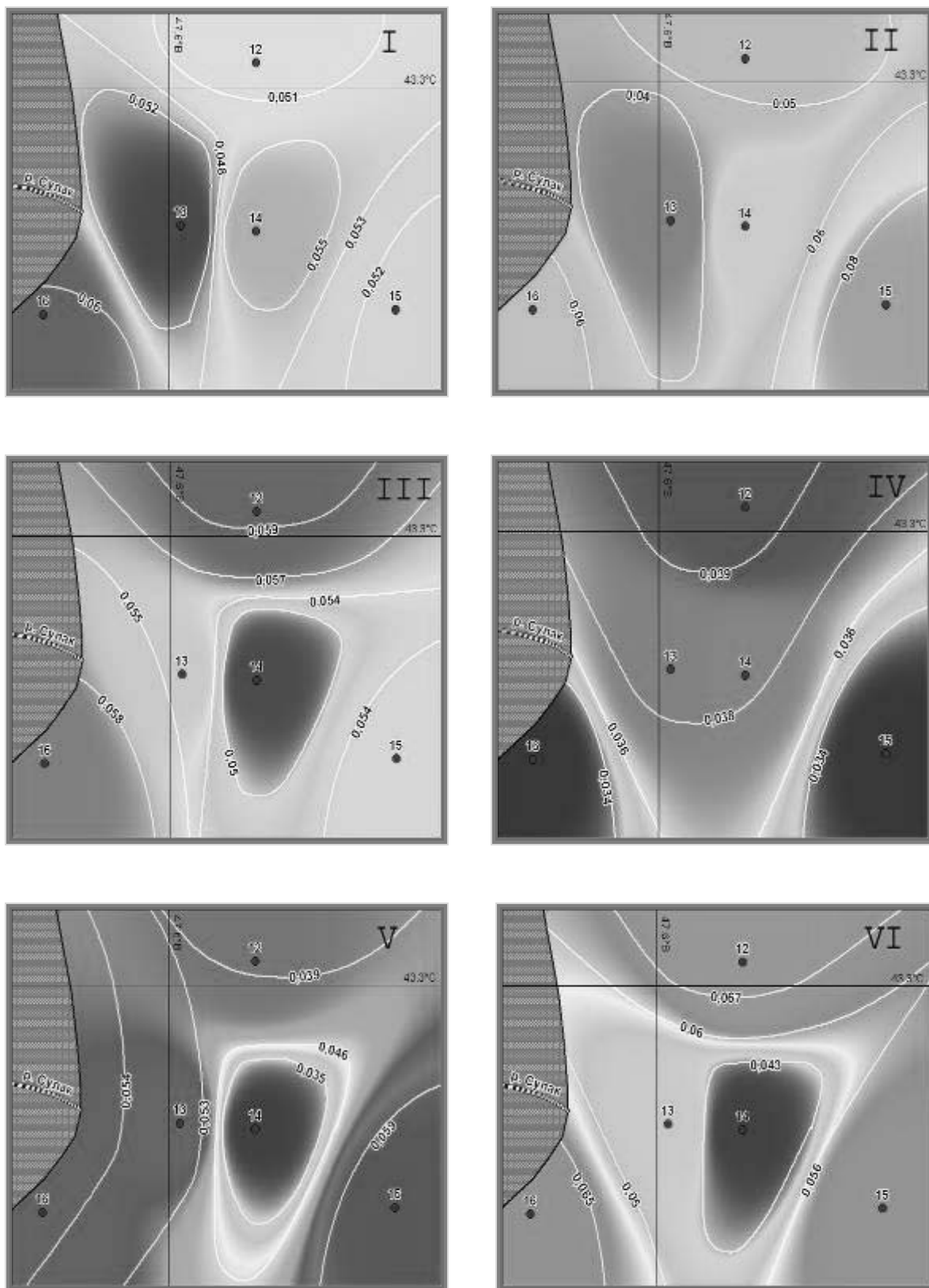


Рис. 15 Средняя концентрация нефтяных углеводородов в морской воде, мг/л
в районе взморья р. Сулак
I – январь, II – март, III– май, IV– июль, V– сентябрь, VI– октябрь

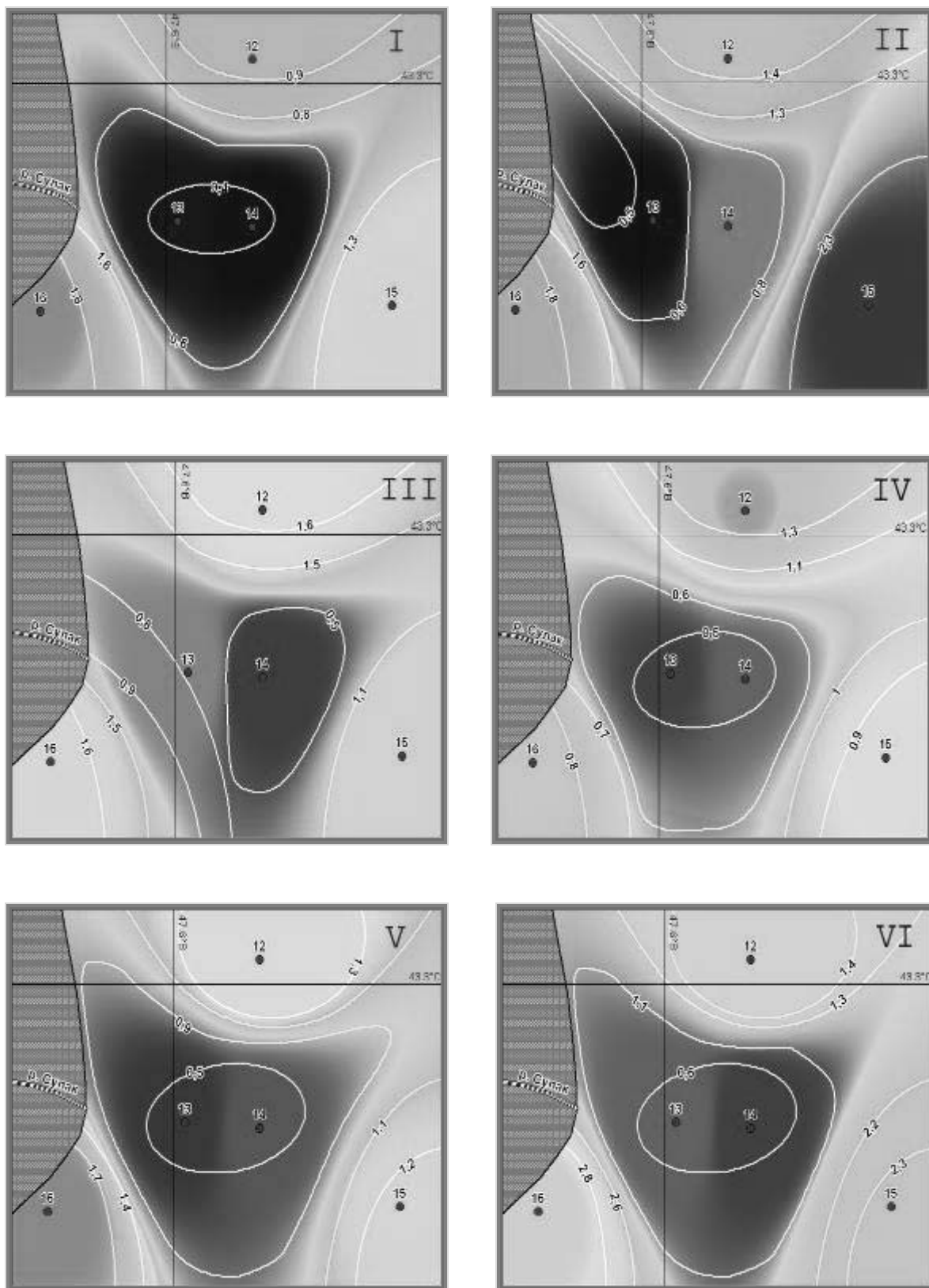


Рис. 16 Максимальная нагрузка по нефтяным углеводородам, $\text{тонн}/\text{км}^2$,
на акваторию взморья р. Сулак
I – январь, II – март, III– май, IV– июль, V– сентябрь, VI– октябрь

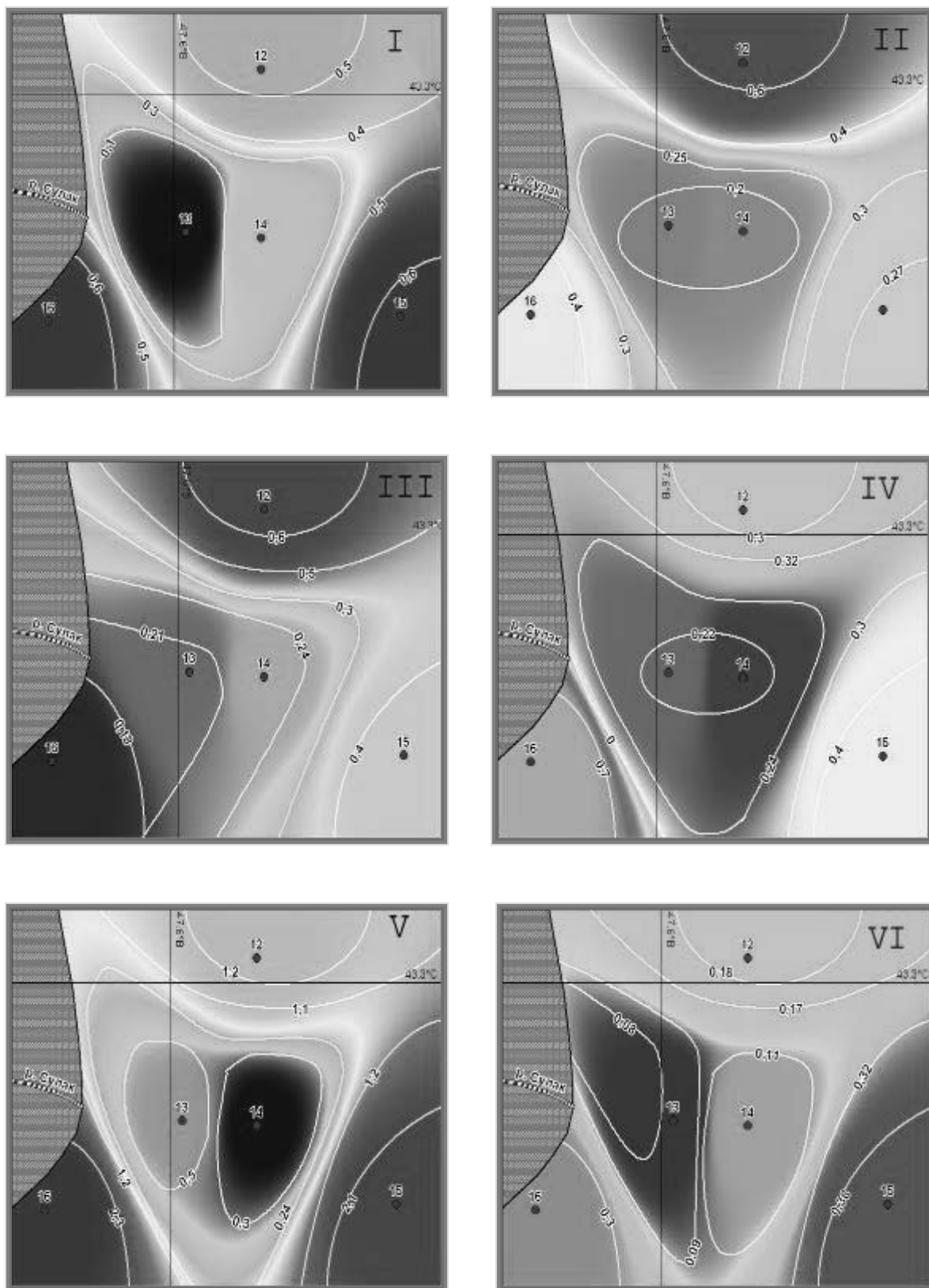


Рис. 17 Потенциал загрязнения акватории взморья р. Сулак
 нефтяными углеводородами, тонн/км²мес,
 I – зима, II – весна, III– первая половина лета, IV– вторая половина лета,
 V– осень, VI– предзимье

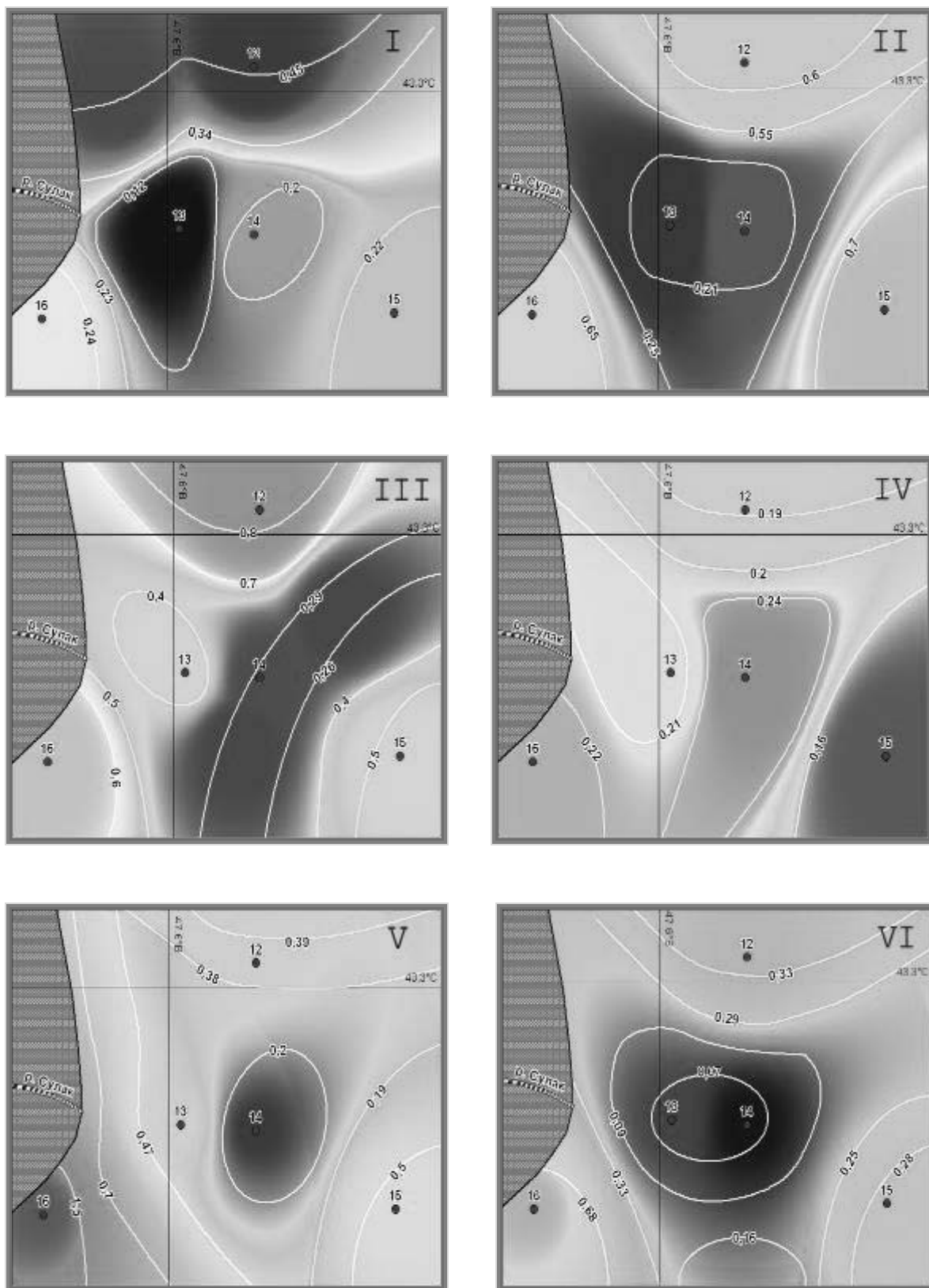


Рис. 18 Потенциал очищения акватории взморья р. Сулак
от нефтяных углеводородов, тонн/км²мес,
I – зима, II – весна, III– первая половина лета, IV– вторая половина лета,
V– осень, VI– предзимье

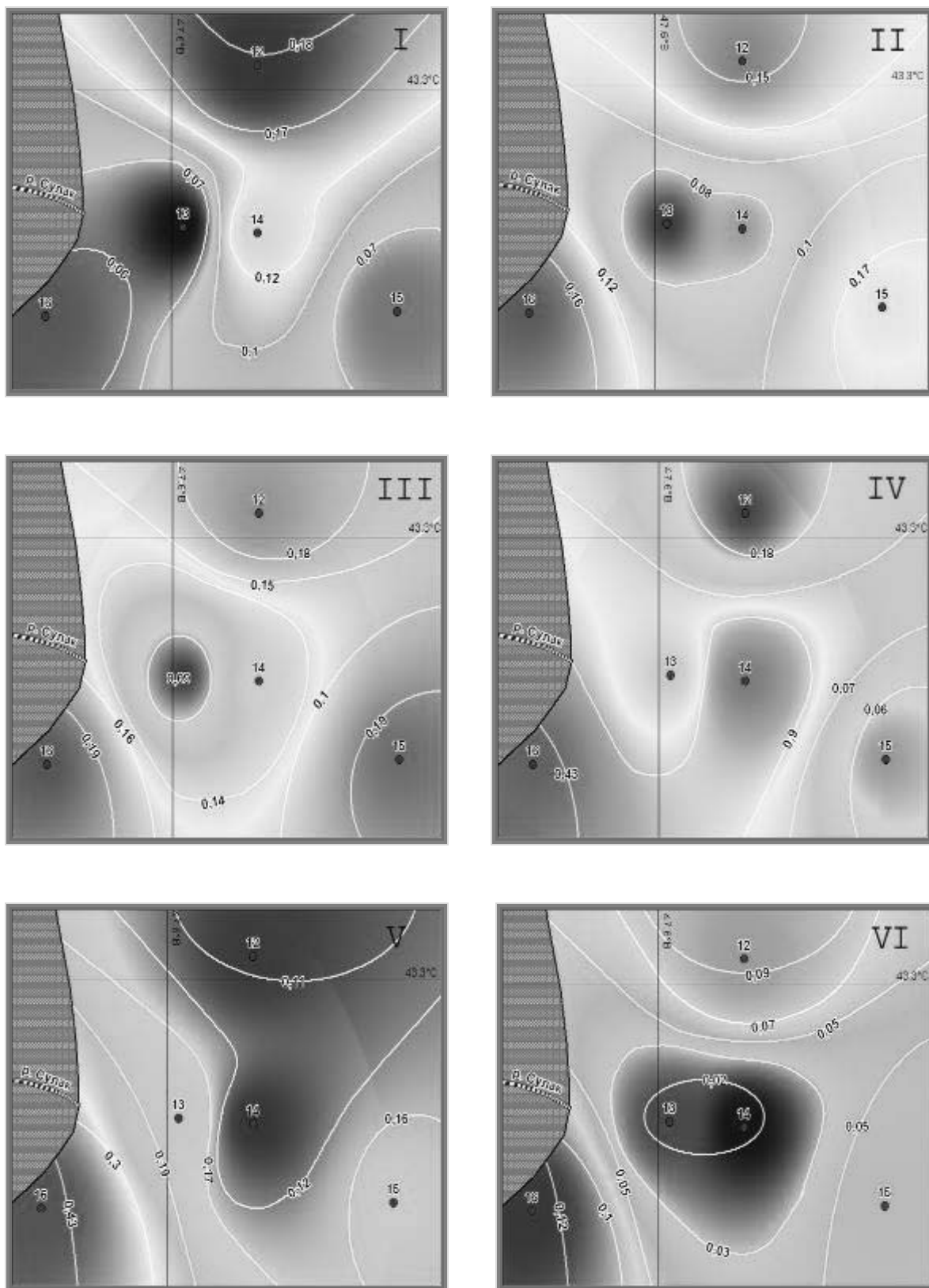


Рис. 19 Ассимиляционная емкость акватории взморья р. Сулак
в отношении нефтяных углеводородов, тонн/км² мес,
I – зима, II – весна, III– первая половина лета, IV– вторая половина лета,
V– осень, VI– предзимье

Махачкала

В районе Махачкала наблюдения за загрязнением морских вод в период 1978-2005 гг. проводились на девяти станциях, схема расположения которых приведена на рис. 20. В исходный массив данных было включено 2643 записей концентрации нефтяных углеводородов в поверхностном и придонном слоях воды.

Для исходных массивов данных рассчитывалась только средняя и максимальная концентрация НУ в воде (табл. 6). Для определения показателей экологической оценки загрязнения использовались модифицированные массивы данных (исходные массивы после удаления значений, характеризующих локальное загрязнение).

Таблица 6

Средняя и максимальная концентрация нефтяных углеводородов
в морской воде (мг/л) в районе Махачкала

Концентрация	Январь	Март	Май	Июль	Сентябрь	Октябрь	Год
Исходные массивы данных							
Средн.	0,07	0,06	0,07	0,09	0,06	0,05	0,07
Макс.	1,14	1,40	0,69	1,00	0,56	1,06	1,40
Модифицированные массивы данных							
Средн.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
Макс.	0,37	0,23	0,18	0,20	0,16	0,60	0,60

Данные о сезонной и многолетней изменчивости концентрации НУ в воде приведены, соответственно, на рис. 20 и 21. Сведения о показателях экологической оценки загрязнения (концентрации, нагрузке, потенциалах очищения и загрязнения, ассимиляционной емкости) приведены на рис. 22-26.

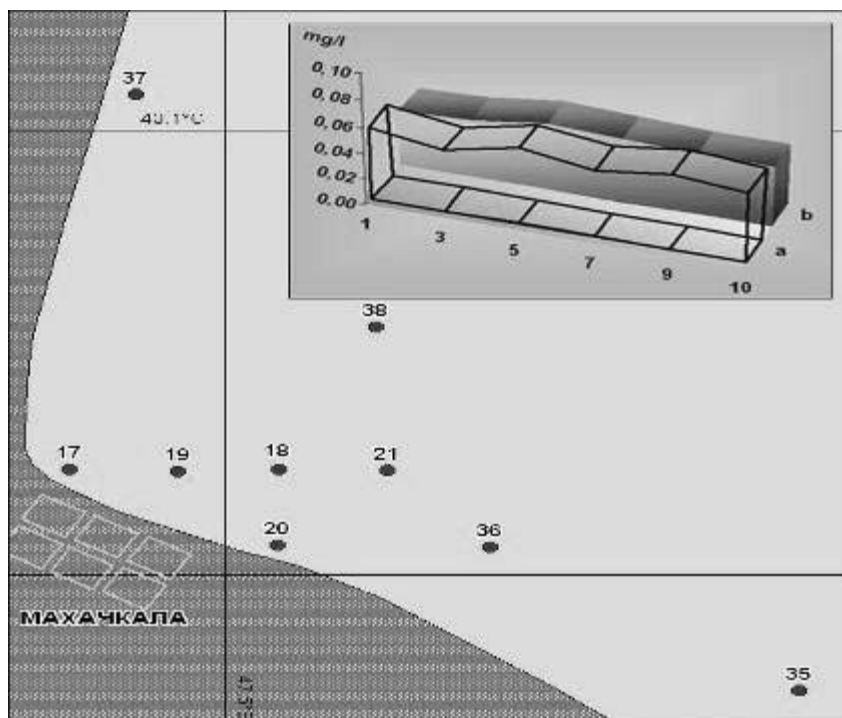


Рис. 20 Карта-схема расположения станций в районе Махачкала. На диаграмме в правом верхнем углу представлены данные о сезонной изменчивости концентрации НУ в поверхностном (а) и придонном (б) слоях воды (мг/л) в районе Махачкала. Номера на оси абсцисс – месяцы года.

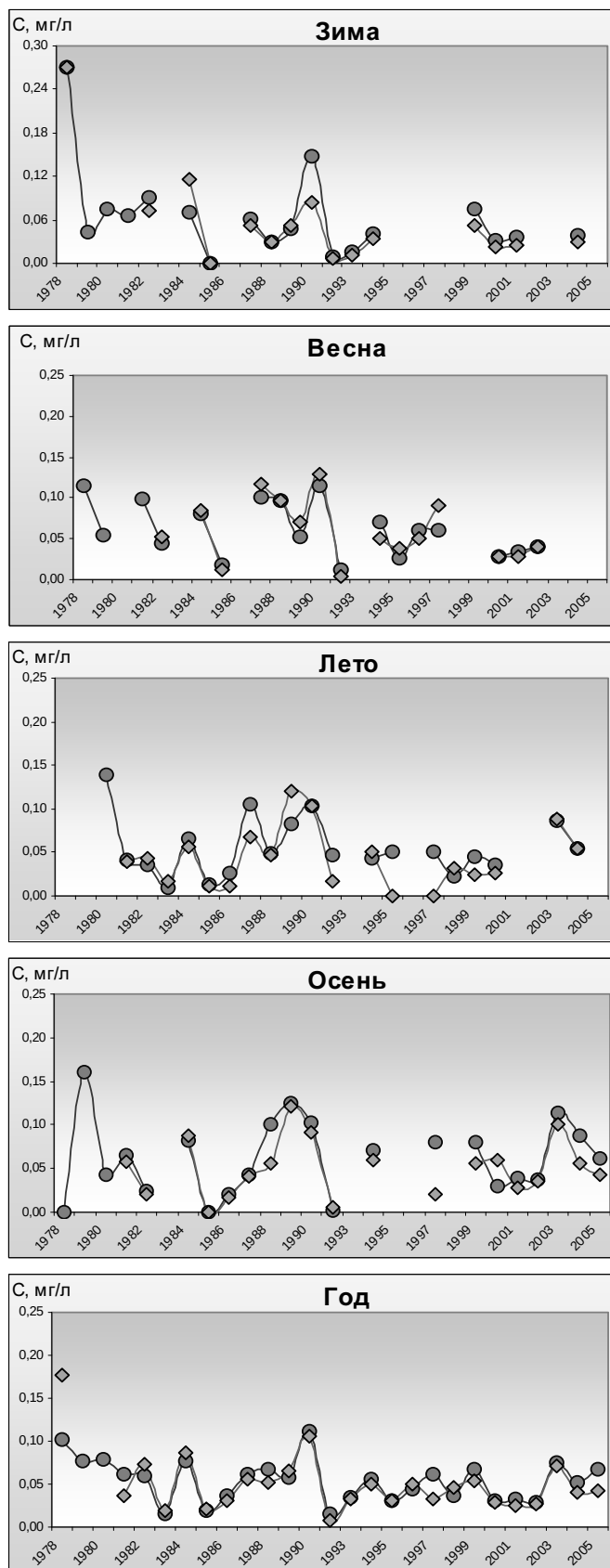


Рис. 21 Многолетние изменения концентрации НУ в воде (мг/л) в январе (зима), мае (весна), июле (лето) и сентябре (осень) в районе Махачкала. Для расчета среднегодовой концентрации (год) использовались также данные наблюдений в марте и октябре.
(○ – поверхностный слой; ◇ – придонный слой)

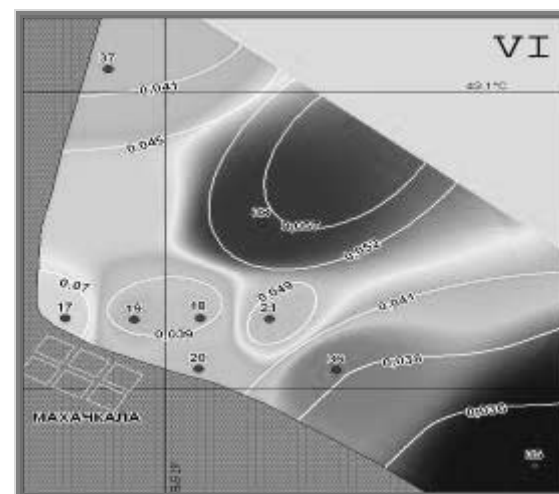
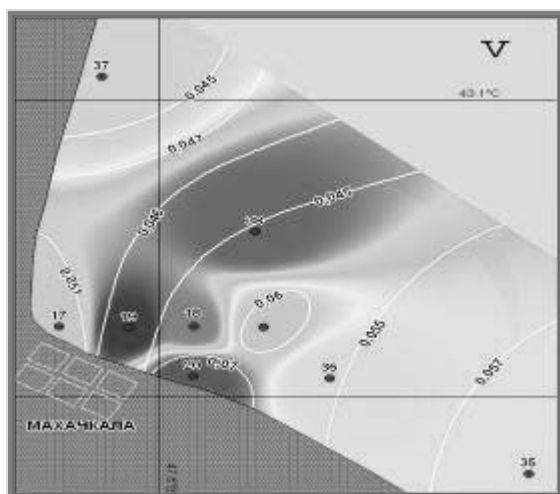
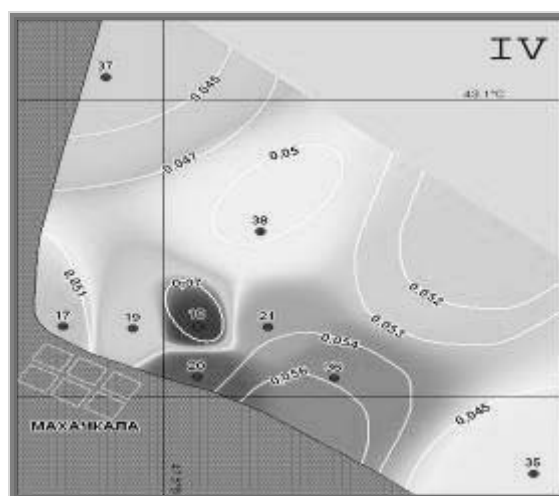
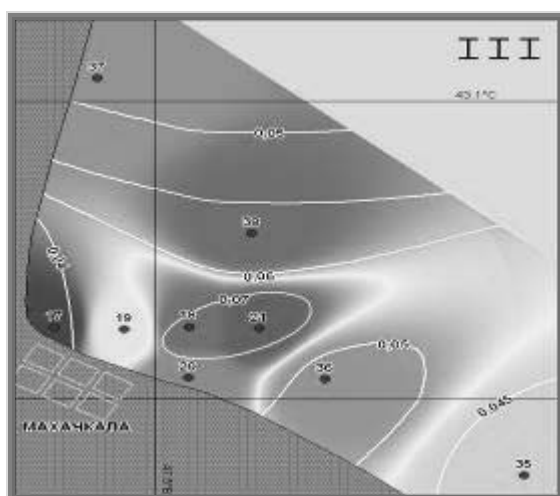
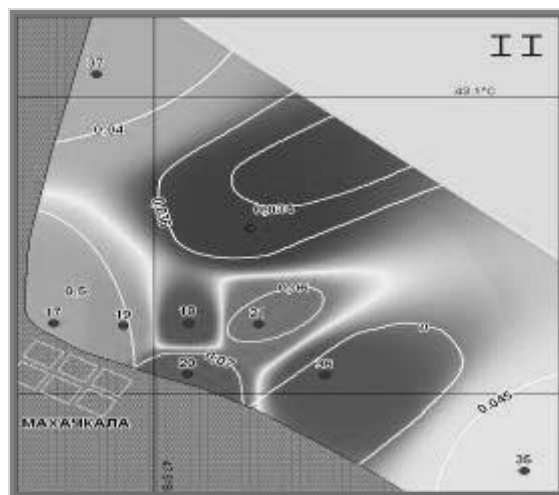
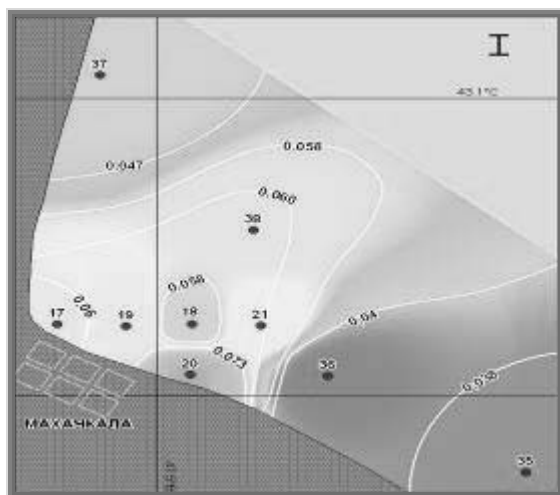


Рис. 22 Средняя концентрация нефтяных углеводородов в морской воде, мг/л
в районе Махачкала
I – январь, II – март, III– май, IV– июль, V– сентябрь, VI– октябрь

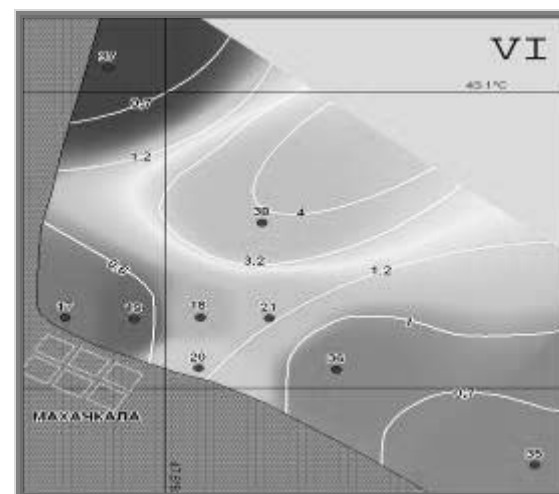
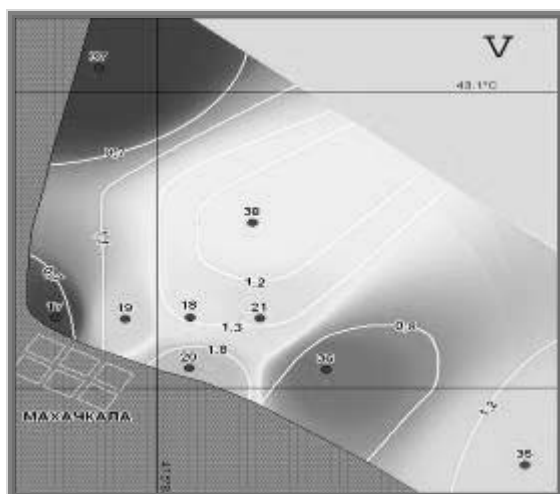
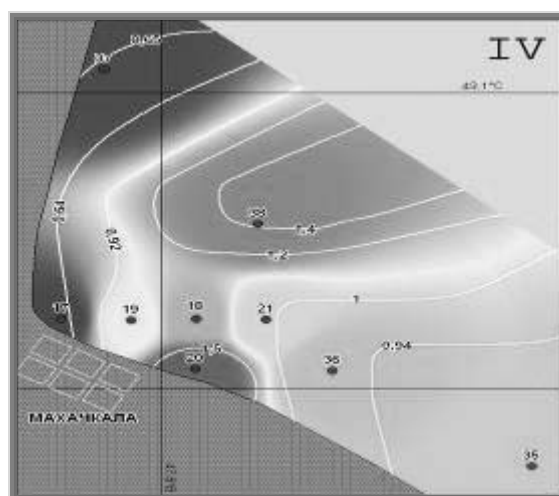
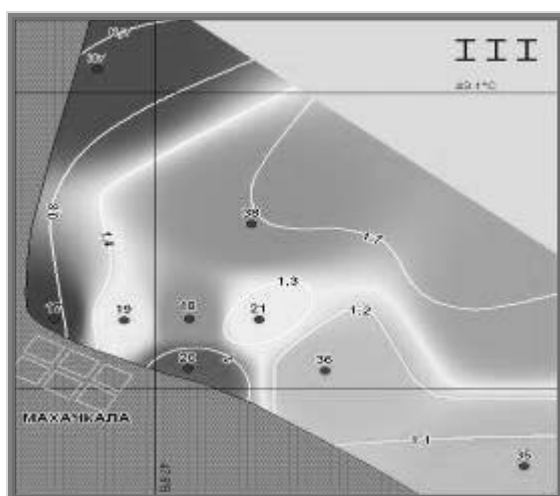
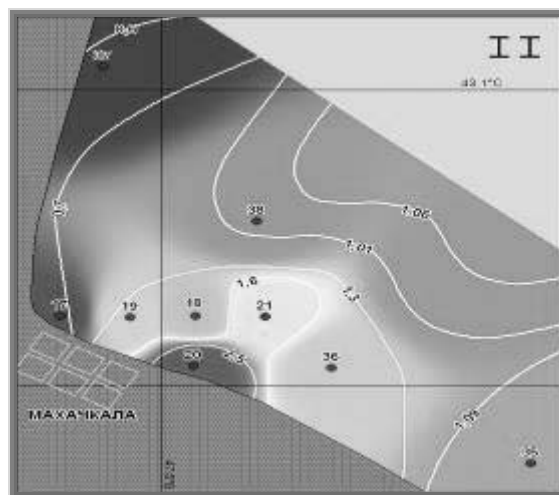
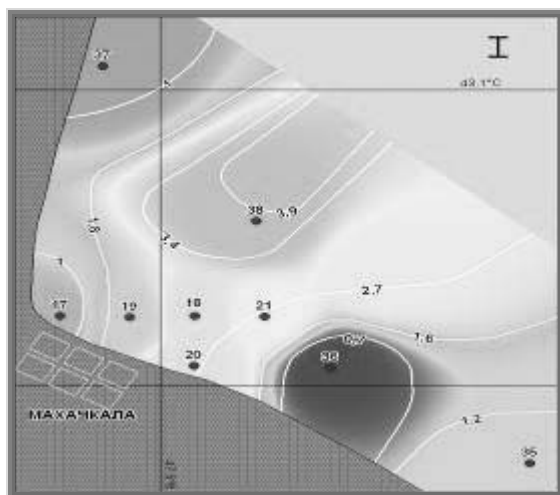


Рис. 23 Максимальная нагрузка по нефтяным углеводородам, тонн/км²,
на акваторию Махачкала
I – январь, II – март, III– май, IV– июль, V– сентябрь, VI– октябрь

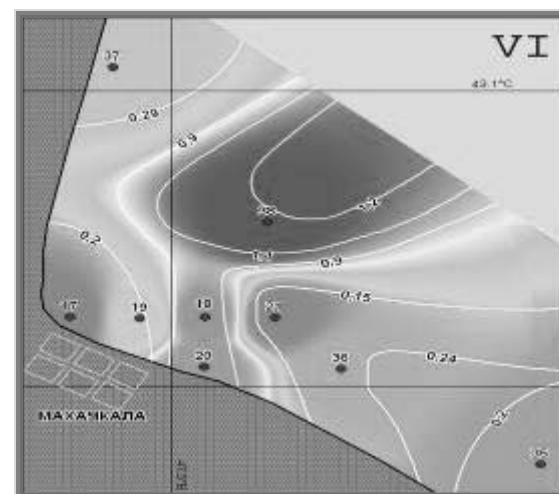
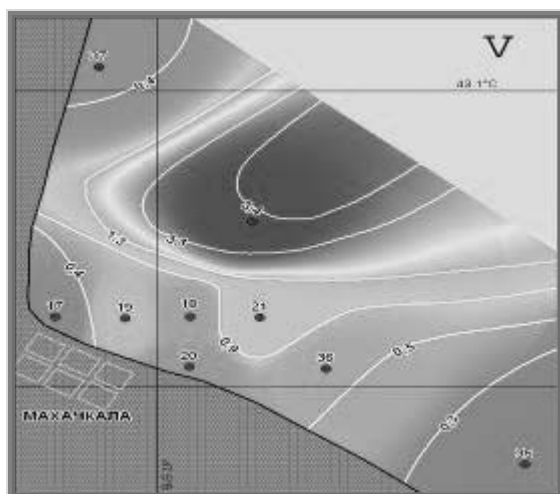
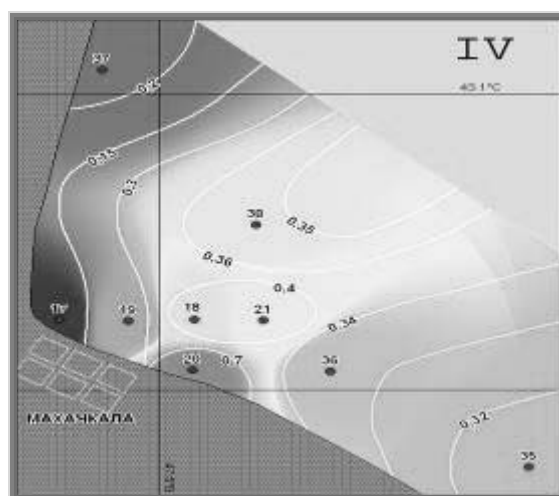
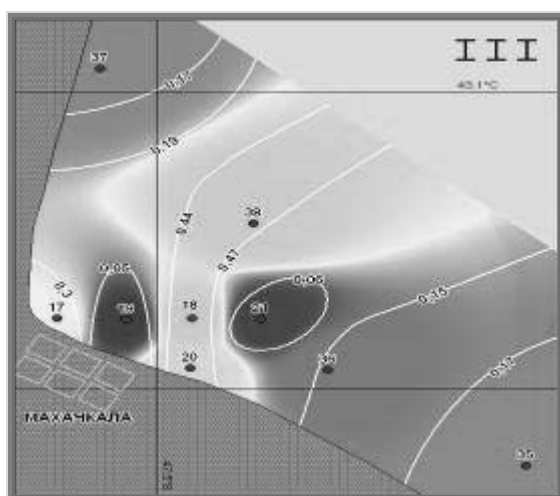
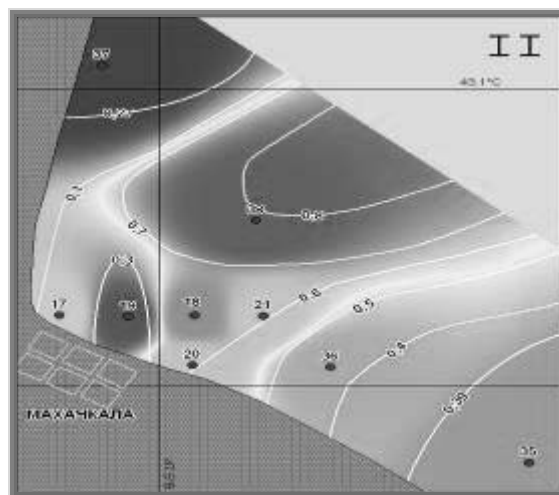
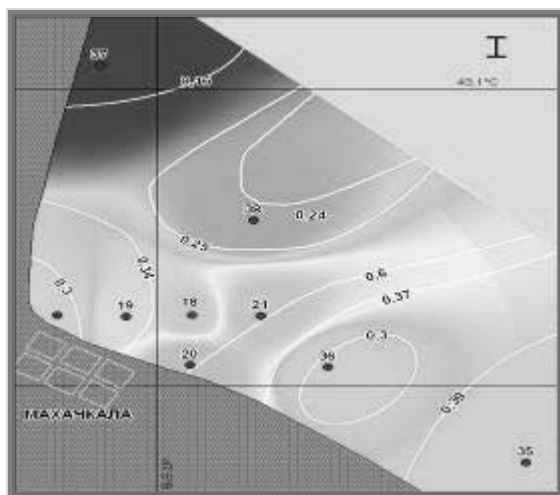


Рис. 24 Потенциал загрязнения акватории Махачкала
нефтяными углеводородами, тонн/км²мес,
I – зима, II – весна, III– первая половина лета, IV– вторая половина лета,
V– осень, VI– предзимье

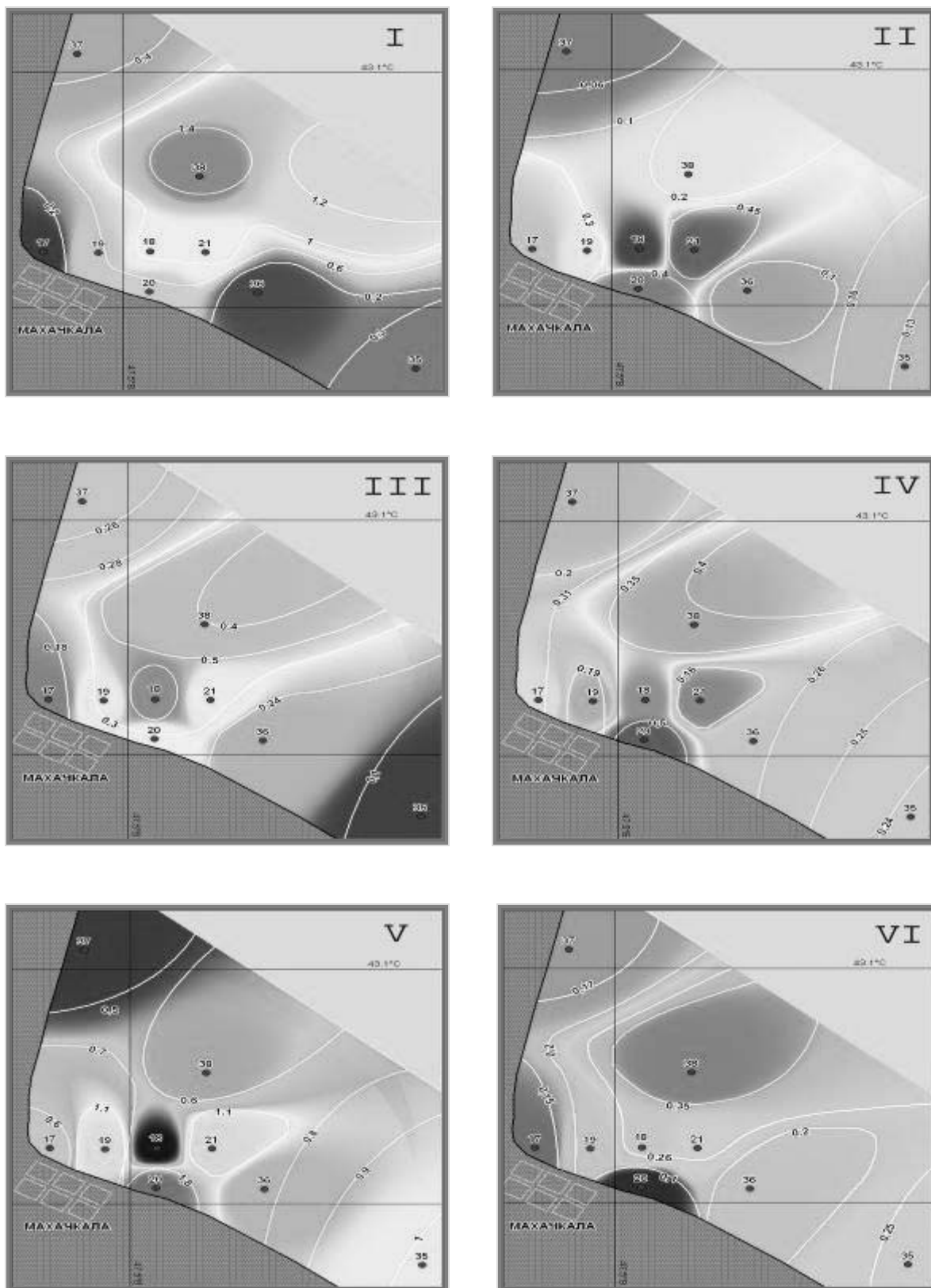


Рис. 25 Потенциал очищения акватории Махачкала
от нефтяных углеводородов, тонн/км²мес,
I – зима, II – весна, III– первая половина лета, IV– вторая половина лета,
V– осень, VI– предзимье

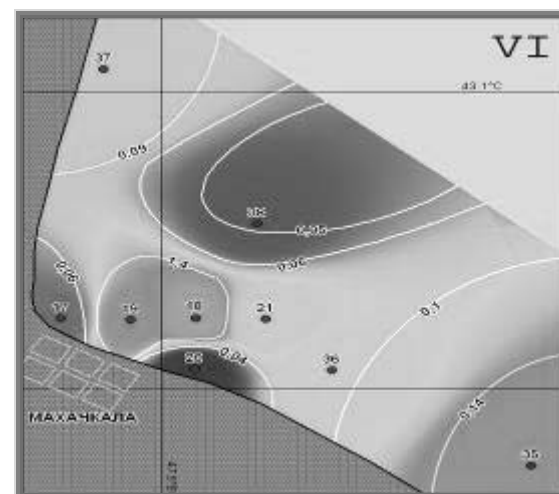
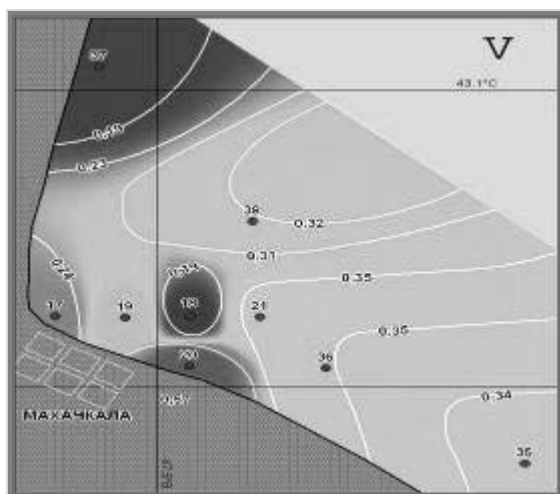
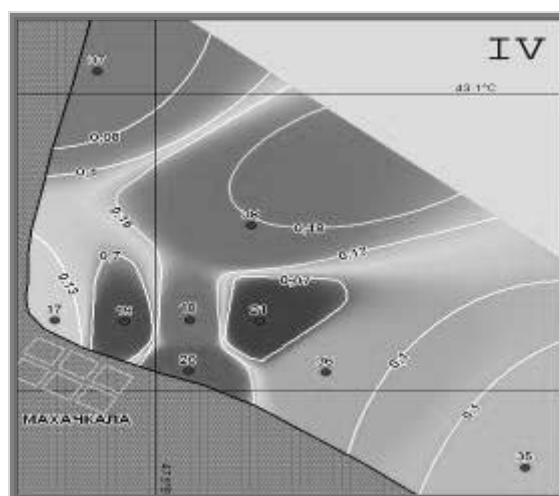
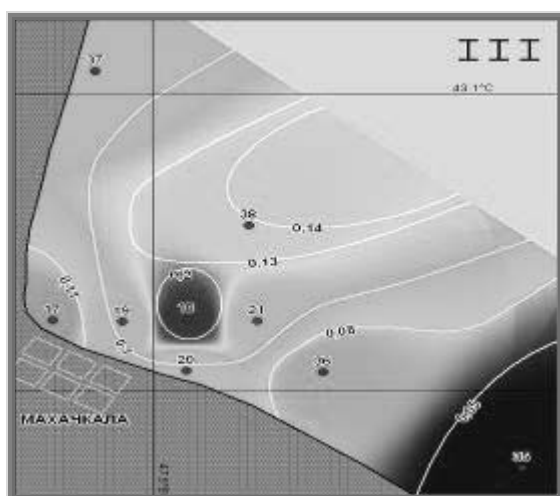
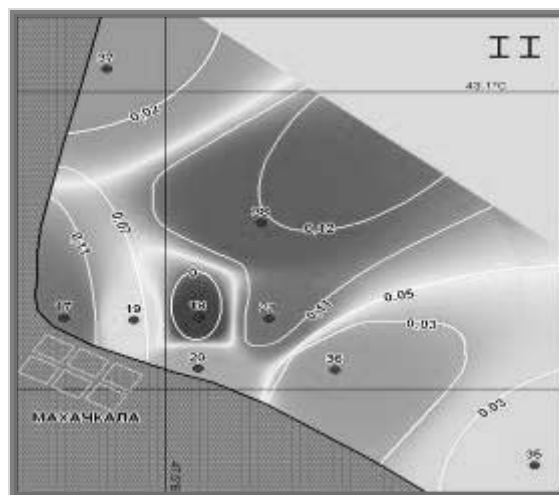
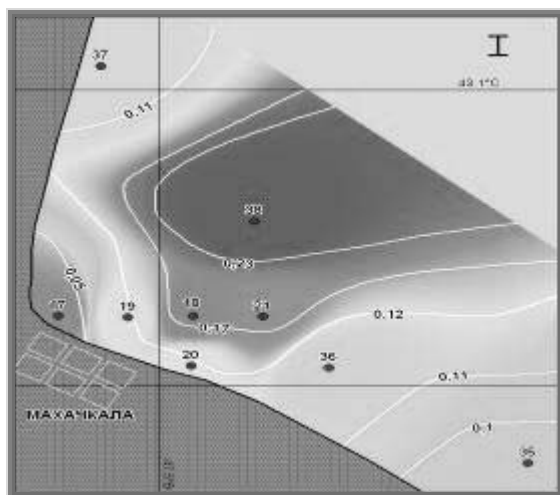


Рис. 26 Ассимиляционная емкость акватории Махачкала
в отношении нефтяных углеводородов, тонн/км²мес,
I – зима, II – весна, III– первая половина лета, IV– вторая половина лета,
V– осень, VI– предзимье

Каспийск

В районе Каспийска наблюдения за загрязнением морских вод в период 1978-2005 гг. проводились на четырех станциях, схема расположения которых приведена на рис. 27. В исходный массив данных было включено 994 записей концентрации нефтяных углеводородов в поверхностном и придонном слоях воды.

Для исходных массивов данных рассчитывалась только средняя и максимальная концентрация НУ в воде (табл. 7). Для определения показателей экологической оценки загрязнения использовались модифицированные массивы данных (исходные массивы после удаления значений, характеризующих локальное загрязнение).

Таблица 7

Средняя и максимальная концентрация нефтяных углеводородов
в морской воде (мг/л) в районе Каспийск

Концентрация	Январь	Март	Май	Июль	Сентябрь	Октябрь	Год
Исходные массивы данных							
Средн.	0,06	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06
Макс.	1,06	1,06	0,32	0,43	0,43	0,62	1,06
Модифицированные массивы данных							
Средн.	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Макс.	0,25	0,25	0,30	0,20	0,25	0,25	0,30

Данные о сезонной и многолетней изменчивости концентрации НУ в воде приведены, соответственно, на рис. 27 и 28. Сведения о показателях экологической оценки загрязнения (концентрации, нагрузке, потенциалах очищения и загрязнения, ассимиляционной емкости) приведены на рис. 29-33.

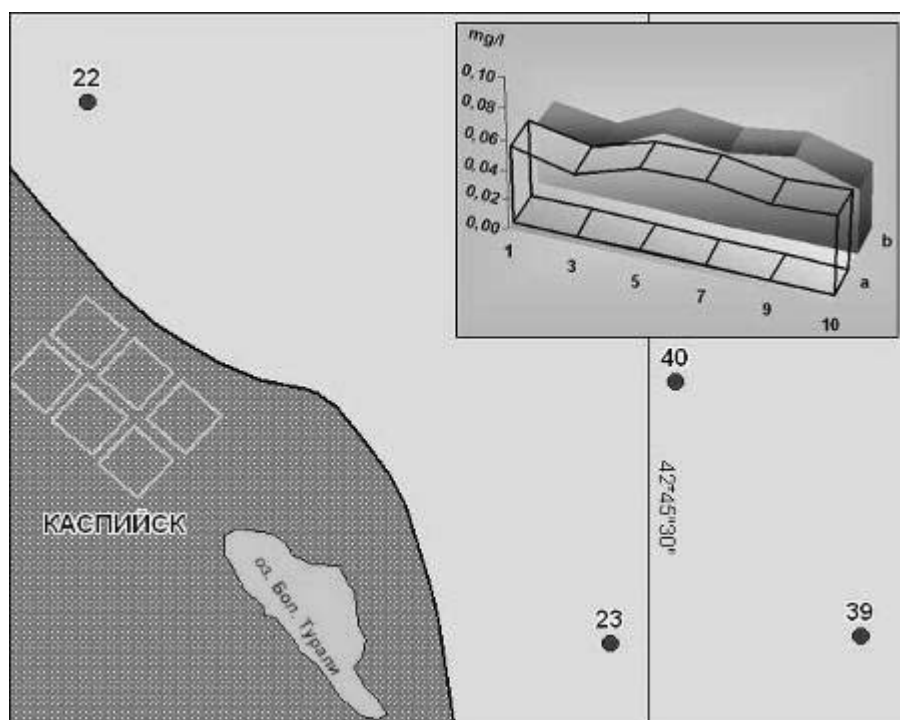


Рис. 27 Карта-схема расположения станций в районе Каспийск. На диаграмме в правом верхнем углу представлены данные о сезонной изменчивости концентрации НУ в поверхностном (а) и придонном (б) слоях воды (мг/л) в районе Каспийск. Номера на оси абсцисс – месяцы года.

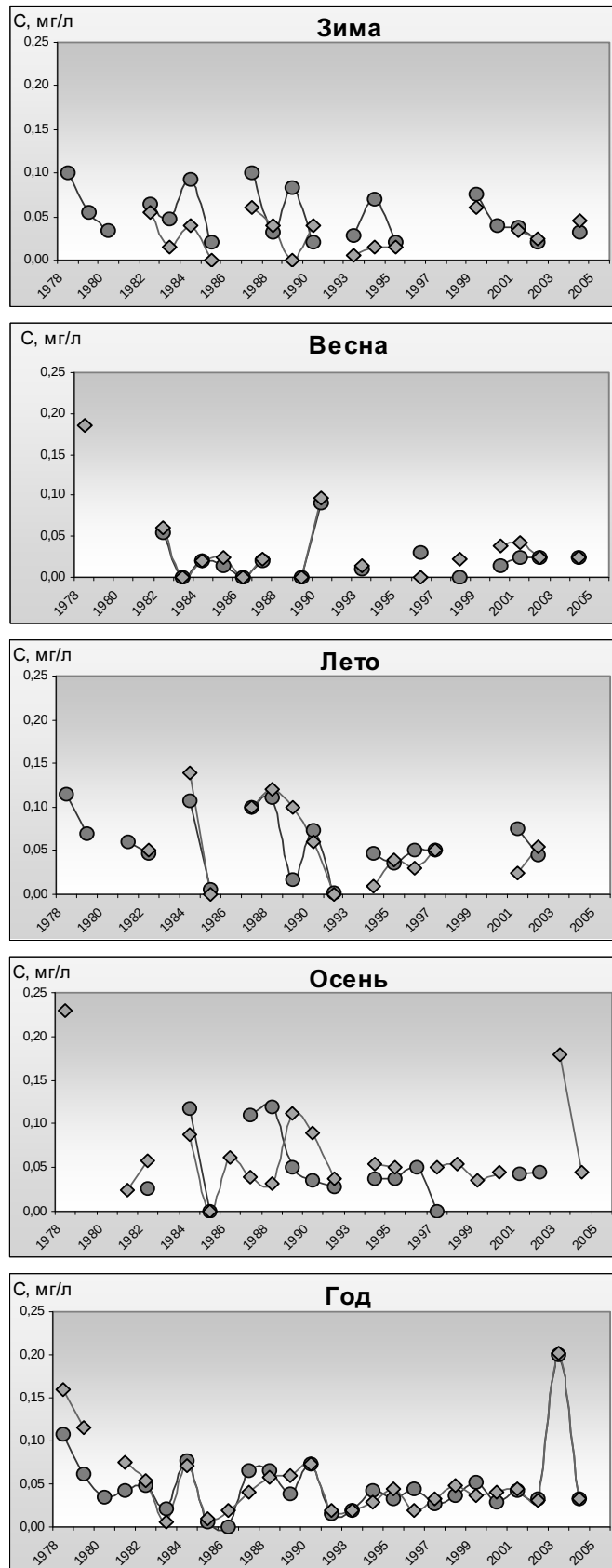


Рис. 28 Многолетние изменения концентрации НУ в воде (мг/л) в январе (зима), мае (весна), июле (лето) и сентябре (осень) в районе Каспийск. Для расчета среднегодовой концентрации (год) использовались также данные наблюдений в марте и октябре.
(○ – поверхностный слой; ◇ – придонный слой)

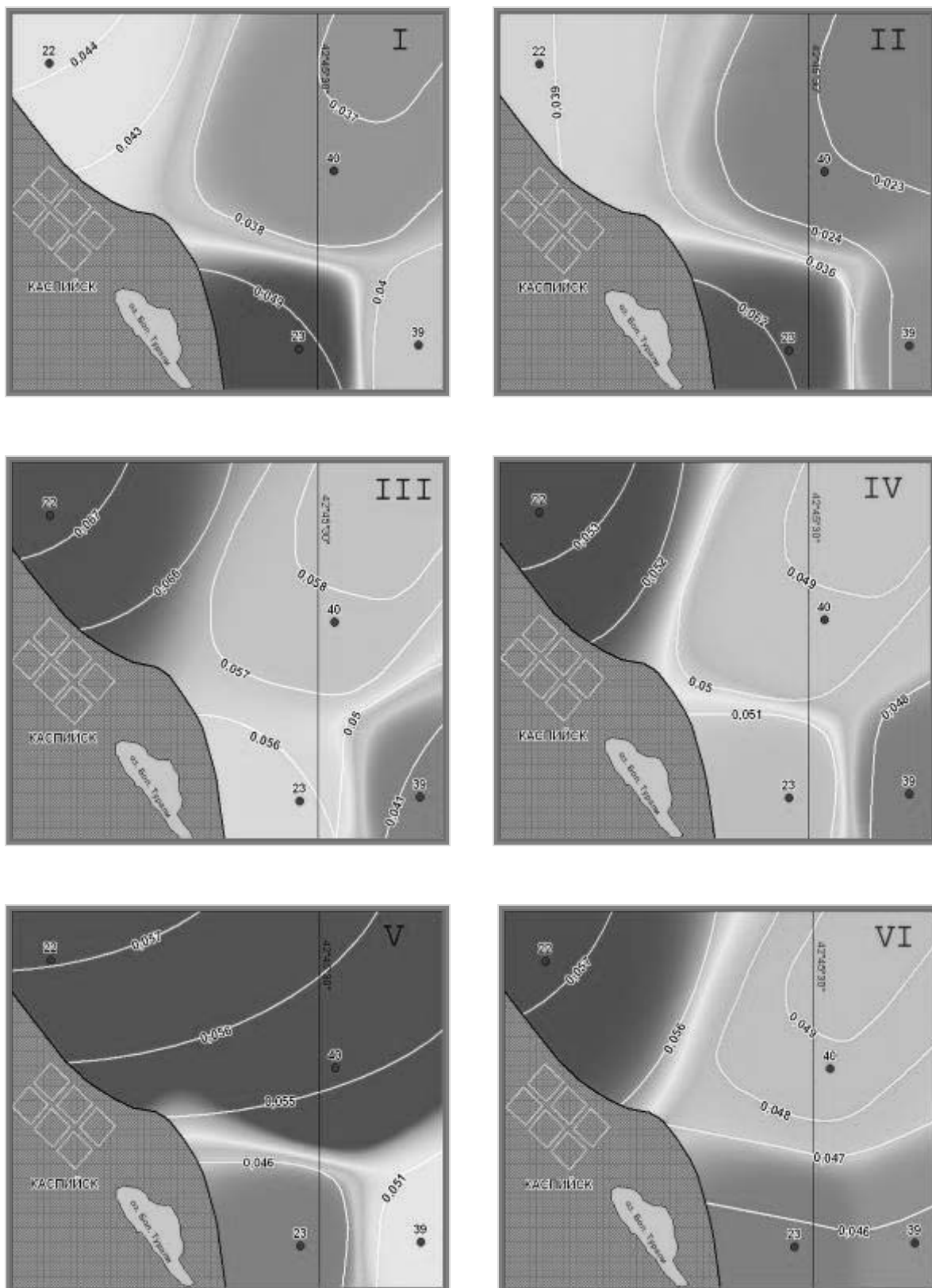


Рис. 29 Средняя концентрация нефтяных углеводородов в морской воде, мг/л
в районе Каспийск
I – январь, II – март, III– май, IV– июль, V– сентябрь, VI– октябрь

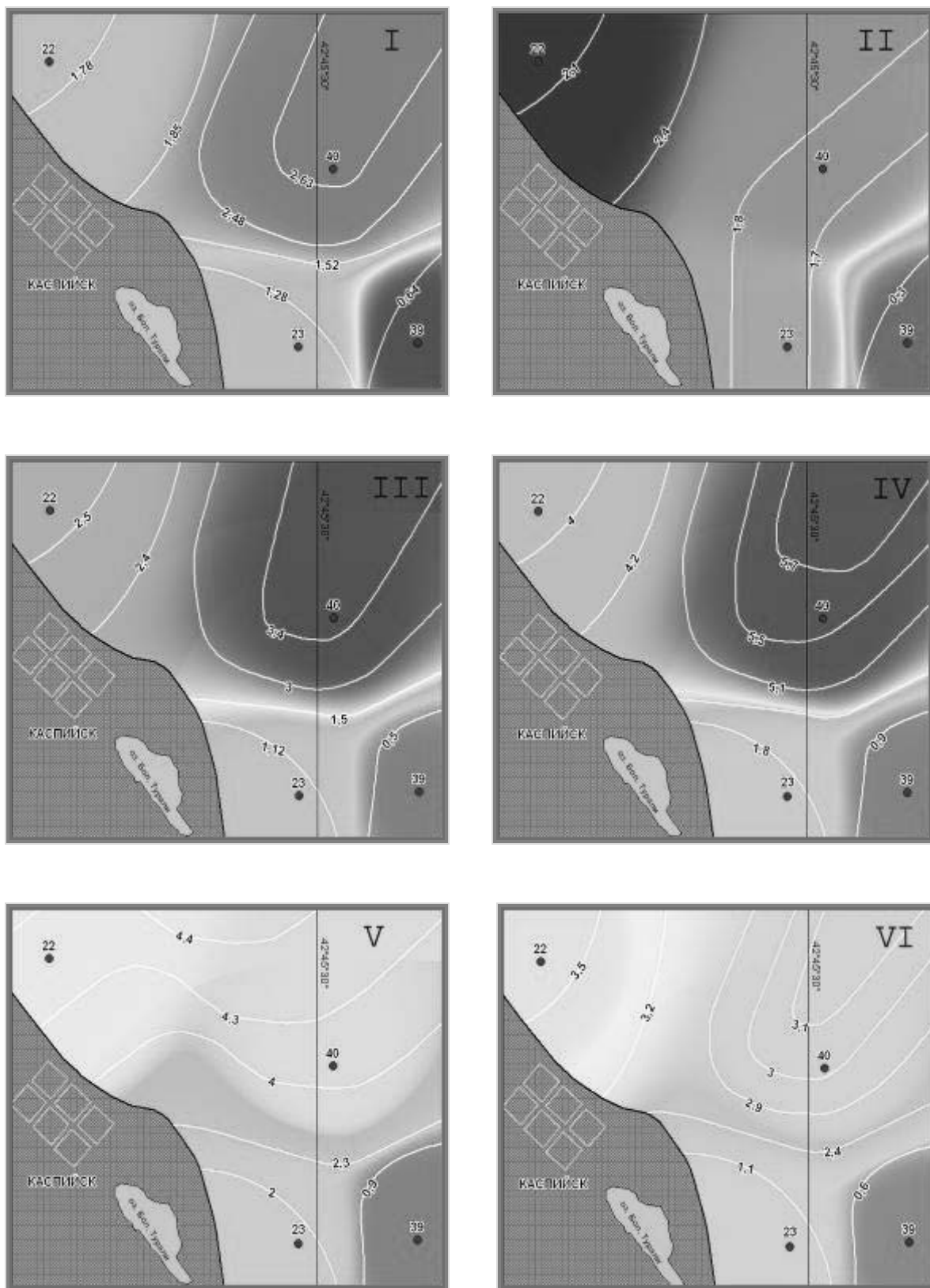


Рис. 30 Максимальная нагрузка по нефтяным углеводородам, тонн/км²,
на акваторию Каспийск
I – январь, II – март, III– май, IV– июль, V– сентябрь, VI– октябрь

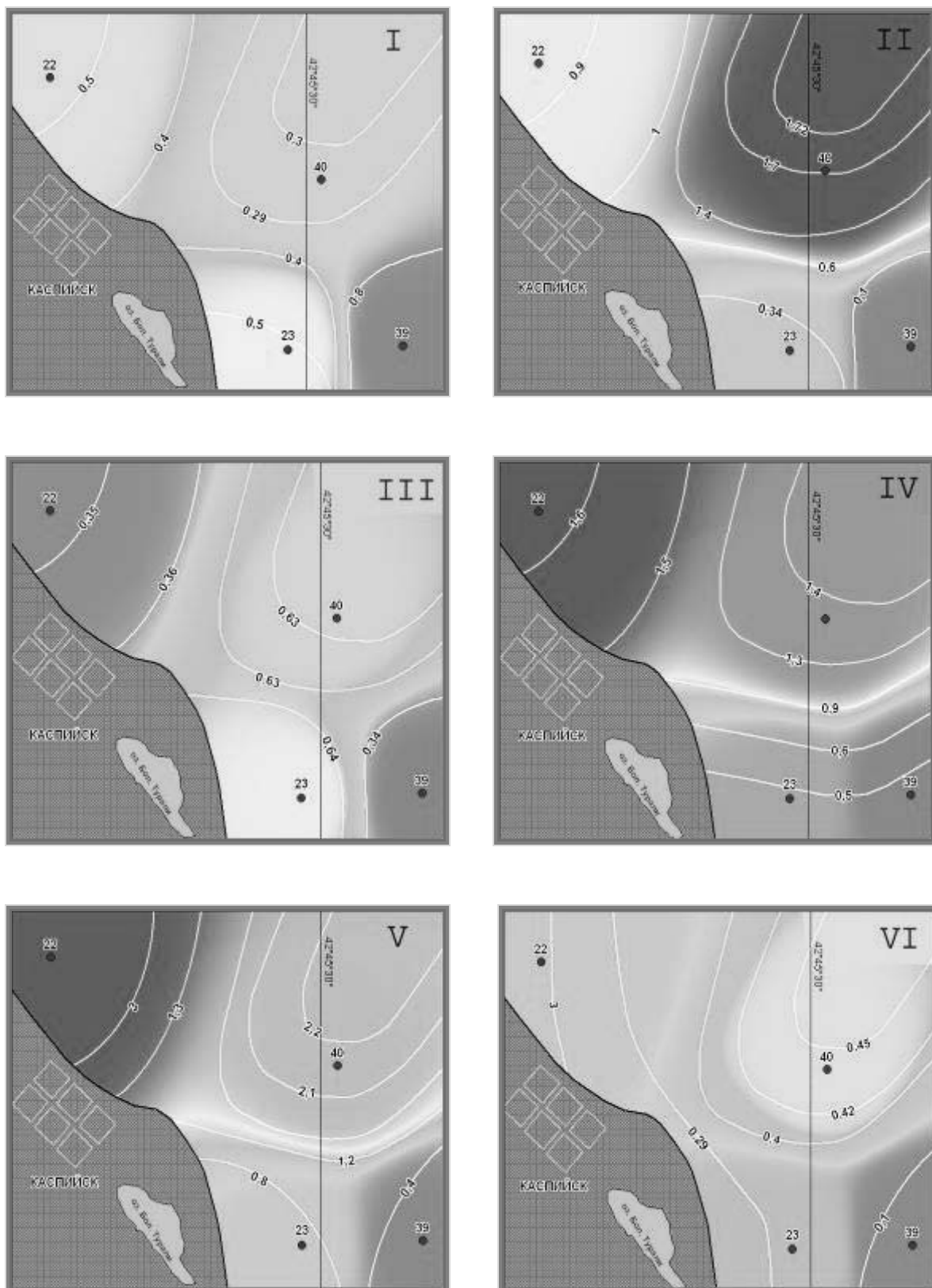


Рис. 31 Потенциал загрязнения акватории Каспийск
нефтяными углеводородами, тонн/км²мес,
I – зима, II – весна, III– первая половина лета, IV– вторая половина лета,
V– осень, VI– предзимье

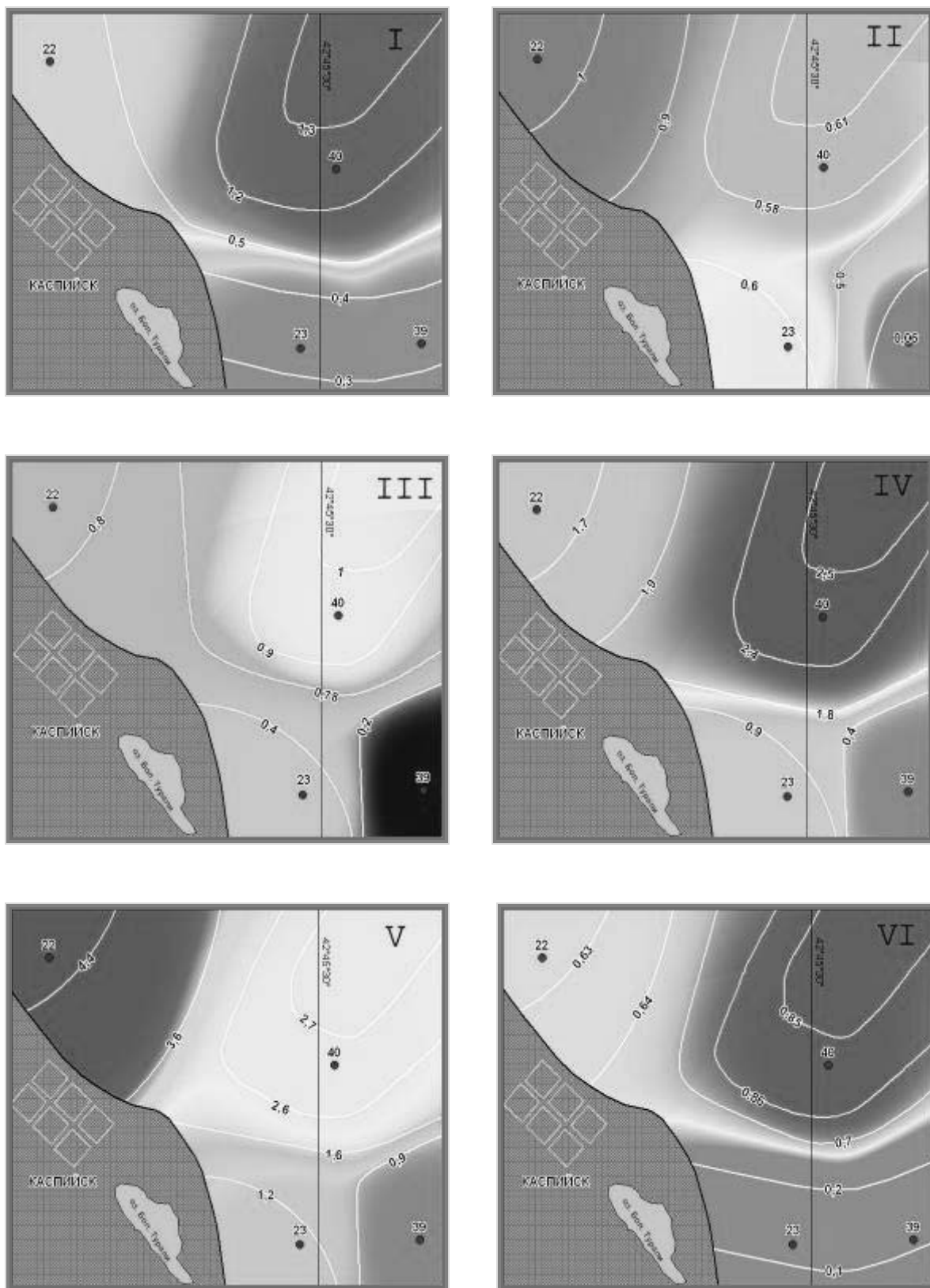


Рис. 32 Потенциал очищения акватории Каспийск
от нефтяных углеводородов, тонн/км².мес,
I – зима, II – весна, III– первая половина лета, IV– вторая половина лета,
V– осень, VI– предзимье

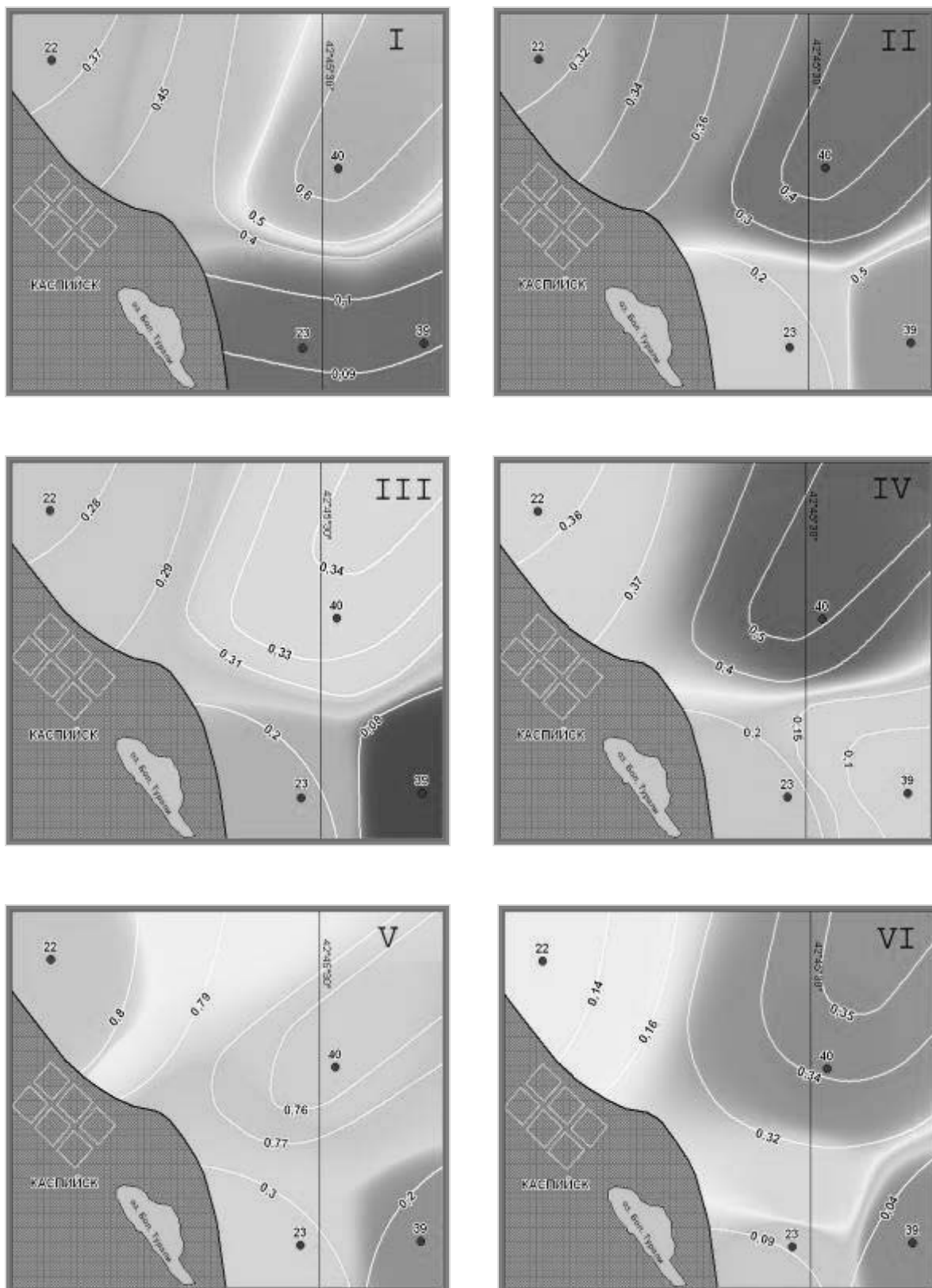


Рис. 33 Ассимиляционная емкость акватории Каспийск
в отношении нефтяных углеводородов, тонн/км²мес,
I – зима, II – весна, III– первая половина лета, IV– вторая половина лета,
V– осень, VI– предзимье

Избербаш

В районе Избербаша наблюдения за загрязнением морских вод в период 1978-2005 гг. проводились на трех станциях, схема расположения которых приведена на рис. 34. В исходный массив данных было включено 878 записей концентрации нефтяных углеводородов в поверхностном и придонном слоях воды.

Для исходных массивов данных рассчитывалась только средняя и максимальная концентрация НУ в воде (табл. 8). Для определения показателей экологической оценки загрязнения использовались модифицированные массивы данных (исходные массивы после удаления значений, характеризующих локальное загрязнение).

Таблица 8

Средняя и максимальная концентрация нефтяных углеводородов
в морской воде (мг/л) в районе Избербаш

Концентрация	Январь	Март	Май	Июль	Сентябрь	Октябрь	Год
Исходные массивы данных							
Средн.	0,08	0,12	0,09	0,06	0,10	0,06	0,08
Макс.	0,75	1,81	0,45	0,39	1,41	0,41	1,81
Модифицированные массивы данных							
Средн.	0,06	0,07	0,08	0,05	0,07	0,05	0,06
Макс.	0,37	0,26	0,33	0,18	0,46	0,15	0,46

Данные о сезонной и многолетней изменчивости концентрации НУ в воде приведены, соответственно, на рис. 34 и 35. Сведения о показателях экологической оценки загрязнения (концентрации, нагрузке, потенциалах очищения и загрязнения, ассимиляционной емкости) приведены только для двух станций (24 и 26) на рис. 36.

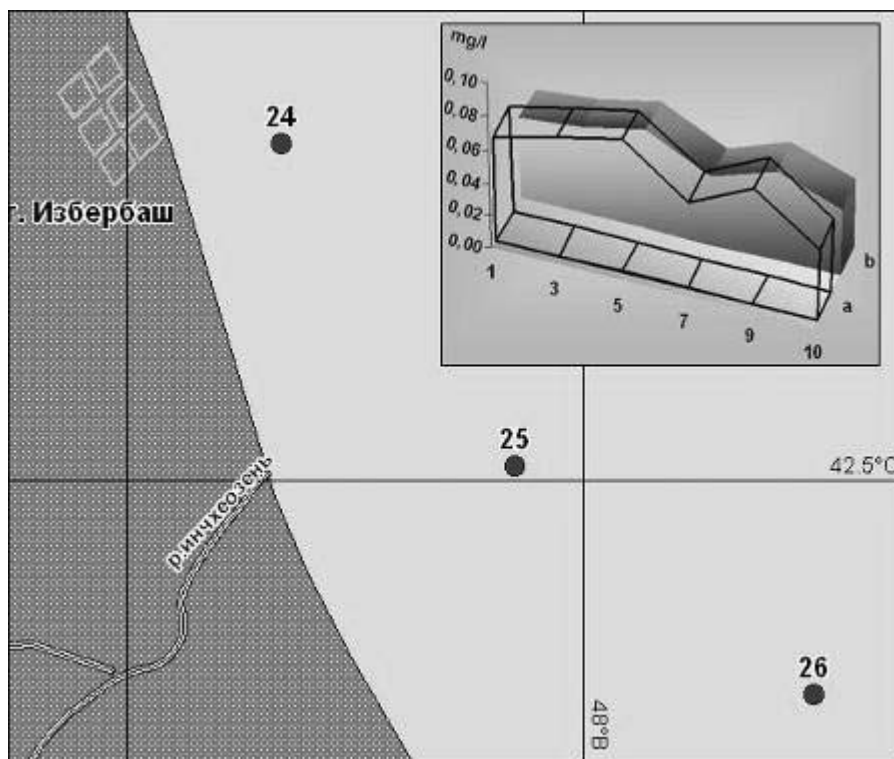


Рис. 34 Карта-схема расположения станций в районе Избербаш. На диаграмме в правом верхнем углу представлены данные о сезонной изменчивости концентрации НУ в поверхностном (а) и придонном (б) слоях воды (мг/л) в районе Избербаш. Номера на оси абсцисс – месяцы года.

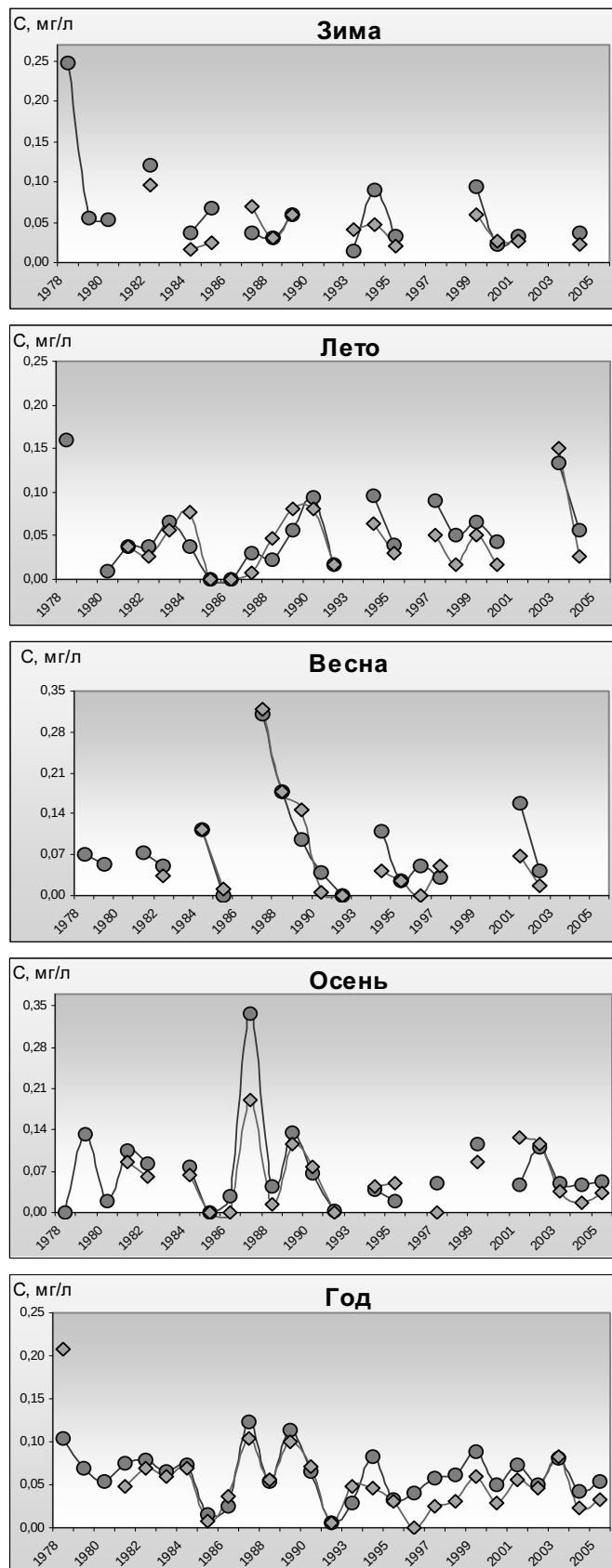


Рис. 35 Многолетние изменения концентрации НУ в воде (мг/л) в январе (зима), мае (весна), июле (лето) и сентябре (осень) в районе Избербаш. Для расчета среднегодовой концентрации (год) использовались также данные наблюдений в марте и октябре.

(○ – поверхностный слой; ◇ – придонный слой)

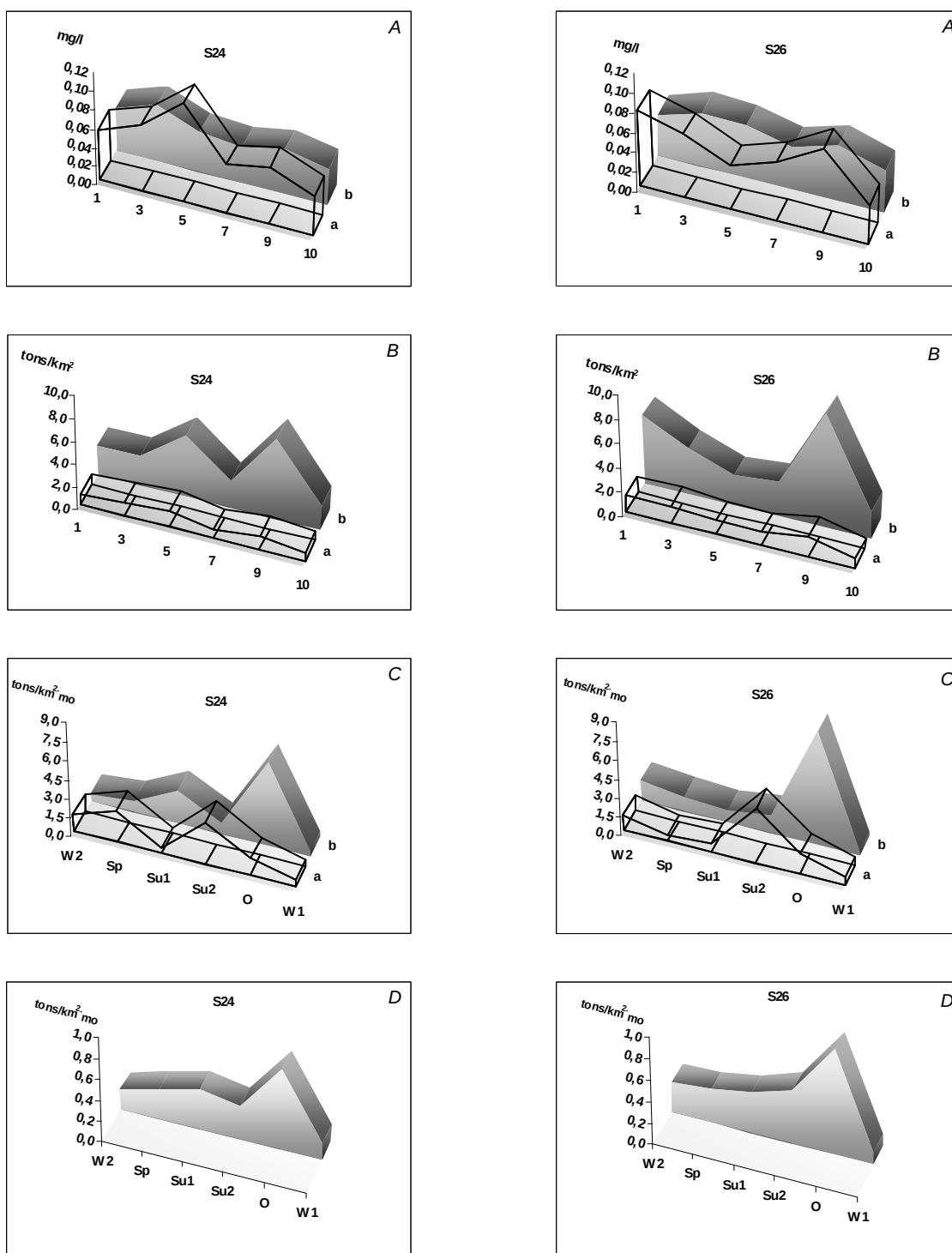


Рис. 36 Показатели экологической оценки загрязнения района Избербаш нефтяными углеводородами (S24 – станция 24; S26 – станция 26).

А – средняя концентрация НУ в воде, мг/л (а – поверхностный; б – придонный слой).

В – нагрузка по нефтяным углеводородам, тонн/км²,
(а – средняя; б – максимальная нагрузка).

С – потенциал загрязнения (а) и потенциал очищения (б) морской среды (тонн/км²·мес)

Д – ассимиляционная емкость акватории (тонн/км²·мес)

Примечание: 1) на рис. А и В номера на оси абсцисс – месяцы года; 2) на рис. С и D на оси абсцисс: W2 – зима; Sp – весна; Su1 – первая половина лета; Su2 – первая половина лета; O – осень; W1 – предзимье.

Дербент

В районе Дербента наблюдения за загрязнением морских вод в период 1978-2005 гг. проводились на двух станциях, схема расположения которых приведена на рис. 37. В исходный массив данных было включено 407 записей концентрации нефтяных углеводородов в поверхностном и придонном слоях воды.

Для исходных массивов данных рассчитывалась только средняя и максимальная концентрация НУ в воде (табл. 9). Для определения показателей экологической оценки загрязнения использовались модифицированные массивы данных (исходные массивы после удаления значений, характеризующих локальное загрязнение).

Таблица 9

Средняя и максимальная концентрация нефтяных углеводородов
в морской воде (мг/л) в районе Дербент

Концентрация	Январь	Март	Май	Июль	Сентябрь	Октябрь	Год
Исходные массивы данных							
Средн.	0,06	0,10	0,12	0,06	0,12	0,06	0,08
Макс.	0,56	1,63	1,11	0,49	1,39	0,41	1,63
Модифицированные массивы данных							
Средн.	0,04	0,06	0,08	0,04	0,08	0,04	0,06
Макс.	0,22	0,27	0,36	0,16	0,39	0,17	0,39

Данные о сезонной и многолетней изменчивости концентрации НУ в воде приведены, соответственно, на рис. 37 и 38. Сведения о показателях экологической оценки загрязнения (концентрации, нагрузке, потенциалах очищения и загрязнения, ассимиляционной емкости) приведены для двух станций (27 и 28) на рис. 39.

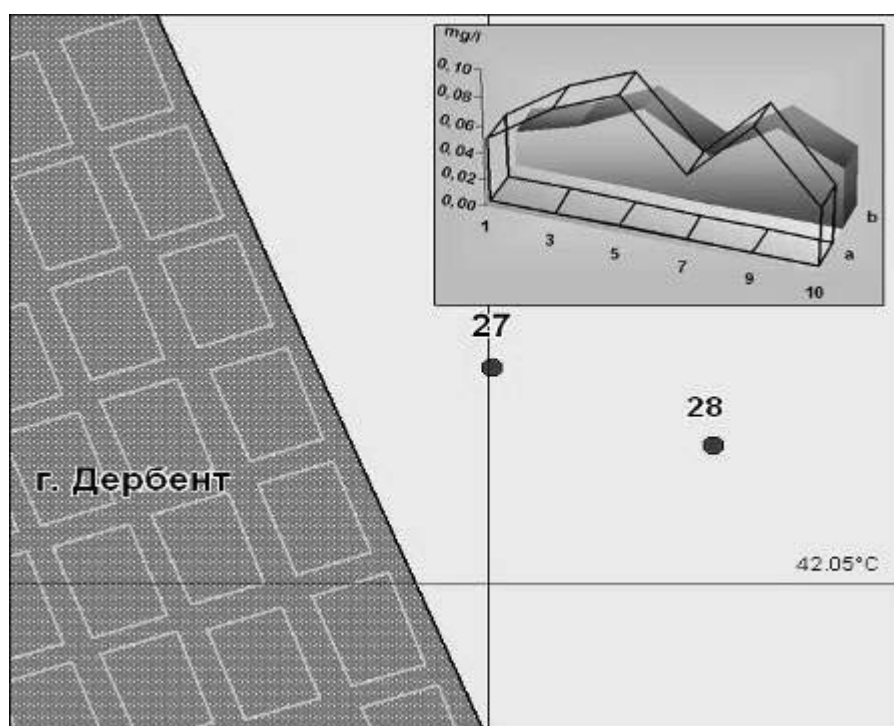


Рис. 37 Карта-схема расположения станций в районе Дербент. На диаграмме в правом верхнем углу представлены данные о сезонной изменчивости концентрации НУ в поверхностном (а) и придонном (б) слоях воды (мг/л) в районе Дербент. Номера на оси абсцисс – месяцы года.

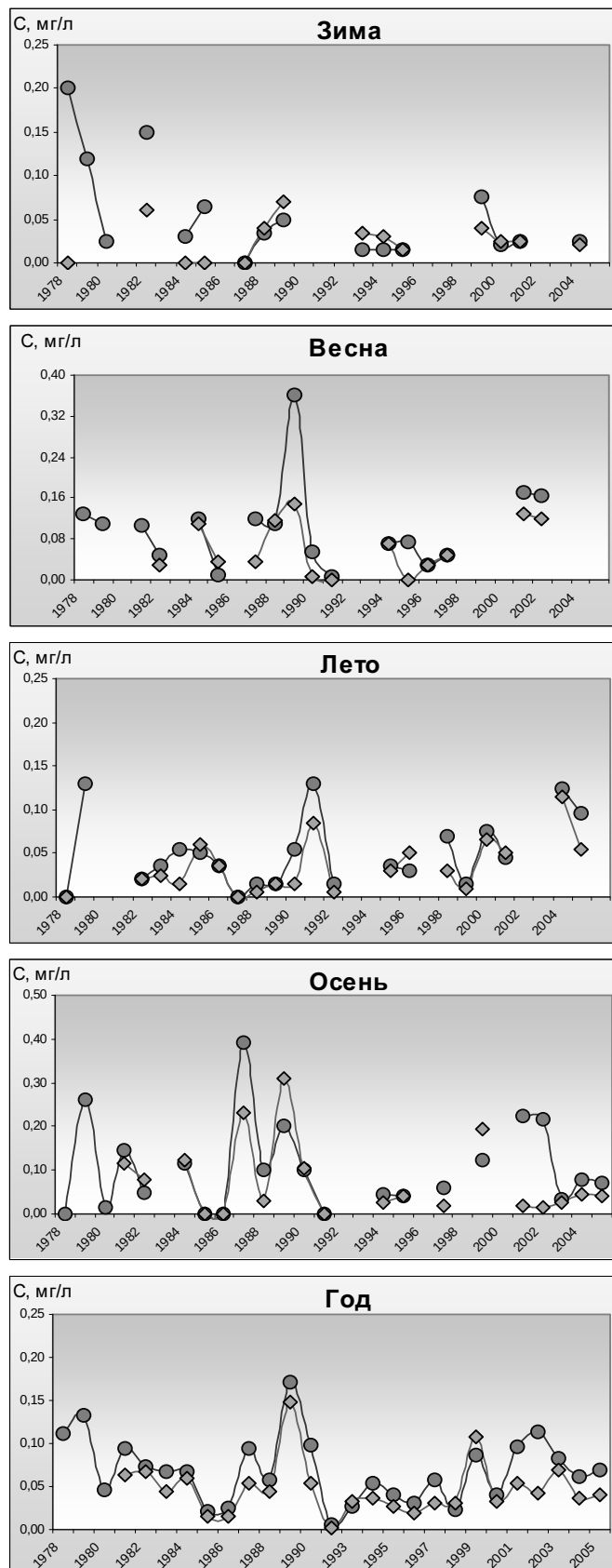


Рис. 38 Многолетние изменения концентрации НУ в воде (мг/л) в январе (зима), мае (весна), июле (лето) и сентябре (осень) в районе Дербент. Для расчета среднегодовой концентрации (год) использовались также данные наблюдений в марте и октябре.

(○ – поверхностный слой; ◇ – придонный слой)

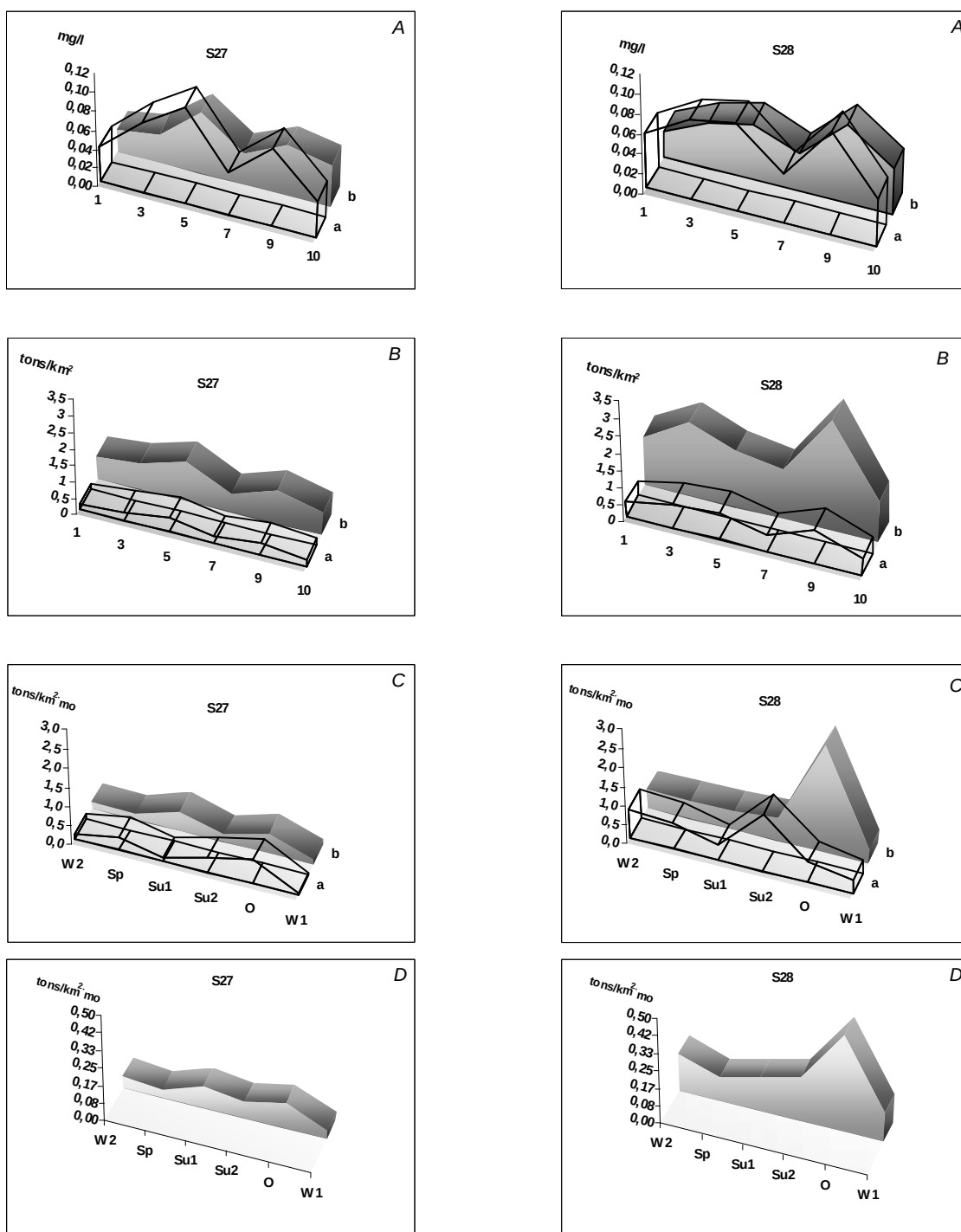


Рис. 39 Показатели экологической оценки загрязнения района Дербент нефтяными углеводородами (S27 – станция 27; S28 – станция 28).

А – средняя концентрация НУ в воде, мг/л (а – поверхностный; б – придонный слой).

В – нагрузка по нефтяным углеводородам, тонн/км²,
(а – средняя; б – максимальная нагрузка).

С – потенциал загрязнения (а) и потенциал очищения (б) морской среды (тонн/км²·мес)

Д – ассимиляционная емкость акватории (тонн/км²·мес)

Примечание: 1) на рис. А и В номера на оси абсцисс – месяцы года; 2) на рис. С и D на оси абсцисс: W2 – зима; Sp – весна; Su1 – первая половина лета; Su2 – первая половина лета; O – осень; W1 – предзимье.

Взморье р. Самур

В районе взморья р. Самур, , наблюдения за загрязнением морских вод в период 1978-2005 гг. проводились на двух станциях, схема расположения которых приведена на рис. 40. В исходный массив данных было включено 415 записей концентрации нефтяных углеводородов в поверхностном и придонном слоях воды.

Для исходных массивов данных рассчитывалась только средняя и максимальная концентрация НУ в воде (табл. 10). Для определения показателей экологической оценки загрязнения использовались модифицированные массивы данных (исходные массивы после удаления значений, характеризующих локальное загрязнение).

Таблица 10

Средняя и максимальная концентрация нефтяных углеводородов в морской воде (мг/л) в районе взморья р. Самур

Концентрация	Январь	Март	Май	Июль	Сентябрь	Октябрь	Год
Исходные массивы данных							
Средн.	0,05	0,09	0,09	0,05	0,07	0,04	0,07
Макс.	0,51	0,48	0,82	0,60	0,56	0,23	0,82
Модифицированные массивы данных							
Средн.	0,04	0,07	0,07	0,04	0,06	0,03	0,05
Макс.	0,14	0,32	0,20	0,16	0,25	0,10	0,32

Данные о сезонной и многолетней изменчивости концентрации НУ в воде приведены, соответственно, на рис. 40 и 41. Сведения о показателях экологической оценки загрязнения (концентрации, нагрузке, потенциалах очищения и загрязнения, ассимиляционной емкости) приведены для двух станций (29 и 30) на рис. 42.

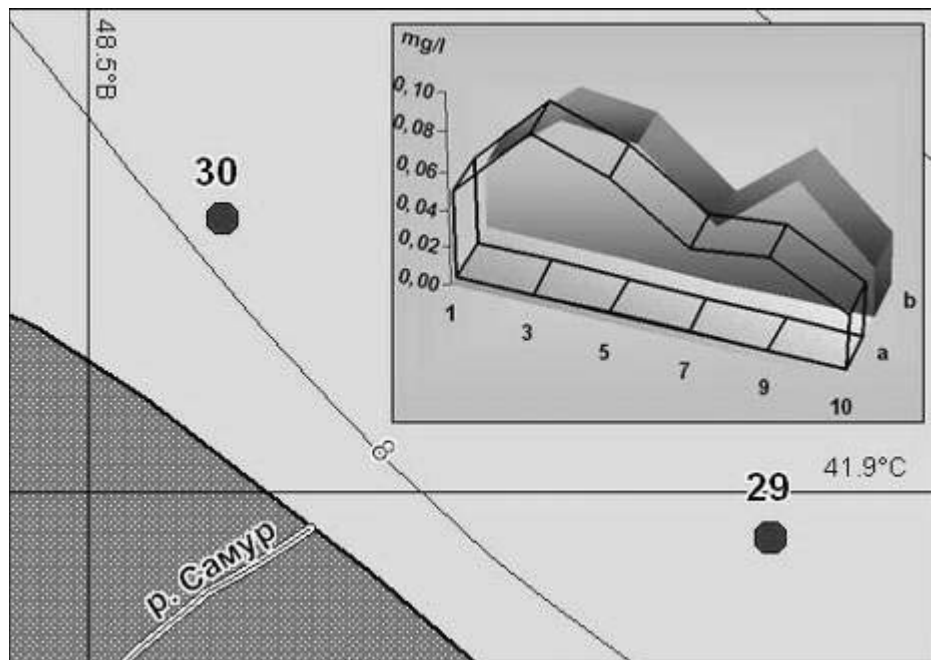


Рис. 40 Карта-схема расположения станций в районе взморья р. Самур. На диаграмме в правом верхнем углу представлены данные о сезонной изменчивости концентрации НУ в поверхностном (а) и придонном (б) слоях воды (мг/л) в районе взморья р. Самур. Номера на оси абсцисс – месяцы года.

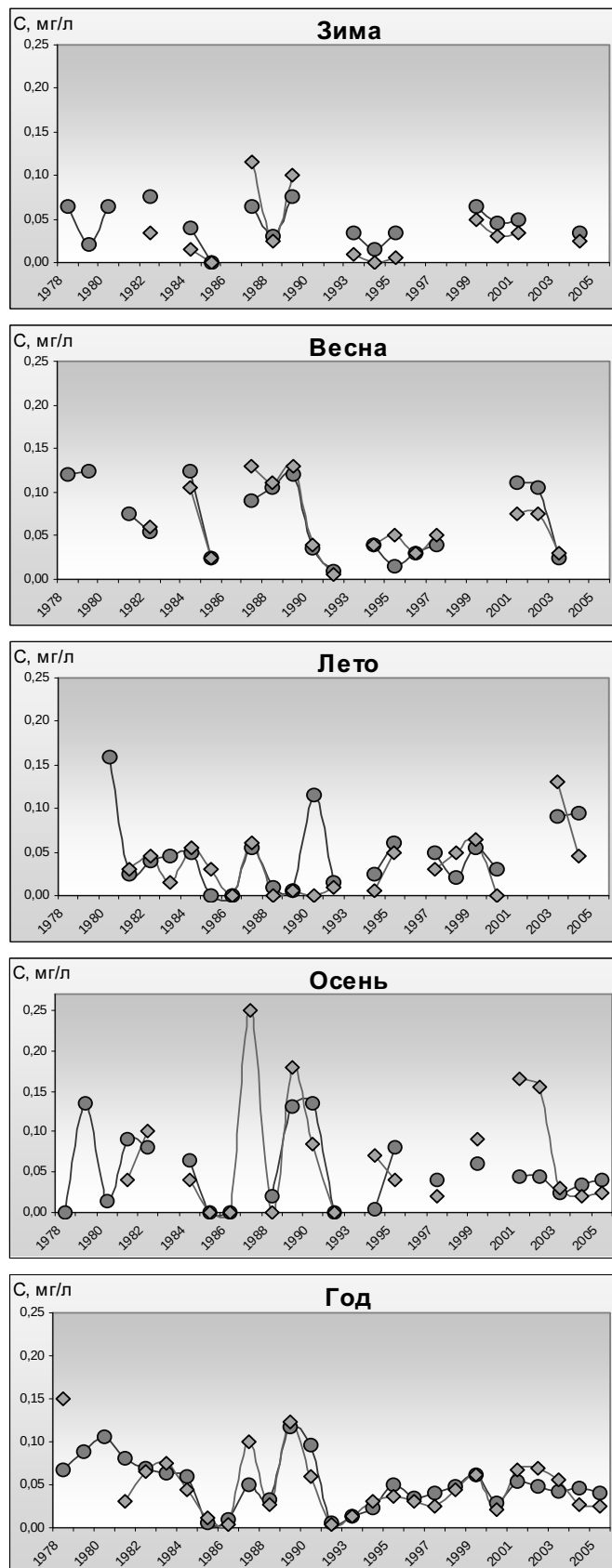


Рис. 41 Многолетние изменения концентрации НУ в воде (мг/л) в январе (зима), мае (весна), июле (лето) и сентябре (осень) в районе взморья р. Самур. Для расчета среднегодовой концентрации (год) использовались также данные наблюдений в марте и октябре.
(○ – поверхностный слой; ◇ – придонный слой)

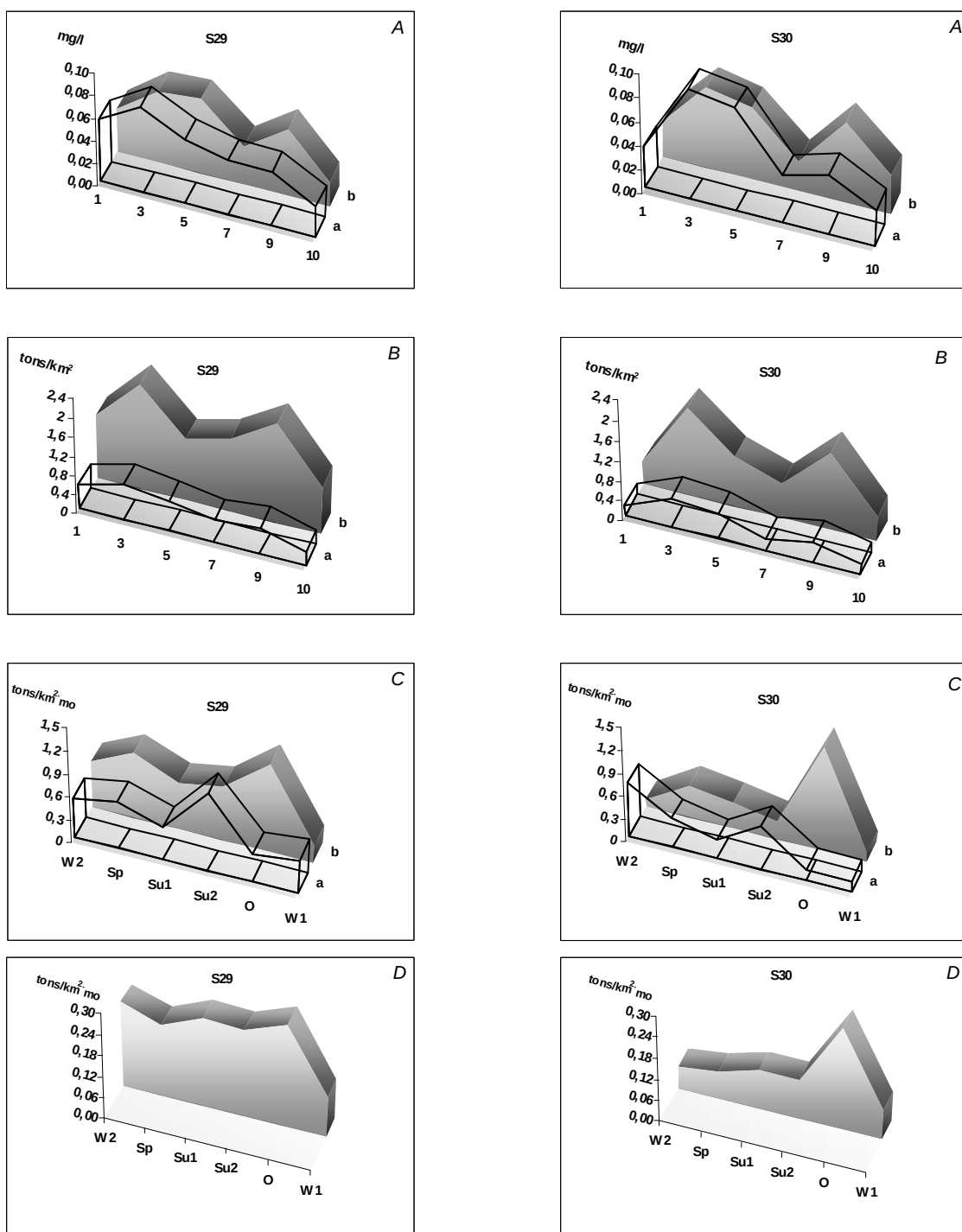


Рис. 42 Показатели экологической оценки загрязнения района Взморье р. Самур нефтяными углеводородами (S29 – станция 29; S30 – станция 30).

A – средняя концентрация НУ в воде, мг/л (a – поверхностный; b – придонный слой).

B – нагрузка по нефтяным углеводородам, тонн/км²,
(a – средняя; b – максимальная нагрузка).

C – потенциал загрязнения (a) и потенциал очищения (b) морской среды (тонн/км²·мес)

D – ассимиляционная емкость акватории (тонн/км²·мес)

Примечание: 1) на рис. A и B номера на оси абсцисс – месяцы года; 2) на рис. C и D на оси абсцисс: W2 – зима; Sp – весна; Su1 – первая половина лета; Su2 – первая половина лета; O – осень; W1 – предзимье.

Экологическое благополучие и экологическая норма загрязнения

В соответствии с подходом, изложенным в разделе 1, акватория является экологически благополучной по уровню нефтяного загрязнения, если $L_{ij} - L_{ji} < 0$. Относительное экологическое благополучие наступает при соблюдении условия $L_{ij} - M_{ai} - L_{ji} < 0$. Если же $L_{ij} - M_{ai} - L_{ji} > 0$, то рассматриваемая акватория оценивается как экологически неблагополучная по уровню нефтяного загрязнения.

Поскольку нагрузка и ассимиляционная емкость подвержены изменениям в пространстве и времени, то оценка экологического благополучия и экологической нормы загрязнения производится применительно к конкретной экологической ситуации. В качестве примера в табл. 11 приведена оценка экологического благополучия прибрежных морских вод Дагестана в сентябре 2004 года.

Напомним, что положительное значение N указывает на возможное повышение нагрузки по нефтяным углеводородам при сохранении экологического благополучия, а отрицательное значение – на необходимость снижения нагрузки на взятую по модулю величину N для достижения относительно экологического благополучия.

Таблица 11

Оценка экологического благополучия и экологической нормы загрязнения прибрежных морских вод Дагестана в сентябре 2004 года

Район Лопатин, станции:									
Показатели	4	5	6						
$L_{ij} - L_{ji}$	> 0	> 0	< 0						
$L_{ij} - M_{ai} - L_{ji}$	< 0	< 0	< 0						
N , тонн/км ² мес	+0,017	+0,055	+0,339						
Район взморья р. Терек, станции:									
Показатели	7	8	9	10	11				
$L_{ij} - L_{ji}$	> 0	< 0	> 0	> 0	> 0				
$L_{ij} - M_{ai} - L_{ji}$	< 0	< 0	< 0	< 0	< 0				
N , тонн/км ² мес	+0,179	+0,207	+0,046	+0,290	+0,185				
Район взморья р. Сулак, станции:									
Показатели	12	13	14	15	16				
$L_{ij} - L_{ji}$	> 0	> 0	< 0	> 0	> 0				
$L_{ij} - M_{ai} - L_{ji}$	< 0	< 0	< 0	< 0	< 0				
N , тонн/км ² мес	+0,071	+0,168	+0,199	+0,118	+0,170				
Район Махачкала, станции:									
Показатели	17	18	19	20	21	35	36	37	38
$L_{ij} - L_{ji}$	> 0	> 0	> 0	> 0	< 0	> 0	> 0	> 0	> 0
$L_{ij} - M_{ai} - L_{ji}$	> 0	< 0	> 0	> 0	< 0	< 0	< 0	> 0	< 0
N , тонн/км ² мес	-0,026	+0,080	-0,024	-0,024	+0,403	+0,265	+0,237	-0,017	+0,192
Район Каспийск, станции:									
Показатели	22	23	39	40					
$L_{ij} - L_{ji}$	< 0	< 0	< 0	< 0					
$L_{ij} - M_{ai} - L_{ji}$	< 0	< 0	< 0	< 0					
N , тонн/км ² мес	+0,994	+0,480	+0,320	+1,431					
Район Избербаш, станции:									
Показатели	24	25	26						
$L_{ij} - L_{ji}$	< 0	< 0	< 0						
$L_{ij} - M_{ai} - L_{ji}$	< 0	< 0	< 0						
N , тонн/км ² мес	+1,170	+1,085	+1,190						
Район Дербент, станции									
Показатели	27	28							
$L_{ij} - L_{ji}$	> 0	> 0							
$L_{ij} - M_{ai} - L_{ji}$	< 0	< 0							
N , тонн/км ² мес	+0,012	+0,402							
Район взморья р. Самур, станции:									
Показатели									
$L_{ij} - L_{ji}$	< 0	< 0							
$L_{ij} - M_{ai} - L_{ji}$	< 0	< 0							
N , тонн/км ² мес	+0,336	+0,215							
Примечание:		Благополучие		Относительное благополучие		Неблагополучие			

Содержание

Введение	3
1. Характеристика материалов и методов, использованных для экологической оценки загрязнения западной части Среднего Каспия нефтяными углеводородами	5
2. Показатели экологической оценки загрязнения западной части Среднего Каспия нефтяными углеводородами	
Лопатин	10
Взморье р. Терек	13
Взморье р. Сулак	20
Махачкала	27
Каспийск	34
Избербаш	41
Дербент	44
Взморье р. Самур	47
Экологическое благополучие и экологическая норма загрязнения	50

**Государственное учреждение
«Каспийский морской научно-исследовательский центр»
Россия, 414045, г. Астрахань, ул. Ширяева 14
тел. +8512-303-470 факс +8512-301-163
kaspnmiz@astranet.ru**