

УДК 597.2/. 5(267.37)

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ АРАВИЙСКОГО МОРЯ

Л. Г. Манило

Национальный научно-природоведческий музей НАН Украины
ул. Б. Хмельницкого, 15, Киев, 01030 Украина

Получено 23 июня 2005

Вертикальная зональность прибрежной части Аравийского моря. Манило Л. Г. — Исследовали закономерности распределения икhtiофауны в прибрежной зоне Аравийского моря по вертикали до глубины 500 м. В качестве основных критериев принимались количественный и качественный показатели изменчивости видового состава в зависимости от глубины. Для бентопелагических рыб, на основании степени сходства видового состава разных глубин (коэффициент сходства Чекановского-Съёренсена) выделены три икhtiоценоза — сублиторальный, элиторальный и верхнебатиальный. Выявлены переходные зоны. Для пелагических рыб выделены неритический эпипелагический и мезопелагический икhtiоценозы.

Ключевые слова: икhtiофауна, икhtiоценозы, комплексы, видовое богатство, коэффициент сходства, бентопелагические рыбы, пелагические рыбы.

Vertical Zone of the Coastal Part of the Arabian Sea. Manilo L. G. — The regularities distribution of ichthyofauna in coastal part of the Arabian Sea on a vertical up to depth 500 m were investigated. As the basic criteria the quantitative and qualitative parameters variability of species composition in depending on depth accounted. For benthopelagic fishes, on the ground of a degree of resemblance of species composition different depths (coefficient of similarity Chekanovsky-Serensen) are distinguished three ichthyocoenoses — sublittoral, eulittoral and upper bathyal. The transitional zones are detected. For pelagic fishes are distinguished two ichthyocoenoses — neritic epipelagic and mesopelagic.

Key words: ichthyofauna, ichthyocoenoses, complexes, species richness, coefficient of similarity, benthopelagic fishes, pelagic fishes.

Введение

Изучение естественных группировок рыб (икhtiоценозов, комплексов, сообществ и др.) приобрело особое значение в конце 50-х — начале 60-х годов в связи с развитием промышленного рыболовства в тропических районах океана, отличающихся исключительным разнообразием икhtiофауны (Зуев, Болтачев, 2000; Зуев, 2001). Сведения о закономерностях вертикального распределения рыб в шельфовой зоне необходимы для познания пространственной структуры икhtiофауны и сообществ в целом, а также для рациональной организации многовидового рыбного промысла (Борец, 1989).

Первые попытки выяснить закономерности вертикального распределения жизни в море были сделаны еще в XIX веке Э. Форбсом (Forbes, 1859). Л. А. Зенкевич (1948) считал вертикальную биологическую зональность в океане одним из главных проявлений его биологической структуры. Основные черты вертикальной зональности донной и придонной фауны едины для всего океана, но её конкретные проявления и, в частности, положение границ между зонами в разных районах и на разных широтах различны и определяются конкретными условиями существования. Различия в населении разных глубин в отдельных районах океана нашли отражение в многочисленных схемах вертикальной биологической зональности океана (Беляев и др., 1959; Зенкевич, 1963; Андрияшев, 1974; Зезина, 1976; Виноградова, 1977; Парин, 1988). Для многих групп животных показано неравномерное и скачкообразное изменение видового состава, происходящее на определенных глубинах. Это свидетельствует о том, что на этих глубинах многие виды, распространённые в вышележащих горизонтах, имеют нижний предел своего распространения, а виды, живущие глубже — верхний предел. Это явление не характерно для всей фауны. Существуют группы животных, в которых при смене глубин наблюдается постепенный и плавный переход от одного набора видов к другому. Но в целом, смена видового состава населения на отдельных горизонтах более интенсивна, чем выше и ниже этих горизонтов. При этом, на тех же глубинах во многих группах животных происходит

увеличение общего числа видов за счет более глубоководных форм, впервые появляющихся здесь. В других случаях это не проявляется, и хотя смена видов происходит, кривая изменения общего их числа по мере увеличения глубины имеет плавный характер (Виноградова, 1977).

Материал и методы

Сведения по вертикальному распределению рыб северо-западной части Индийского океана весьма немногочисленны и фрагментарны, поскольку видовые описания нередко приводятся без указаний глубины лова. Поэтому, для получения более полной картины батиметрического распределения прибрежной ихтиофауны Аравийского моря, в некоторых случаях использованы данные о находках отдельных видов и в других районах Индийского и Тихого океанов. Необходимо отметить, что имеющиеся сведения часто относятся к предельным глубинам поимок особей того или иного вида, поэтому зона вертикального распространения вида оказывается больше глубин обитания основной массы особей, а зоны контакта ихтиоценов, т. е. переходные зоны, могут занимать значительный диапазон глубин.

В основу работы положены коллекционные сборы научно-исследовательских и поисковых экспедиций, проводившихся в акватории Аравийского моря ЮгНИРО (АзЧерНИРО) на судах «Наука» — 2-й рейс (1967 г.), 4-й рейс (1969 г.), 10-й рейс (1974 г.), 12-й рейс (1976 г.), «Фиолент» — 7-й рейс (1977 г.), 17-й рейс (1983 г.), «Дмитрий Стефанов» — 5-й рейс (1990 г.), Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН на НИС «Витязь» — 17-й рейс (1988–89 гг.), на НИС НАН Украины «Академик Вернадский» — 4-й рейс (1971 г.), 24-й рейс (1981 г.), 33-й рейс (1986 г.), 42-й рейс (1991 г.). Также частично обработан материал, хранящийся в фондах Зоологического музея Гамбургского университета Германии (сборы НИС «Метеор» — 1964–65 гг.), Зоологического института РАН (Санкт-Петербург), Зоомузея МГУ (Москва). Обработка этих материалов, а также анализ многочисленных литературных источников, позволили составить список прибрежной ихтиофауны Аравийского моря в виде базы данных «Microsoft Access». Графики и рисунки выполнялись на ПК типа Pentium 150 с использованием программ «Microsoft Excell», «Corel Draw».

Акватория Аравийского моря нами рассматривается в границах между берегами западного Индостана от м. Коморин (южная точка Индии), Аравии (включая Аденский залив) и восточным побережьем Сомали (включая архипелаг о. Сокотра) до границы с Кенией.

Анализ закономерностей распределения ихтиофауны в прибрежной зоне по вертикали проводился с использованием в качестве основных критериев количественного и качественного показателей изменчивости видового состава в зависимости от глубины. Шельфовая зона и верхняя часть материкового склона Аравийского моря, а также пелагиаль над ними до 500 м, были разделены на отрезки глубин по 25 м. Для оценки степени сходства видовой структуры разных диапазонов вычисляли попарные коэффициенты сходства Чекановского-Съеренсена (Песенко, 1982) по формуле:

$$K_{cs} = 2a / (a+b) + (a+c),$$

где K_{cs} — коэффициент Чекановского-Съеренсена; a — число видов, присутствующих в обоих списках (общих видов); b — число видов, имеющих только в i -м списке; c — число видов, принадлежащих только k -му списку. Далее рассчитывались дистанции по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1 - K_{cs}}{K_{cs}}},$$

где D — дистанция.

Преобразование матриц дистанций осуществляли с использованием метода неметрического многомерного шкалирования, позволяющего представить расположение сравниваемых объектов в N -мерном пространстве. С целью графического представления структуры сходства чаще всего используются различные методы кластерного анализа, а в последнее время все большее применение находят методы многомерного шкалирования (Дэйвисон, 1988). В настоящей работе кластеризацию осуществляли по методу Уорда, преимущество которого доказано специальными исследованиями (Мандель, 1988). Фактор 1 является обобщенным показателем сходства-различия в видовом составе рыб между глубинами от поверхности до 100 м, а фактор 2 характеризует различия в видовом составе от 101 до 500 м. При анализе структуры сходства по видовому составу пелагических рыб различных горизонтов (рис. 3), фактор 2 кроме этого, отражает различия в видовом составе рыб между глубинами 0–50 м, 51–300 м и 301–500 м. Расчеты по батиметрическому распределению рыб выполнены с использованием статистической программы «Statistica 5,5».

Все виды рыб, обитающие в прибрежной зоне Аравийского моря, с учетом их образа жизни и связи с дном во взрослом состоянии, были разделены согласно классическим представлениям на донных (включая зарывающихся в грунт), придонных, придонно-пелагических и пелагических. Деление рыб на донных и придонных может быть весьма условным, так как обе группы имеют непосредственное соприкосновение с дном в процессе добывания пищи, поиска убежищ, размножения. Н. В. Парин и соавторы (1990) при исследовании питания рыб на подводных хребтах, ввели термин «наддонные рыбы», однако при определенных условиях выделение той или иной

группы, а также отнесение к ней какого-либо вида рыб могут носить субъективный характер, т. к. есть виды, которых в равной степени можно отнести и к донным, и к придонным, например, виды родов *Saurida*, *Trachinocephalus* сем. *Synodontidae* и др.

Результаты и обсуждение

Прибрежная ихтиофауна Аравийского моря представляет собой типичный тропический комплекс, для которого характерно чрезвычайное многообразие видового состава. По оригинальным и литературным данным, до глубины 500 м здесь отмечены 39 отрядов и 198 семейств, представленные 720 родами и 1769 видами. К бентопелагическим рыбам (донные, придонные и придонно-пелагические) относится 1599 видов (90,4 %), к пелагическим — 170 видов (9,6 %). Для 35 бентопелагических и 6 пелагических видов глубины обитания не установлены.

Видовое богатство рыб на разных глубинах варьирует в широких пределах, но с увеличением глубины наблюдается общая тенденция падения его разнообразия. Подавляющее большинство бентопелагических (1207 или 76,9 %) и пелагических (161 или 94,7 %) видов встречается на глубинах до 25 м. С увеличением глубины до 100 и 200 м видовой состав бентопелагических рыб резко уменьшается, составляя соответственно 402 (25,6 %) и 203 вида (12,9 %), а число пелагических видов снижается до 40 (23,5 %) и 26 (15,3 %) видов. На глубине от 476 до 500 м обитают только 95 бентопелагических (6,1 %) и 8 пелагических (4,7 %) видов. (рис. 1).

В Аравийском море в пределах исследованных нами глубин от поверхности до 500 м для бентопелагических рыб можно выделить пять группировок, приуроченных к глубинам 0–50 м, 51–100 м, 101–200 м, 201–300 м и 301–500 м (рис. 2). При анализе структуры сходства видового состава рыб на различных горизонтах, были выделены не только границы ихтиоценов, но в отдельных случаях мы получили возможность установления переходных зон или зон «смешения» фаун контактирующих ихтиоценов.

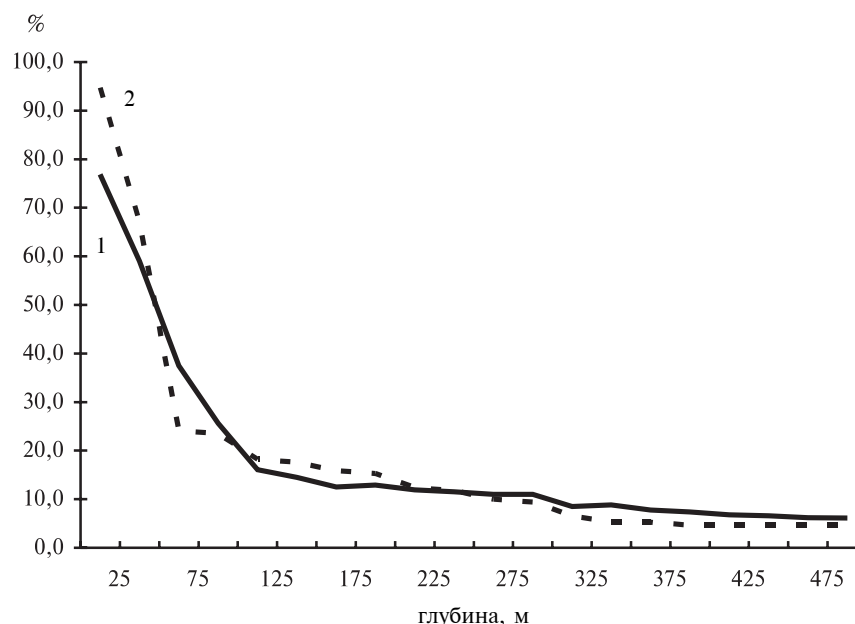


Рис. 1. Батиметрическое распределение бентопелагических (1) и пелагических (2) видов рыб прибрежной части Аравийского моря.

Fig. 1. The bathymetric distribution of benthopelagic (1) and pelagic (2) fish species of the coastal part of the Arabian Sea.

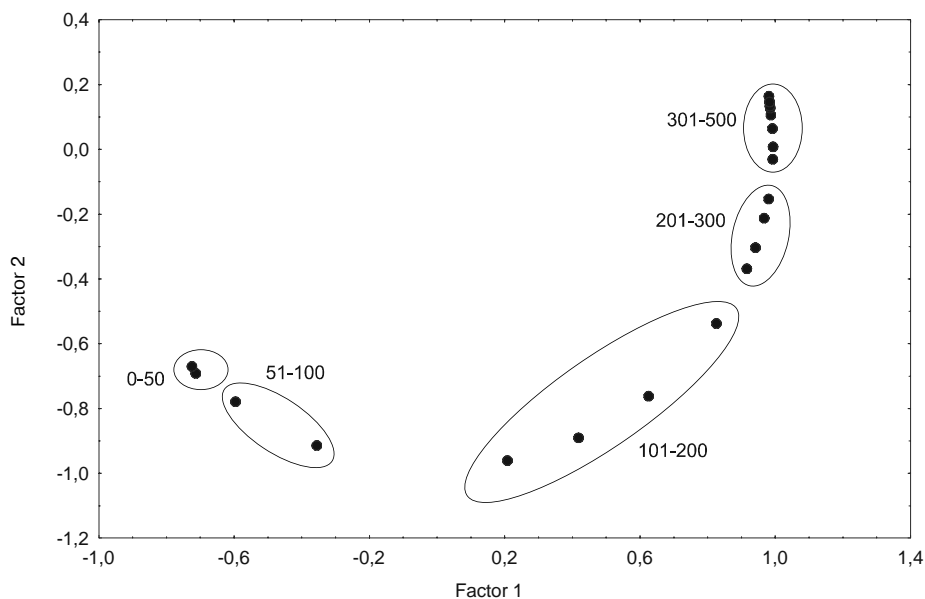


Рис. 2. Факторный анализ структуры сходства различных горизонтов по видовому составу бентопелагических рыб.

Fig. 2. Factor analysis of resemblance structure of diverse horizons by species composition of benthopelagic fishes.

Степень сходства состава бентопелагических рыб, населяющего глубины 0–25 м и 26–50 м весьма высока ($K_{cs}=0,757$). Примерно такой же уровень сходства наблюдается и между рыбами, обитающими на горизонтах 51–75 м и 76–100 м ($K_{cs}=0,752$), в то время как коэффициент сходства видового разнообразия рыб на глубинах 0–50 и 51–100 м значительно ниже вышеуказанных и составляет 0,551. Рассматривая группировку рыб, приуроченную к глубинам от 101 до 200 м, можно отметить, что показатели сходства внутри её варьируют в незначительных пределах от 0,877 до 0,913. Степень сходства видового состава между этой группой рыб и предыдущей, обитающей на 76–100 м, гораздо ниже (0,512), что свидетельствует о существенном различии в составе этих ихтиоценов. Уровень сходства между группировками рыб, населяющих горизонты от 221 до 300 м, изменяются в узком промежутке (0,863–0,936). Коэффициент сходства видового состава рыб, обитающих в этом диапазоне и вышеуказанном (101–200 м) гораздо ниже, чем внутри этих группировок и составляет 0,681. На глубинах ниже отметки 300 м, видовой состав бентопелагических рыб практически одинаков. Внутри этой группировки коэффициенты сходства видового состава очень высоки (0,924–0,969), в то время как между этой и предыдущей (201–300 м) — гораздо ниже ($K_{cs} = 0,696$) (рис. 2).

Таким образом, можно заключить, что бентопелагические рыбы, населяющие глубины до 50 м, образуют сублиторальный ихтиоцен. Глубины от 51 до 100 м являются переходной зоной от сублиторального к элиторальному ихтиоцену, приуроченному к глубинам 101–200 м. По нашему мнению, зона контакта между элиторальным и верхнебатиальным (глубже 300 м) ихтиоценом выражена не достаточно чётко и располагается в довольно широком диапазоне глубин от 201 до 300 м.

Сходные результаты ранее были получены для донных рыб Берингова моря В. В. Фёдоровым (1978), который разделил донную шельфовую ихтиофауну на два ихтиоцена: сублиторальный, с диапазоном глубин обитания от приливно-

отливной зоны до 50–100 м, и элиторальный, с глубинами от 100 до 200 м, а полуглубоководных рыб, обитающих в придонных водах верхних отделов материкового склона на глубинах 200–500 м, выделил в верхнебатиальный ихтиоцен. Позднее, В. П. Форошук (1990) применил в своей работе по камбалообразным рыбам северо-западной части Индийского океана его схему, однако не использовал метод кластерного анализа, приняв как аксиому границы зон, указанные в работе В. В. Федорова. Применение же этого метода дают возможность установления более точной вертикальной зональности шельфа и склона.

Наши исследования показывают, что пелагические рыбы, в отличие от бентопелагических, в пределах глубин 0–500 м образуют не пять, а четыре группировки, приуроченные к глубинам 0–50 м, 51–100 м, 101–300 м и 301–500 м (рис. 3). Степень сходства видового состава рыб, населяющих горизонты 0–25 м и 26–50 м достаточно велика ($K_{cs}=0,829$). Значения этого показателя для рыб, обитающих на глубинах 0–50 и 51–100 м, гораздо ниже и составляет 0,386. Коэффициент сходства видового состава рыб горизонтов 51–100 м и 101–300 м (0,853) близок по значению к внутренним коэффициентам в группе, обитающей от 101 до 300 м (0,894–0,984), вследствие чего невозможно обозначить горизонт 51–100 м как переходную зону, и поэтому она отнесена к более глубоководной группировке, обитающей до глубины 300 м. Состав ихтиофауны глубже 300 м практически однороден, здесь коэффициенты сходства везде одинаковы и равны 1,0. Степень сходства между глубинами 51–300 м и 301–500 м низка и составляет 0,523, что позволяет выделить группу рыб, обитающих на глубинах свыше 300 м. Переходной зоны в этом случае данными методами не выявлено.

В соответствии с классификацией пелагиали Н. В. Парина (1988), нами обозначены следующие ихтиоцены прибрежной зоны Аравийского моря: неритический эпипелагический, приуроченный к глубинам 0–300 м и мезопелагический от 301 м и глубже. Первый из них в свою очередь подразделяется на

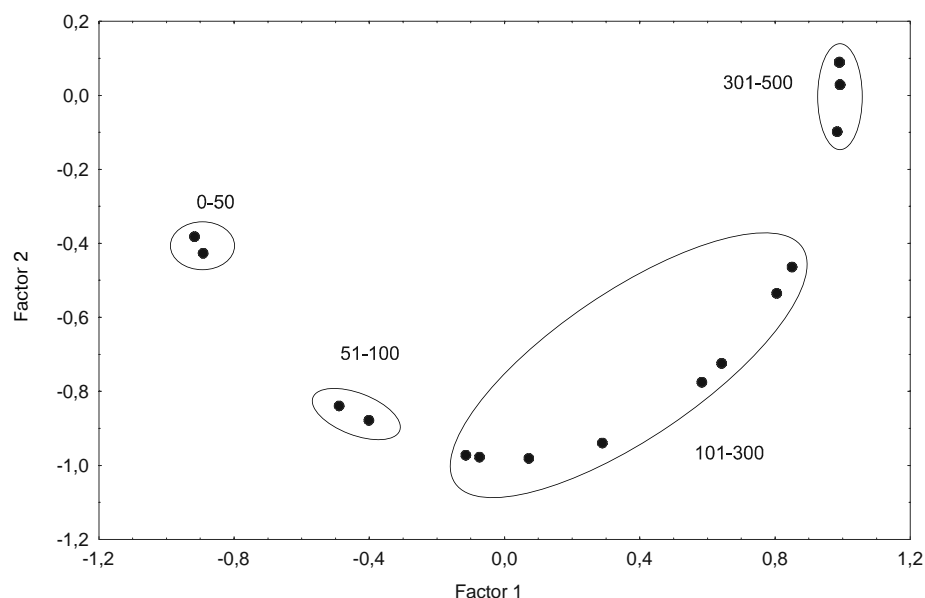


Рис. 3. Факторный анализ структуры сходства различных горизонтов по видовому составу пелагических рыб.

Fig. 3. Factor analysis of resemblance structure of diverse horizons by species composition of pelagic fishes.

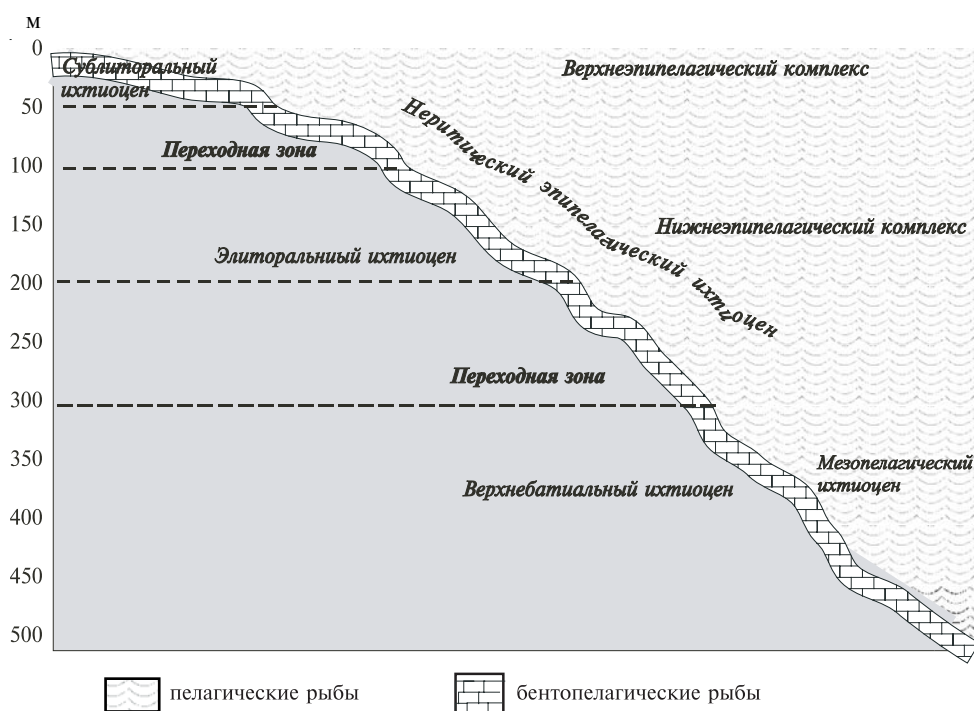


Рис. 4. Схема вертикальной зональности и иктиоцены прибрежной части Аравийского моря.
Fig. 4. Scheme of vertical zone and ichthyocens of the coastal part of the Arabian Sea.

комплексы верхне- и нижеэпипелагических рыб, с глубинами обитания соответственно 0–50 м и 51–300 м.

Схема вертикальной зональности прибрежной зоны Аравийского моря представлена на рис. 4.

Ранее нами (Манило, 2001) рассматривался вопрос вертикальной зональности прибрежной зоны Аравийского моря, но при расчетах были выбраны отрезки глубин в 50 м, в связи с чем общая картина несколько отличалась от приведенной в настоящем сообщении. В частности, для бентопелагических рыб переходная зона между элиторальным и верхнебатиальным иктиоценозами располагалась в более узком промежутке глубин (250–300 м), все остальные показатели соответствовали изложенным выше.

Считаю своим долгом выразить искреннюю признательность В. Н. Пескову (Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена НАН Украины) за помощь в математической обработке материала, а также Ю. В. Мовчану (Зоомузей ННПМ НАН Украины) за критические замечания при просмотре рукописи статьи.

Выводы

По сходству видового состава рыб в прибрежных водах Аравийского моря до глубины 500 м выделены иктиоцены со следующими границами.

Бентопелагические рыбы, населяющие глубины до 50 м, образуют sublittoralный иктиоцен. Глубины от 51 до 100 м являются переходной зоной от sublittoralного к элиторальному иктиоцену, приуроченному к глубинам 101–200 м. Зона контакта между элиторальным и верхнебатиальным (глубже 300 м) иктиоценозами не выражена достаточно четко и располагается в довольно широком диапазоне глубин от 201 до 300 м.

Пелагические рыбы прибрежной зоны Аравийского моря образуют следующие ихтиоцены: неритический эпипелагический, приуроченный к глубинам 0–300 м и мезопелагический от 301 м и глубже. Неритический эпипелагический ихтиоцен, в свою очередь, подразделяется на комплексы верхнеэпипелагических и нижнеэпипелагических рыб, с глубинами обитания соответственно 0–50 м и 51–300 м.

- Андряшев А. П.* Некоторые добавления к системе вертикальной зональности морской донной фауны // Гидробиология и биогеография шельфов Мирового океана: Тез. докл. — Л.: Наука, — 1974. — С. 6–7.
- Беляев Г. М., Бириштейн Я. А., Богоров В. Г и др.* О схеме вертикальной биологической зональности океана // Докл. АН СССР. — 1959. — 129, № 3. — С. 658–661.
- Борец Л. А.* Закономерности вертикального распределения донных рыб в летний период на западнокамчатском шельфе // Вопр. ихтиологии. — 1989. — 29. вып. 3. — С. 370–376.
- Виноградова Н. Г.* Фауна шельфа, материкового склона и абиссали // Океанология. Биологическая структура океана. — 1977. — 1. — С. 178–198.
- Дэйвисон М.* Многомерное шкалирование: методы наглядного представления данных. — М.: Финансы и статистика, — 1988. — 254 с.
- Зезина О. Н.* Экология и распространение современных брахиопод. — М.: Наука, 1976. — 138 с.
- Зенкевич Л. А.* Биологическая структура океана // Зоол. журн. — 1948. — 27. вып. 2. — С. 113–124.
- Зенкевич Л. А.* Биология морей СССР. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 739 с.
- Зуев Г. В.* Состав и пространственная структура прибрежных сообществ рыб Западной Африки (район Гвинеи) // Гидробиол. журн. — 2001. — 37, № 3. — С. 46–58.
- Зуев Г. В., Болтачев А. Р.* Демерсальные сообщества рыб на шельфе Гвинеи (Западная Африка) // Вопр. ихтиологии. — 2000. — 40, № 3. — С. 327–334.
- Мандель И. Д.* Кластерный анализ. — М.: Финансы и статистика, 1988. — 176 с.
- Манило Л. Г.* Шельфо-неритическая ихтиофауна Аравийского моря (состав, биоразнообразие, зоогеография, рыболовство): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М.: Ин-т океанол. РАН, 2001. — 22 с.
- Парин Н. В.* Рыбы открытого океана. — М.: Наука, 1988. 272 с.
- Парин Н. В., Горелова Т. А., Бородулина О. Д.* Питание и пищевые взаимоотношения рыб, обитающих на подводных хребтах Наска и Сала-и-Гомес // Тр. Ин-та океанол. АН СССР. 1990. 125. — С. 37–57.
- Песенко Ю. А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. — М.: Наука, 1982. — 287 с.
- Фёдоров В. В.* Глубоководные рыбы Берингова моря и их происхождение: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Л.: ЛГУ, 1978. — 22 с.
- Форошук В. П.* Камбалообразные рыбы северо-западной части Индийского океана: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Л.: ЛГУ, 1990. — 14 с.
- Forbes E.* The natural history of the European seas. — London, 1859. — 180 p.