

ПРОВ 2010

- 175 -

ПРОВ 98

МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН УССР

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ "СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ СИСТЕМ"

~ 7284-B85 16. 10. 85

Е.П.Урюжников, В.Б.Белявская, Т.А.Солдатова

УДК 519.2:574
(2625)

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ АКВАТОРИЙ

1. В рамках экологического мониторинга рассматриваются задачи районирования акваторий по гидрохимическим и гидробиологическим показателям качества вод, выявления степени дивергенции видового разнообразия и устойчивости трофических связей биоценозов как индикатора нарушения экологического равновесия. Значительный интерес представляет вопрос о характере и количестве факторов, необходимых для достаточного распознавания аномалий, вызванных антропогенными нагрузками. Проведение всестороннего анализа морской экосистемы требует учета степени загрязнения биотопа в результате дампинга грунтов и разработок газовых и нефтяных месторождений, негативно влияющих на рекреационные свойства природных комплексов.

В работе решается задача районирования акватории по гидрохимическим и гидробиологическим показателям качества морских вод на основе многомерного классификационного анализа; показана его применимость в системе экологического мониторинга. В качестве исходных данных используются токсикологические и эколого-санитарные показатели качества вод, количество и разнообразие видового состава гидробионтов, концентрация биологически активных веществ антропогенного происхождения.

2. Традиционный подход при изучении вопросов районирования акваторий основан на построении и анализе гидрологических, гидрохимических и гидробиологических полей. Однако, неоднородность исходной океанографической информации во времени и пространстве приводит к необходимости согла-

Институт биологии

Морских Вод АН УССР

БИБЛИОТЕКА

© ВЕНАТИ, 1085 г.

сования полей и проверки их точности. В то же время для целей мониторинга часто оказываются необходимыми оценки с более общих позиций.

Переход к системному рассмотрению вызван необходимостью постановки задачи экологического районирования с целью выявления взаимных связей элементов различного происхождения. Привлекательность аппарата системных исследований заключается в его интегральной направленности, связывающей исследовательские функции и организационно-управленческие решения. Рассмотрение задачи районирования с системных позиций позволяет целенаправленно подойти к вопросу о методах анализа экологических факторов и провести системное моделирование на основе агрегативного подхода Бусленко /2/. Основными моментами этого подхода являются сведение задачи к одной из известных форм математической модели и применение типовых методов обработки на основе стандартного математического обеспечения.

Учитывая вышеизложенное и основные выводы работы /7/, сведем задачу районирования акватории к задаче многомерной классификации, которая в общей постановке формулируется следующим образом: экспедиционные данные за многолетний период наблюдений некоторой группы морских станций рассматриваются как генеральная совокупность. Требуется определить, можно ли рассматривать выбранную совокупность как однородную, и если нет, то выявить группировку наблюдений, обеспечивающую однородность внутри групп по выбранному критерию качества разбиения. Такая группировка определяет положение границ между станциями и послужит основой для районирования исследуемой акватории. Подобные вопросы рассматривались в работах /3,5/.

При анализе результатов разбиения исходной совокупности станций на группы (классы, таксоны) число последних обычно неизвестно и поэтому можно лишь следить за устойчивостью структуры классов при монотонном изменении порога критерия качества разбиения. Добавим, что использование различных алгоритмов в методе многомерной классификации позволяет задавать "центры", вокруг которых будут группироваться станции по различным критериям однородности океанографической инфор-

мации. Такой подход дает также возможность проводить отбор наиболее информативного сочетания элементов, характерных для рассматриваемого района. В основе этого отбора лежит идея об устойчивости структуры таксонов. Так, если некоторое сочетание гидрохимических показателей действительно отражает особенности исследуемой акватории, то должны выделяться устойчивые группы станций для различных районов моря. В этом случае, вероятно, одна и та же акватория может быть разбита по-разному, в зависимости от комбинации гидрохимических показателей. Однако устойчивость групп проявится только в определенном сочетании гидрохимических показателей. Для одной и той же акватории превалирование в разное время различных определяющих качества вод факторов может выявить другие однородные группы.

В настоящее время классификацию проводят на основе факторного, дисперсионного, компонентного и таксономического анализа, а также с использованием методов распознавания образов и раскраски графов /1,6/. Отметим, что ряд подпрограмм многомерной классификации, реализованных на языке Фортран-IV для ЕС ЭВМ /4/, могут служить хорошей основой для математического обеспечения экологического мониторинга.

3. В качестве одного из примеров, иллюстрирующего возможности предложенного подхода к районированию морской акватории, приведем результаты многомерной классификации, исходными данными для которой послужили материалы экспедиционных наблюдений СО ГОИН на 7-ми станциях Каркинитского залива (рис.1). Наблюдения проводились в период 1978-1980 гг. в поверхностном полуметровом слое за следующими параметрами: соленостью, температурой морской воды, растворенным кислородом, фосфатами и нитритами. Используются также данные о концентрациях нефтяных углеводородов как биологически активных веществ.

Результаты многомерного классификационного анализа, проведенного на основе стандартных подпрограмм математического обеспечения ЕС ЭВМ, с использованием методов таксономии и дисперсионного критерия, выявили однородность прибрежных станций, находящихся вблизи городов - Скадовск, Хорлы и Красноперекоск (рис.1). Разбивка на классы прово-

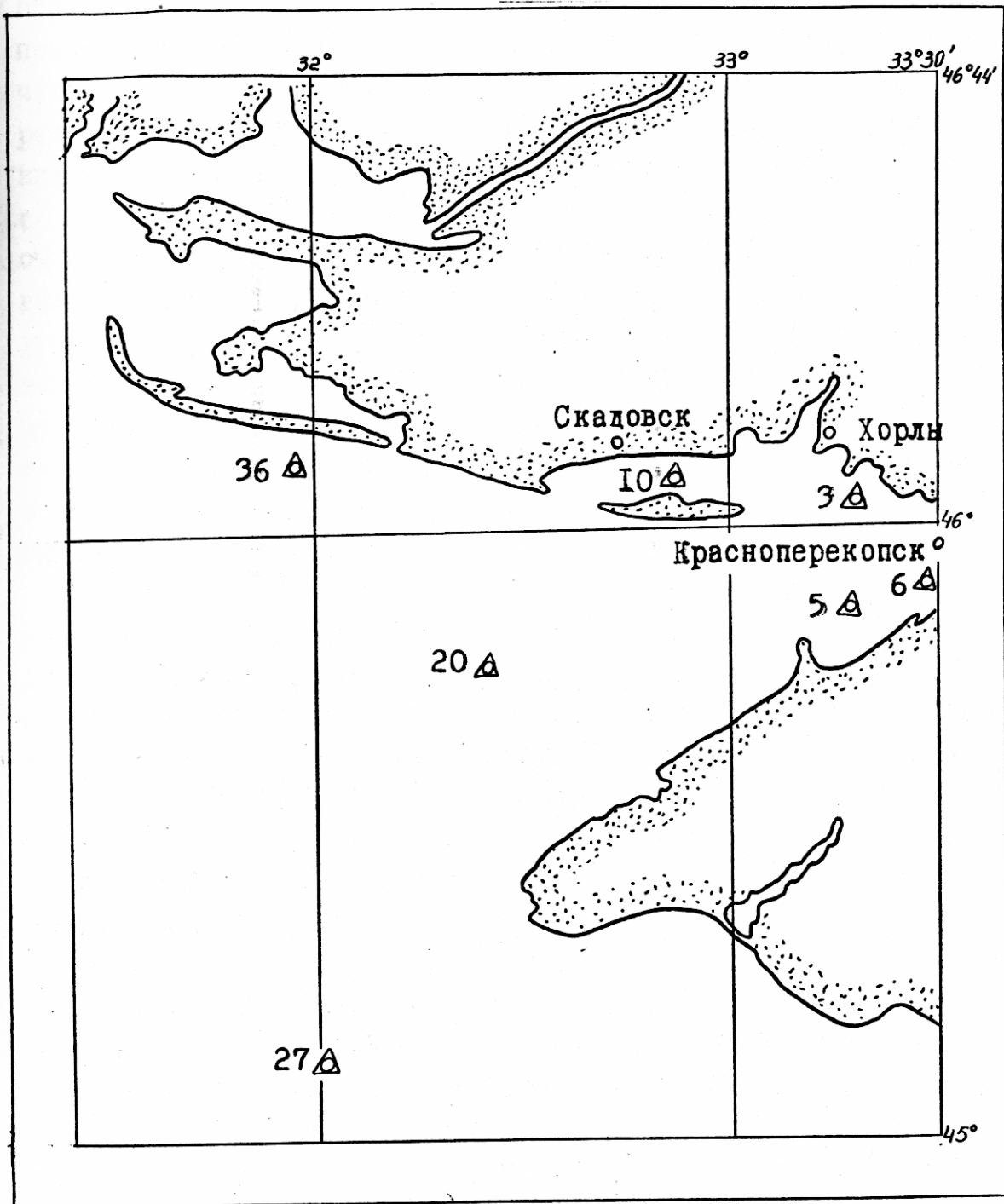


Рис. I Схема расположения станций в Каркинитском заливе.

27Δ - обозначение станции.

дилась при медленном уменьшении радиуса гиперсферы в подпрограмме FOREL 1 и постоянном увеличении числа классов в подпрограмме VARMIN /4/. После значительного перебора сочетаний входных параметров выявлена следующая наиболее интересная комбинация гидрохимических показателей - pH, содержания кислорода и фосфатов. В этом случае в таксон группируются станции 3, 6, 10, находящиеся в непосредственной близости от промышленных городов. Расширение исходной матрицы за счет включения гидрохимического показателя - содержание нефтяных углеводородов - приводит к уменьшению тесноты связи в этом таксоне, а введение любого из параметров подключает к таксону станцию 20, расположенную на выходе из Каркинитского залива. Отметим, что выявленная однородность станций дает основание характеризовать этот район только тремя отобранными гидрохимическими показателями.

4. Следующей иллюстрацией применимости метода многомерной классификации является анализ результатов экспедиции по идентификации бентосных организмов, проведенной в северо-западной части Крымского побережья в августе 1981 г. Исследованный район занимает пространство, ограниченное прямоугольником площадью 1 км^2 , центр которого располагается на расстоянии 0,5 км от берега. Сброс грунта в этом районе проводился с 1976 по 1984 год. Пробы бентоса отбирались аквалангистами путем среза поверхности морского грунта как с водорослями, так и без них с 1 м^2 на 8-ми участках (станциях) дна. Глубины в местах отбора бентоса составляли 3-18 метров (рис.2). Характеристика биотопа на станциях приведена в табл.1, из которой следует, что в бентосных сборах должны присутствовать как водорослевые, так и виды зообентоса, обитающие на песчаннике и иле. Обработанный согласно рекомендованной методике /8/ экспедиционный материал содержал результаты определений 128 видов бентоса, численность которых колебалась от единиц до нескольких сотен экземпляров; данные о видах-доминантах, выявленных для каждой станции, приведены в табл.2.

В результате таксономического разбиения станций района дампинга на основе стандартной подпрограммы FOREL 1 /4/ по признаку количественного состава зообентоса выявлены

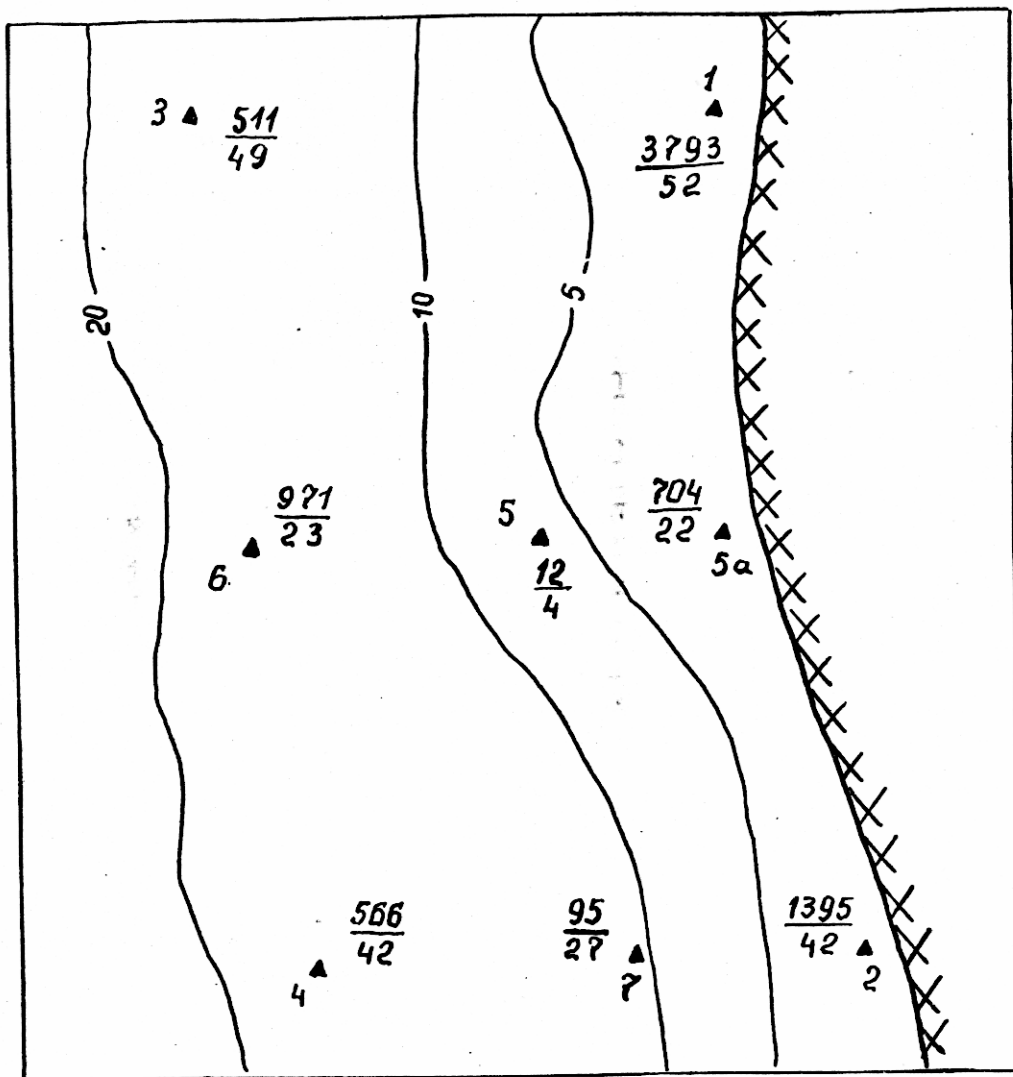


Рис.2 Общая численность и видовое разнообразие района дампинга, авг. 1981г.

$\frac{566}{42}$ -общая численность бентосных организмов

42 -количество видов

4 ▲ -обозначение станции

Табл.1. Характеристика биотопов района дампинга

Номера станций	Глубина, м	Субстрат
1	3,0	песок, куртинки цистозир
2	4,0	песок, заросли цистозир
3	13,5	песок, филофора, цистозира
4	14,5	ил, обрывки цистозир
5	12,0	песок
6	12,0	песок, ил
7	12,0	песок, ил, обрывки филофор
8	3,0	песок, цистозира, филофора

Табл.2. Виды-доминанты района дампинга, август 1981 года

Номера станций	Виды-доминанты
1	Mytillus galloprovincialis Apherusa bispinosa Dexamine spinosa
2	Mytilus galloprovincialis Dexamine spinosa Stenothoe monoculoides
3	Mytillus galloprovincialis Dexamine spinosa Apherusa bispinosa
4	Lucinella divaricata Chamelea gallina Abra nitida milashewishi

Номера станций	:	Виды-доминанты
5	:	Chamelea gallina Diogenes pugilator Spisula subtruncata
6	:	Chamelea gallina Lucinella divaricata Spisula subtruncata
7	:	Mytillus galloprovincialis Spirorbis militaris Ostrea lamellosa
8	:	Mytillus galloprovincialis Bittium reticulatum Tricolliia pulla

станции с присущими им особенностями.

Наибольшей неоднородностью обладает станция № 8, выделяемая первой из общей группы; преобладающим субстратом на ней является цистозира. Следующей, отделившейся от основной группы, явилась станция № 6, которая характеризуется обилием видов и их численности на таком довольно простом субстрате как ракушечник. Отмечено, что при равном количестве видов на станциях № 6 и № 8 (22 и 23 вида соответственно), общих оказалось только три. Здесь присутствуют два разных биоценоза, присущих водорослевому и песчаному субстратам. Станция № I, характеризующаяся наибольшей численностью и видовым разнообразием, была выделена из общей группы станций, как результат дальнейшего монотонного уменьшения радиуса гиперсферы. Оставшиеся станции образовали наиболее однородную группу.

Таким образом, приведенный классификационный анализ позволил выявить станции с наиболее однородным видовым разнообразием обследованного зообентоса.

5. Необходимость описания поведения неброуновской примеси в морской среде с учетом изменения ее физико-химических свойств, является одной из актуальных задач в системе экологического мониторинга, которая требует совместного решения уравнений динамики гидросферы и распространения примеси. Подобные задачи возникают при рассмотрении процесса переноса эмульгированных нефтяных частиц при дроблении slickов поверхностными волнами и последующем осаждении частиц на дно в результате сорбции минеральной взвеси, а также при изучении влияния антропогенного воздействия на биоту и физико-химическую природу донных отложений сброса грунтов.

Приводится расчет переноса морскими течениями пассивной, неброуновской примеси: газовых пузырьков, капелек нефти и частиц грунта. Описание совместного движения дисперсных частиц исследуется при помощи различных физических моделей /9/. В общей постановке задача характеризуется наличием ряда взаимодействующих систем, занимающих одно и то же пространство, причем каждая из них может иметь собственные линии тока. Упрощением указанного подхода является использование данных о гидродинамическом взаимодействии одиночных

частиц с вязким потоком. Результаты, полученные для одной частицы, переносятся на их множество (фракции). При этом за исходное принимается уравнение движения частиц в форме Бассе-Буссинеска-Осеена при ряде допущений, основными из которых являются следующие: размеры диспергированных частиц меньше внутреннего масштаба турбулентности, поэтому их движение подчиняется закону Стокса; отсутствует стесненное движение частиц; турбулентный поток может быть представлен в виде двух составляющих: средней и пульсационной скорости; мелкомасштабная турбулентность считается однородной в пространстве и неизменной во времени. Вклад крупномасштабной турбулентности, влияние внутренних и поверхностных волн на процессы переноса не учитываются. Один из наиболее простых методов решения рассматриваемой задачи состоит в сведении ее к двум другим – определения средней траектории движения частиц и описания раскрытия факела за счет диффузии частиц. В этом случае задача переноса примеси принимает следующий вид:

$$\frac{dV_{ij}}{dt} = - \frac{\lambda_{ij}}{m_j} (V_{ij} - u) + \frac{\Delta \rho_j g \kappa}{\rho_j},$$

$$\frac{dr_{ij}}{dt} = V_{ij}, \quad j = \overline{1, N}, \quad i = (x, y, z),$$

где j – индекс, указывающий на принадлежность частицы к j -ой фракции.

$$V_{ij} = (V_{xj}, V_{yj}, V_{zj}); \quad u = (u_x, u_y, u_z); \quad r_{ij} = (x_j, y_j, z_j);$$

$$\lambda_{ij} = (\lambda_{xj}, \lambda_{yj}, \lambda_{zj}); \quad \kappa = (0, 0, 1).$$

- V_{ij} - вектор скорости частицы фракции;
 t - время;
 m_j - масса частицы j -ой фракции;
 x_j, y_j, z_j - координаты частицы j -ой фракции;
 λ_{ij} - коэффициенты лобового сопротивления частицы j -ой фракции;
 в общем случае :

$$\lambda_{ij} = \Psi (V_{ij}, t) ;$$

- u_i - средние скорости турбулентного потока;
 $\Delta \rho = \rho_b - \rho_j$, где ρ_b - плотность морской воды;
 ρ_j - плотность частицы j -ой фракции;
 g - ускорение силы тяжести;
 K - символы Кронекера.

Турбулентное рассеяние частиц относительно средней линии движения описывается среднеквадратичным смещением, которое определяется уравнением Тейлора / 9 / :

$$\langle x_p^2 \rangle = 2 \langle u_p^2 \rangle \int_0^t (t-\tau) R_p(\tau) d\tau ,$$

- где R_p - коэффициент автокорреляции Лагранжа между двумя значениями скорости частицы в поле с однородной мелкомасштабной турбулентностью;
 $\langle u_p^2 \rangle$ - среднеквадратичная скорость частицы;
 t - время нахождения частицы в турбулентном потоке;
 τ - параметр интегрирования.

Согласно / 9 / лагранжев коэффициент автокорреляции является косинус - фурье преобразованием спектра скорости воды $f(\omega)$:

$$R_p(\tau) = \frac{\langle u^2 \rangle}{\langle u_p^2 \rangle} \int_0^\infty (\Omega_1/\Omega_2) f(\omega) \cos \omega \tau d\omega,$$

где $\langle u_p^2 \rangle = \langle u^2 \rangle \int_0^\infty (\Omega_1/\Omega_2) f(\omega) d\omega$.

Здесь $\langle u^2 \rangle$ - среднеквадратичная скорость жидкости;
 ω - угловая частота;

$$\Omega_1 = \gamma^2 + \sqrt{6} \gamma^{3/2} + 3\gamma + \sqrt{6} \gamma^{1/2} + 1;$$

$$\Omega_2 = \frac{1}{\beta^2} \gamma^2 + \frac{\sqrt{6}}{\beta} \gamma^{3/2} + 3\gamma + \sqrt{6} \gamma^{1/2} + 1;$$

$$\gamma = \frac{\omega^2}{2}; \quad \alpha = 3\nu/R^2; \quad \beta = 3\rho/(2\rho_j - \rho_b),$$

где ν - коэффициент кинематической вязкости морской воды;

ρ_j, ρ_b - плотность j -ой частицы и воды соответственно.

Таким образом, если задана турбулентность в морской среде, то известна и дисперсия координат частиц в пространстве в любой момент времени.

Нами проведен численный эксперимент, моделирующий процесс переноса частиц различной плотности и размеров морским течением в шельфовой зоне моря. Для построения модельных

течений выбран метод расчета сгонно-нагонных течений, предложенный в работах / 10 /. Разработанный комплекс подпрограмм на языке Фортран-IV позволяет рассчитывать все три составляющих скорости течения, функцию тока в плоскости, перпендикулярной береговой линии и траекторию движения частиц различных размеров.

Следует подчеркнуть, что разработанный комплекс вычислительных программ может быть использован для районирования и прогноза распространения загрязняющих веществ в толще морской среды. При этом алгоритмы программ могут служить основой математического обеспечения мониторинга антропогенных загрязнений для получения: гидродинамических характеристик загрязняющих веществ и выработки рекомендаций по выбору места и количества измерительных комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян С.А., Бежаева З.И., Староверов О.В. Классификация многомерных наблюдений.- М.: Статистика, 1974 - 240 с.
2. Калашников В.В. Моделирование и анализ систем на базе агрегативного подхода Н.П.Бусленко.- В сб.: Философско-методологические основания системных исследований. М.: Наука, 1983, с.240-248.
3. Лопатухин Л.И., Рожков В.А., Румянцева С.А. Применение методов объективной классификации для районирования морей и океанов по вероятностным характеристикам ветра и волн.- Сб.: Вероятностный анализ и моделирование океанологических процессов. Л.: Гидрометеиздат, 1984, с.79-104.
4. Математическое обеспечение ЕС ЭВМ-Минск: Институт математики АН БССР, вып.10, 1983, с.139-150; вып.16, 1981, с.60-103; вып.24, 1980, с.85-101; вып.29, 1981, с.9-19.
5. Никифоров А.М., Владимирский Б.М., Павелко В.Л. и др. Структура гидрохимических полей и краткосрочный прогноз.- В сб.: Математическое моделирование водных экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1981, с137-155.

6. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях.- М.: Наука, 1982. - с.287.
7. Родионов А.А. Статистические решения в геологии.- М.: Недра, 1981.- 260 с.
8. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений.- Л.: Гидрометеиздат, 1980, с.150-164.
9. Соу С. Гидродинамика многофазных систем.- М.: Мир, 1971, - 256 с.
10. Рекомендации по расчету течений шельфовой зоны морей.- М.: ГОИН, 1979, с.78-101.

печатать

Цена

1-50

Зак.

Производственно-издательский комбинат ВИНТИ

Люберцы, Октябрьский пр., 403