

МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН УССР

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ "СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ СИСТЕМ"

№5804-В887

УДК 551.463.5:577.4(262.5)001.573

Н.В.Кондуфорова, В.А.Урденко

МОДЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ГИДРООПТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ОСНОВЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА
ЧЕРНОГО МОРЯ

С точки зрения рационального использования биологических ресурсов моря особое внимание уделяется шельфовым районам. Океанологическая ситуация шельфовой зоны, особенно в приустьевых районах впадающих в море рек, характеризуется сложным взаимодействием природных факторов, обусловленных гидрометеорологическим режимом, условиями освещения, наличием в воде примесей биологического и терригенного характера, выносимых в море речным стоком и продуцированных в водной толще загрязнениями и т.п. Предполагая, что практическое использование биологических ресурсов шельфовой зоны может быть реализовано на базе научно-обоснованного мониторинга обширных акваторий, в его основу положим математическую модель гидрофизических и биологических процессов, ориентированную на усвоение данных оптических измерений, контактных или дистанционных. Такие данные, полученные на основе экспрессных методик, могут успешно использоваться для установления граничных условий при выполнении расчетов по принятой модели.

Весьма важным аспектом является оценка точности восстановления гидрофизических, биологических и иных полей, подлежащих модельному расчету. Наиболее естественным путем такой оценки является непосредственное сопоставление результатов моделирования с данными измерений одних и тех же параметров.

При моделировании состояния экологической системы шельфовой зоны северо-западной части Черного моря нами использовалась математическая модель /1/, включающая в себя гидротермодинамический, биологический, химический и гидрооптический блоки. Входными параметрами модели служат характеристики при-

водного ветра и интенсивность солнечной радиации на поверхности моря. Эти данные задавались в виде среднестатистических значений для данного региона с учетом сезонных отклонений.

С помощью гидротермодинамического блока модели рассчитывались горизонтальные и вертикальная компоненты скорости течений на основе представлений, развитых в /2/. Поскольку на юго-востоке исследуемая акватория примыкает к открытому морю, в расчетах учитывался глубинный поток в шельфовую область через жидкую границу в районе континентального склона на линии Крымский полуостров - мыс Калиакра.

Скорости течений являются входными данными для гидрохимического и биологического блоков модели, с помощью которых по методике /3/ рассчитывались поля основных компонент экосистемы - пространственные распределения фитопланктона, макрофитов, зоопланктона, биогенов, растворенной и взвешенной органики и nekтона.

Солнечное излучение, попадая в морскую воду, представляющую собой суспензию разномасштабных взвешенных частиц в поглощающем радиацию растворе, ослабляется за счет процессов поглощения и рассеяния молекулами чистой воды, взвешенными частицами и растворенными веществами. Ослабление света чистой водой практически одинаково во всех водоемах, поэтому разнообразие оптических свойств природных вод связано с количественным и качественным составом примесей. Если в открытом море это примеси преимущественно биологического происхождения, обусловленные жизнедеятельностью планктонного сообщества, то в шельфовой зоне важными источниками примесей служат также продукция бентических водорослей, эрозия берегов, материковый сток, вынос пыли с суши, взмучивание донных осадков и антропогенное загрязнение.

Учет влияния всех составляющих примесей на распространение солнечного света в воде представляет собой чрезвычайно сложную задачу. С целью ее упрощения в гидрооптический блок закладывались только данные о концентрации фитопланктона и взвешенного органического вещества, рассчитанные в предшествующих блоках модели. На основе этих данных оценивались поглощение света пигментами фитопланктона и желтым веществом и

и рассеяние на взвешенных частицах. В результате были получены пространственные распределения спектрального коэффициента диффузного отражения моря и эффективной длины волны восходящего из моря излучения на основе соотношений, приведенных в /4/.

Используемая модель предназначена для расчета полей экосистемы, под влиянием формирующихся биотических и абиотических факторов в период интенсивного развития фитопланктона, вспышки которого приурочены к началам весеннего и осеннего сезонов. Вообще говоря, начальные условия для расчета полей в эти сезоны отличны друг от друга, в результате чего итоговая картина пространственного распределения рассчитанных параметров имеет специфические особенности, объясняемые сезонными изменениями. Однако, при этом можно отметить и закономерности пространственного распределения компонент, не связанные с внутригодовой изменчивостью и проявляющиеся в данном регионе независимо от сезона. Эти закономерности обусловлены влиянием внешних факторов, к которым в первую очередь можно отнести рельеф дна; направление береговой черты, постоянное присутствие источников рассеяния и т.п. Модельный расчет поля биомассы фитопланктона выявил, например, границу раздела вод с повышенной концентрацией растительных микроорганизмов с водами открытой части моря, обогащенных содержанием планктона (рис.1-а). Эта граница, приуроченная к свалу глубин и имеющая направление изобат, как правило, проявляется и в натурных экспериментах. На рис.1-б она хорошо видна в поле концентраций хлорофилла, полученного в августе 1982 г. во время экспедиционного рейса НИС "Профессор Колесников".

Граница раздела шельфовых вод и вод открытого моря проявляется и в поле гидрооптических характеристик. Это видно и по результатам модельного расчета (рис. 2-а) и по данным натурных измерений (рис.2-б). В области свала глубин изолинии индекса цвета поверхностных вод, полученные расчетным путем измеренного инструментально, совпадают с направлением изобат.

Измерения показателя ослабления света, выполненные в ряде экспедиций 1982-85 г.г., свидетельствуют о присутствии чистых вод в шельфовой зоне, примыкающей к Каламитскому заливу (рис.3-а). При анализе результатов расчета распределения

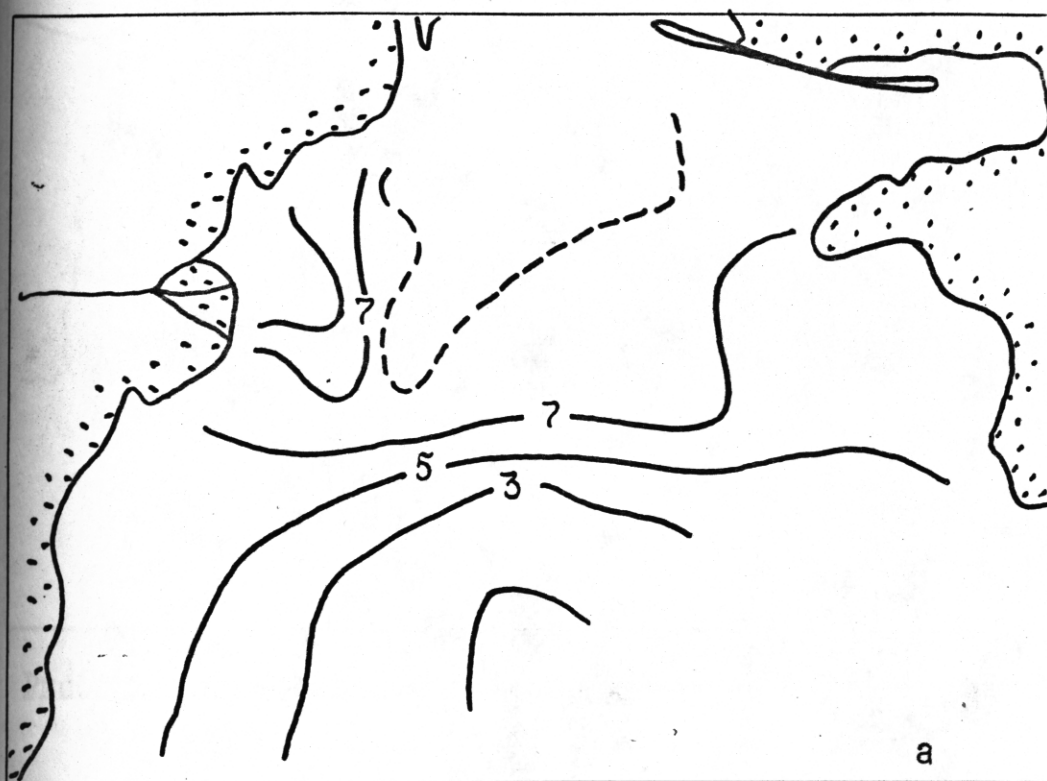
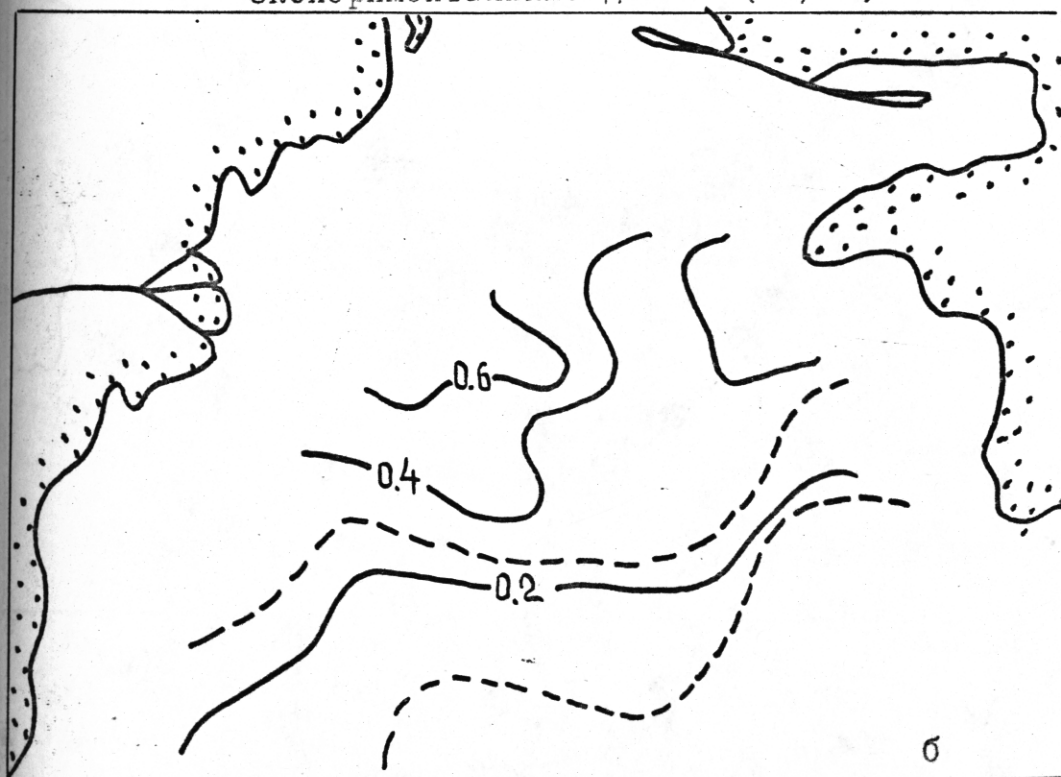


Рис. I. а - распределение биомассы фитопланктона, модельный расчет (г/м^3);
б - распределение концентрации хлорофилла, экспериментальные данные (мг/м^3)



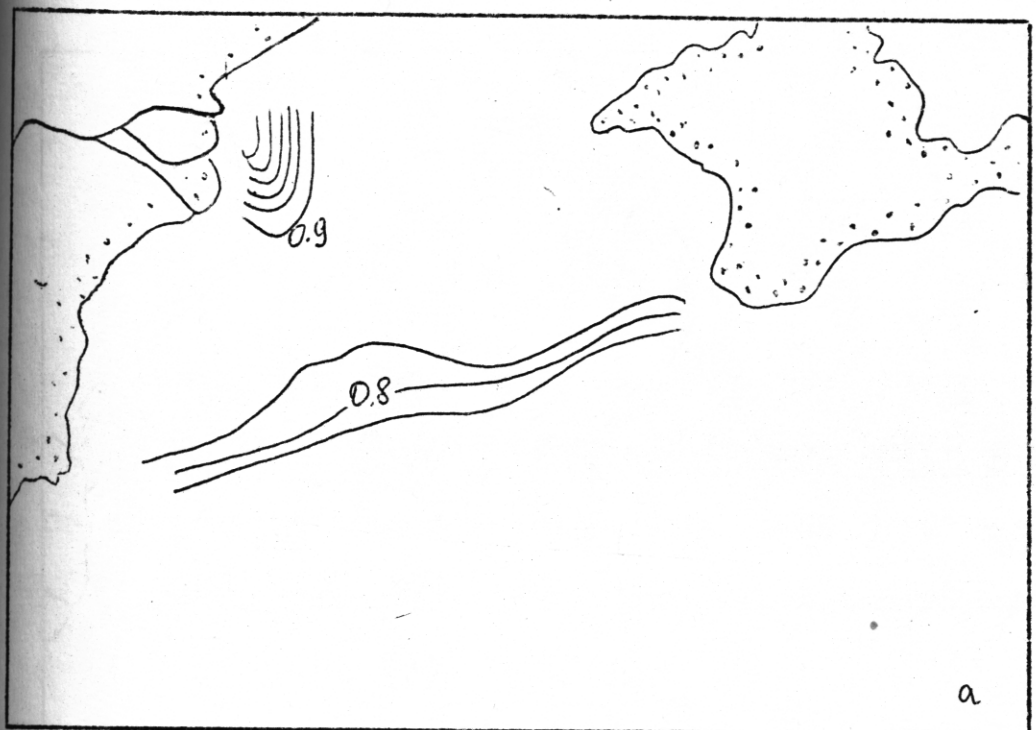
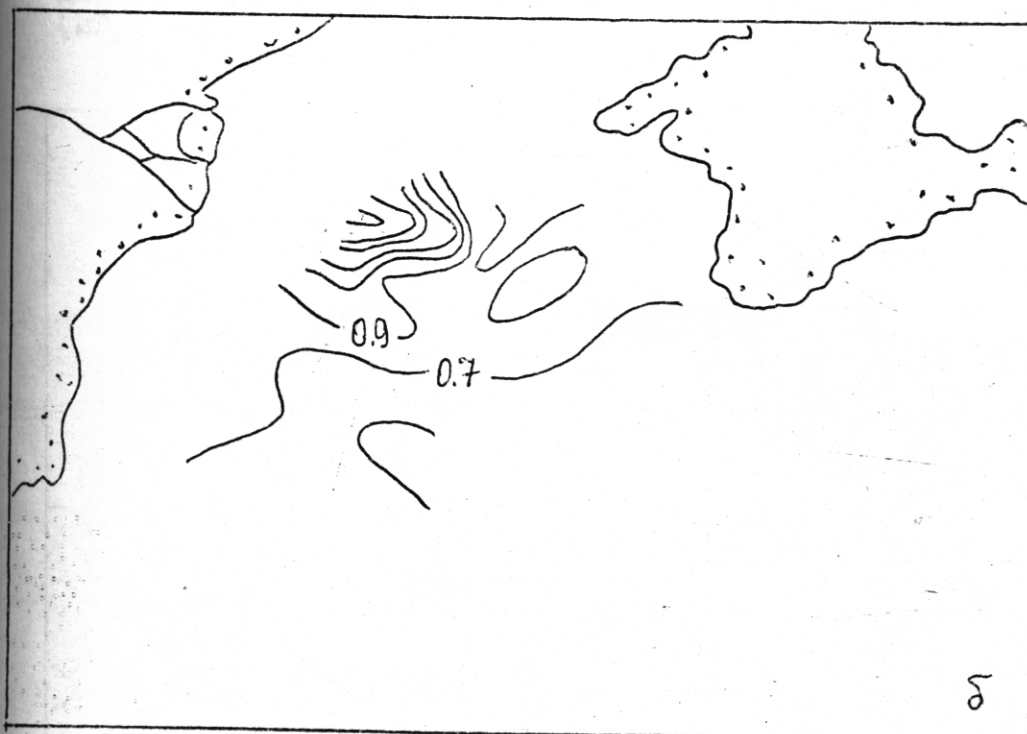


Рис. 2. Распределение индекса цвета моря (отн. ед.)

а - модельный расчет;

б - экспериментальные данные



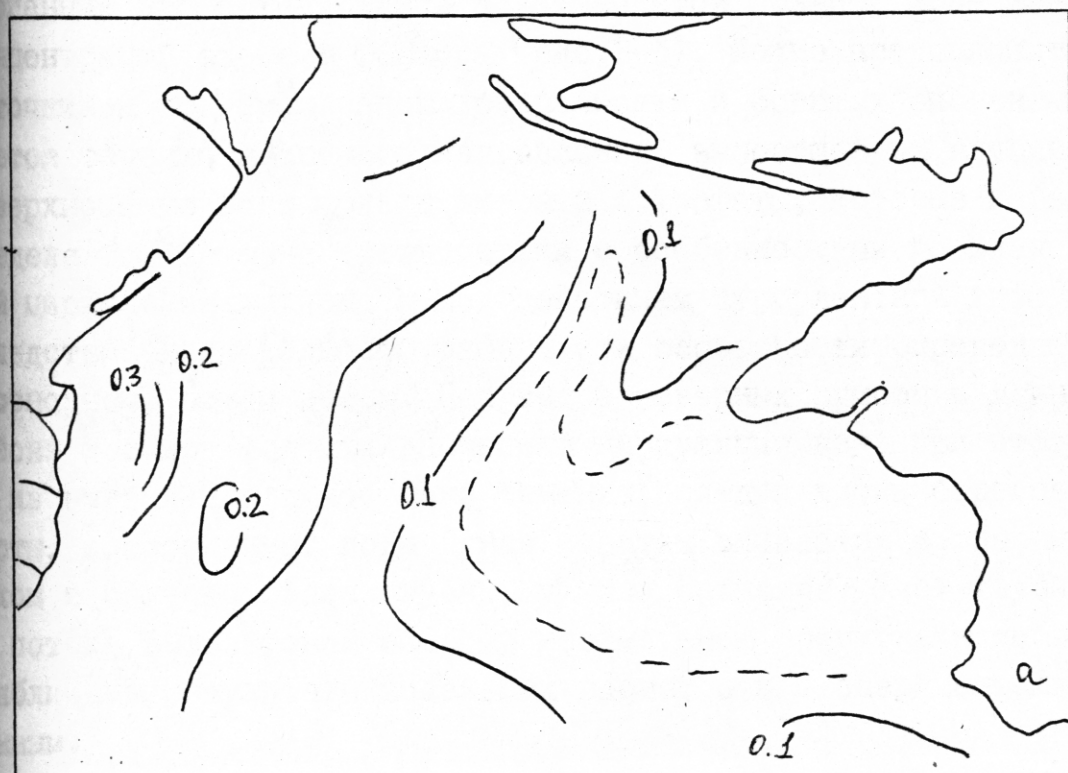
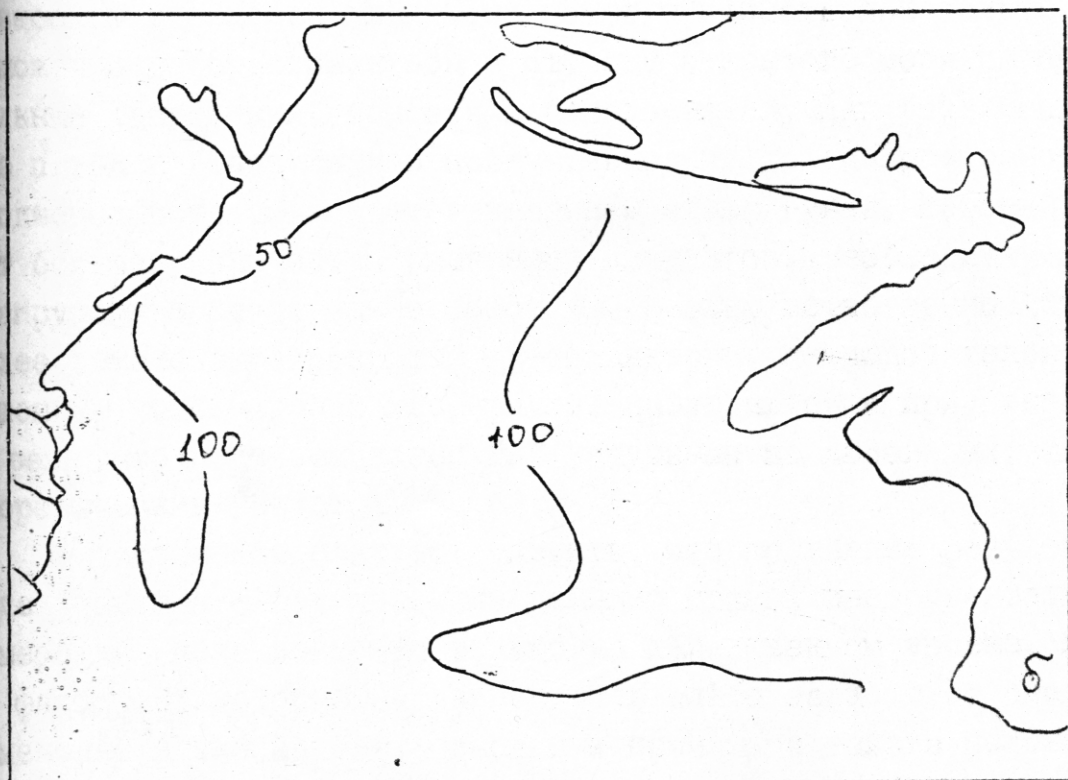


Рис.3. Распределение осредненных по глубине полей:
 а - показателя ослабления света, экспериментальные
 данные (м^{-1}); б - концентрации нитратов, модельный расчет
 ($\text{мг}/\text{м}^3$).



биогенных элементов, здесь же отмечается область повышенных концентраций азота и фосфора (рис.3-б). Можно предположить, что источником вод повышенной прозрачности и богатых биогенами является течение западного направления, выносящее из глубины в поверхностные воды шельфа нитраты и фосфаты, которые перераспределяются затем в соответствии с особенностями горизонтальной циркуляции региона и под действием турбулентной диффузии. Вследствие мелководности района эти особенности определяются, в основном, полем ветра. При ветре северных румбов в данном районе формируется циклоническая циркуляция вод, при этом одна из ветвей поверхностного течения, следуя вдоль береговой черты, присоединяет воды Дуная и затем сливается в главном потоком в области свала глубин, у мыса Калиакра. Учет глубинного потока в шельфовой области исследуемого региона позволил приблизить результаты модельных расчетов к экспериментальным данным.

В придунайской области инструментальные измерения концентрации хлорофилла (рис.4) и модельный расчет (рис.1-а) выявляют повышенное содержание в воде клеток фитопланктона. В зависимости от направления и силы приводного ветра область вод с высокой биомассой планктона может прижиматься к дельте Дуная, а может и распространяться в сторону открытого моря на значительные расстояния, образуя в отдельных случаях локализованные пятна вод повышенной продуктивности. Такая пространственная неоднородность объясняется влиянием стока Дуная, который выносит большое количество биогенных элементов, необходимых фотосинтезирующим компонентам экосистемы. Вполне естественно, что наиболее интенсивное развитие фитопланктона, а следовательно и повышенные концентрации хлорофилла, наблюдаются в приустьевой зоне реки, что подтверждается как натурными наблюдениями, так и теоретическим расчетом.

В заключение следует отметить, что сравнение результатов моделирования с фактическими данными прямых инструментальных измерений пока возможно только на качественном уровне, причем по факторам, которые не зависят или слабо зависят от сезонных изменений в экосистеме. Основными причинами такого положения являются невозможность учета в модельных расчетах всего многооб-

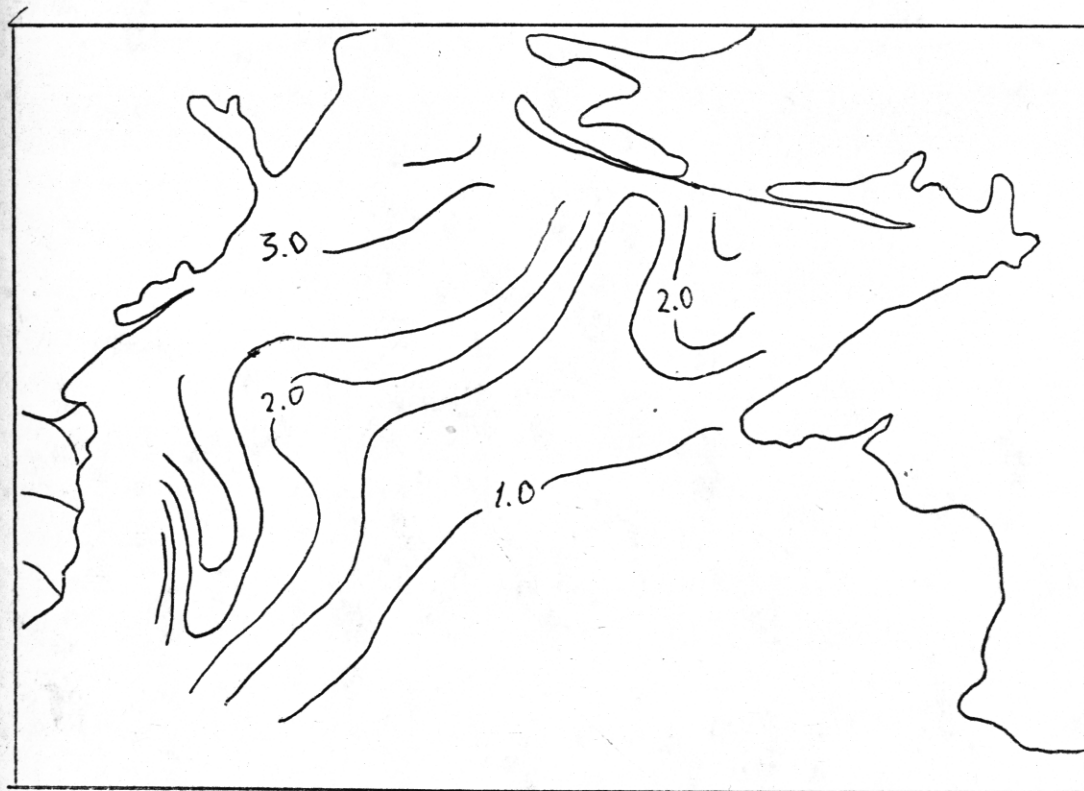


Рис. 4. Распределение содержания хлорофилла в поверхностном слое вод северо-западной части Черного моря, (мг/м^3). Осень 1983 г.

разия действующих в реальной природе факторов и недостаточность данных натурных наблюдений в заданных условиях. Тем не менее, полученные результаты сравнения модельных расчетов с экспериментальными данными говорят о их согласованности в крупномасштабном приближении и свидетельствуют о возможности выявления на основе моделирования внешних факторов, действующих на экосистему независимо от сезона.

Л и т е р а т у р а

1. Беляев В.И. Модель шельфовой экосистемы для оценки ее потенциальной биопродуктивности. - В кн.: Системный анализ и моделирование процессов на шельфе. Севастополь, 1983, с.7-18.
2. Андриященко А.А. Расчет трех составляющих скорости течений применительно к задаче моделирования шельфовых систем. - В кн.: Системный анализ и моделирование процессов на шельфе. Севастополь, 1983, с.37-45.
3. Беляев В.И., Кондуфорова Н.В. Расчет пространственно-временных изменений компонент экологической системы. - В кн.: Современные проблемы океанологии Черного моря, МГИ АН УССР. Севастополь, 1986, ч.1, с.89-105: Деп. в ВИНТИ 06.03.86, № 1579-86В.
4. Дистанционное зондирование моря с учетом атмосферы /под редакцией В.А.Урденко, Г.Циммерманна/. - Вып.ИКИ АН ГДР, М.-Берлин-Севастополь, 1985, - 272 с.