

В.С.Латун

Морской гидрофизический институт РАН, г.Севастополь

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ ПРОМЫСЛОВЫХ ЗАПАСОВ ЧЕРНОМОРСКОГО АНЧОУСА (ХАМСЫ)

Для предотвращения перелова черноморского анчоуса (хамсы) в разрабатываемой эколого-экономической модели дополнительно учтено влияние океанологических условий нерестового сезона на численность пополнения, а также изменчивость размерно-возрастной структуры выловленной хамсы на её промысловые запасы. Представлена реализованная в новой эколого-экономической модели схема функциональных зависимостей между компонентами биоценоза и факторами влияния в тёплое время года. Показана возможность использовать полученные результаты для научно обоснованного управления выловом анчоуса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *хамса (Engraulis encrasicolus ponticus), промысловые запасы, Чёрное море*

Введение. Среднегодовой суммарный вылов пелагиды и скумбрии всеми черноморскими странами в период с 1953 по 1962 гг. был равен 55,6 тыс. т, хамсы – 31,5 тыс. т. В эти годы максимальный годовой вылов пелагиды в водах Турции достигал 55,5 тыс. т, в водах СССР – 8,5 тыс. т. За год выловленные хищники съедали около 300 тыс. т хамсы, то есть пресс пелагиды и скумбрии на хамсу примерно в десять раз превосходил её промысловое изъятие. Вследствие систематического перелова пелагиды, скумбрии и крупной ставриды в указанный период времени, эти ценные виды рыб утратили своё промысловое значение и влияние на биомассу мелких пелагических рыб (рис.1). Основными промысловыми рыбами стали хамса, шпрот и мелкая ставрида.

Используя новые способы лова, турецкие рыбаки за четыре промысловых сезона (1987 – 1991 гг.) выловили более 750 тыс. т хамсы. За первые две путины из популяции была изъята основная продуктивная часть нерестового стада (около – 600 тыс. т), а промысел молоди и сеголеток хамсы вскоре стал нерентабельным. В результате антропогенного коллапса биомассы, хамса на многие годы перестала быть основной промысловой рыбой Чёрного моря [1].

Катастрофический перелов мелкой ставриды был начат в 1985 г., когда её было выловлено 141 тыс. т, из которых 100 тыс. т выловили турецкие рыбаки. Переловы продолжались, в результате чего к 1991 г. биомасса нерестового стада ставриды уменьшилась с 500 тыс. т до 45 тыс. т. В этот год ставриды было выловлено 4,7 тыс. т, что в 20 раз меньше среднего её вылова в 1985 – 1989 гг. Поскольку новейший способ вылова шпрота только начинал осваиваться, в это время его промысловый запас превысил 1 млн. т. С целью научно обоснованного управления промыслом шпрота нами предложен способ регулирования его промыслового изъятия [2, 3].

При резком уменьшении прессы промысла и хищников на хамсу, её запасы постепенно восстанавливаются. Учитывая отрицательный опыт прошлых

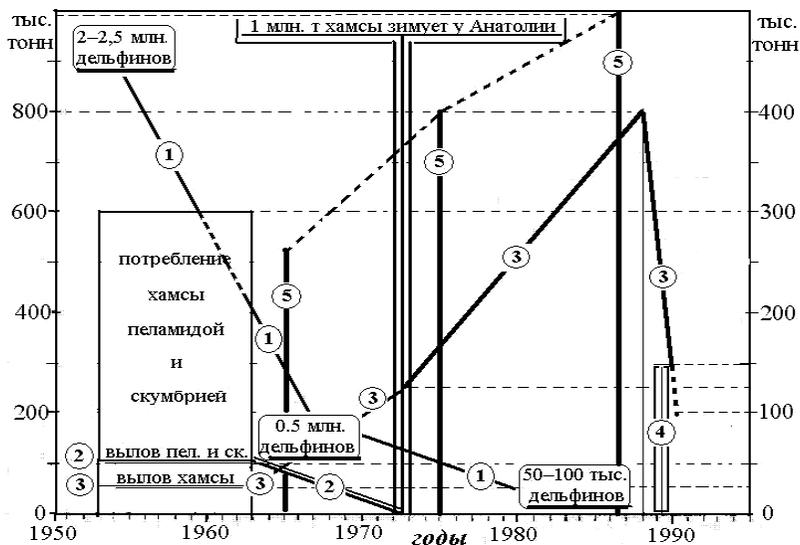


Рис. 1. Изменчивость характеристик объектов промысла: численность дельфинов (1), вылов пелагиды и скумбрии (2), вылов хамсы (3), биомасса нерестующей хамсы (4), промысловые запасы шпрота (5).

лет, для предотвращения очередного перелома хамсы в разрабатываемой модели необходимо учесть как влияние экологических условий каждого нерестового сезона на величину пополнения, так и размерно-возрастную структуру рыб, выловленных в предыдущие путины. Выполнению этой задачи посвящена данная работа.

Хамса. Хамса живет до четырех лет, продуктивного возраста достигает на втором году жизни, максимальной репродукционной активностью отличаются двухлетки и трехлетки. Хамса теплолюбива, в холодное время года почти не питается, теряя при этом до 50 % своей калорийности. Северо-западный шельф (СЗШ) – основная акватория нагула и нереста хамсы, которая на зимовку уходит отсюда в прибрежные воды Южного берега Крыма и, в основном, к Анатолийскому побережью.

Надежные измерения биомассы зимующей у Анатолийского побережья хамсы проведены специальной акустической аппаратурой в конце марта 1972 г. Было установлено, что в прибрежных водах Турции зимовало миллион тонн хамсы [1]. Через 20 лет после антропогенного коллапса хамсы её популяция всё ещё находилась в депрессивном состоянии, а основным объектом рыбного промысла стал шпрот. Промысловое изъятие биомассы шпрота быстро возрастает, и можно предвидеть, что в недалеком будущем титул основной промысловой рыбы Чёрного моря вернётся к хамсе. Поэтому необходимо продолжить разработку эколого-экономической модели, использование которой в управлении промыслом хамсы позволит предотвратить очередной антропогенный коллапс её биомассы. В модели формализована система дифференциальных зависимостей между основными компонентами экосистемы и параметрически учтена часть абиотических факторов, медленно влияющих на динамику биомассы хамсы.

Временные масштабы естественных изменений биомассы хамсы.

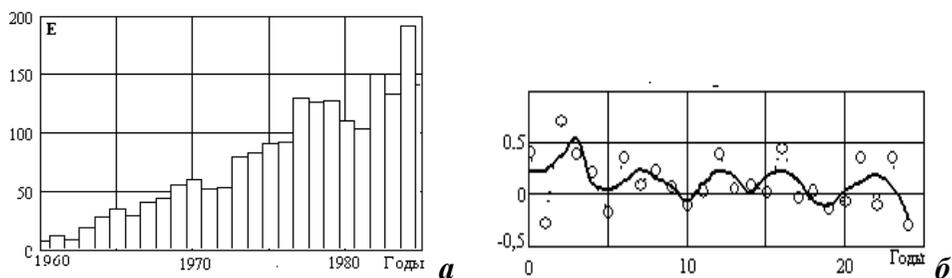
1. Для выявления скрытой периодичности разность последовательных значений ежегодных выловов отнесена к среднему значению вылова в смежные годы. К полученному таким путем ряду величин была применена процедура локальной полиномиальной регрессии. Результаты этих операций показали существование колебаний хамсы с периодом около 5 лет (рис.2) [4].

2. Колебания мощности годового класса хамсы определяются межгодовой изменчивостью выживаемости личинок на ранних стадиях их развития. Лимитирующими для личинок являются пищевые ресурсы. Предличинки хамсы при переходе от желточного питания к активному потреблению фитопланктона поедают клетки определенного размера. Если концентрация необходимых клеток меньше критической величины, предличинки погибают.

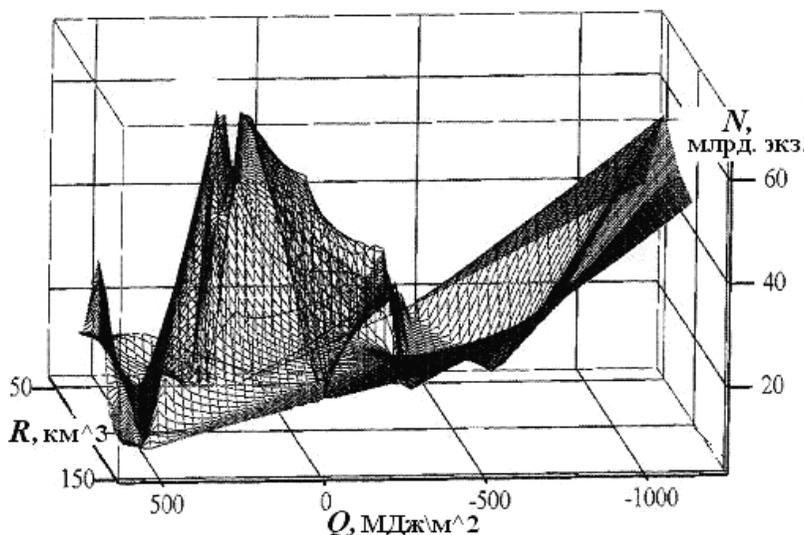
Длительность этой стадии – от двух до трех суток. На следующей стадии своего развития (это еще 3 – 4 суток) личинки хамсы переходят к потреблению мелких, малоподвижных форм зоопланктона (копеподиты, науплии копепод). В это время личинки хамсы также чувствительны к нехватке корма. Но копеподы являются фитофагами, поэтому фитопланктон и непосредственно, и через ихтиопланктон и кормовой зоопланктон выступает основным связующим звеном между экологическими условиями и урожайностью хамсы. В период смешанного питания личинок через характеристики фитопланктона может происходить передача длиннопериодного сигнала от экзогенных факторов к мощности годового класса хамсы. Во время нереста хамсы продукция фитопланктона, в основном, определяется запасом биогенов. Запас этот формируется в предшествующие сезоны года комплексом экологических процессов, 3-х – 6-ти летняя периодичность которых вызвана воздействием Североатлантического колебания на погодные и гидрологические условия Черноморского региона.

3. Адекватность модели возрастёт, если, применяя её в прогностических целях, использовать реперные точки перечисленных процессов, полученные из натуральных наблюдений, контактных и дистанционных. Соответствующая согласованная работа, проделанная по единой программе специалистами причерноморских стран, должна быть экономически выгодной.

Пример оценочного прогноза урожайности хамсы по сочетанию факторов влияния. Величина пополнения численности и биомассы хамсы осенью зависит от среднего значения температуры воды и концентрации биогенов (жизненный ресурс для кормового планктона) в период нереста.



Р и с . 2 . Вылов хамсы (E, тыс.т.) в 1960 – 1985 гг. (а) и периодичность колебаний её биомассы (б).



Р и с . 3 . Зависимость численности молоди хамсы в августе (N) от теплозапаса морской воды в апреле (Q) и суммарного стока основных рек в мае – июне (R). Западная часть Чёрного моря, данные за 1954 – 1976 гг.

На температуру воды летом влияет величина её теплозапаса в апреле, на концентрацию биогенов – сток основных рек на СЗШ в мае – июне (речные воды приносят на СЗШ основное количество биогенов). Для графического изображения этой зависимости нашлось достаточно данных измерений в прошлом (рис.3), для её практического использования подобные измерения надо проводить ежегодно с учётом некоторых дополнительных факторов влияния (например, реальный пресс хищников). Таким образом, уже в конце июня можно оценить вероятное количество годовиков хамсы в предстоящем промысловом сезоне и, в соответствии с полученной оценкой динамики размерно-возрастной структуры нерестового стада, корректировать планы вылова хамсы [5]. После выхода работы [6] существенно ускорилось развитие пространственных моделей.

Устойчивость трофической системы. Главные трудности математической имитации функционирования экосистемы вызваны тем, что число функциональных зависимостей между компонентами системы превышает число компонентов и большинство этих зависимостей нелинейны. Степень их нелинейности зависит от состояния системы и влияет на её устойчивость. С другой стороны, Т.С.Петипа [7] на основании анализа натуральных данных пришла к заключению, что устойчивость биоценоза возрастает с усложнением его видовой и трофической структуры. Критерий устойчивости биоценоза в виде отношения числа трофических связей к числу учитываемых видов использован нами при математическом моделировании экосистемы Чёрного моря. Возникшие трудности вызваны априори неизвестным количественным влиянием изменения интенсивности одной трофической связи на интенсивность других. Выход из этих трудностей приходится искать в проведении натуральных и вычислительных экспериментов.

Катастрофический перелов хамсы. Принципиально новая, исключительно эффективная технология лова зимующей хамсы и её последствия для экосистемы подробно описаны в монографии [1]. Крупнотоннажные турецкие сейнеры обмётывали зимующую хамсу гигантским кошельковым неводом, после чего разновозрастную хамсу насосом перекачивали на борт. Большой сейнер за одну операцию принимал на борт до 300 т хамсы.

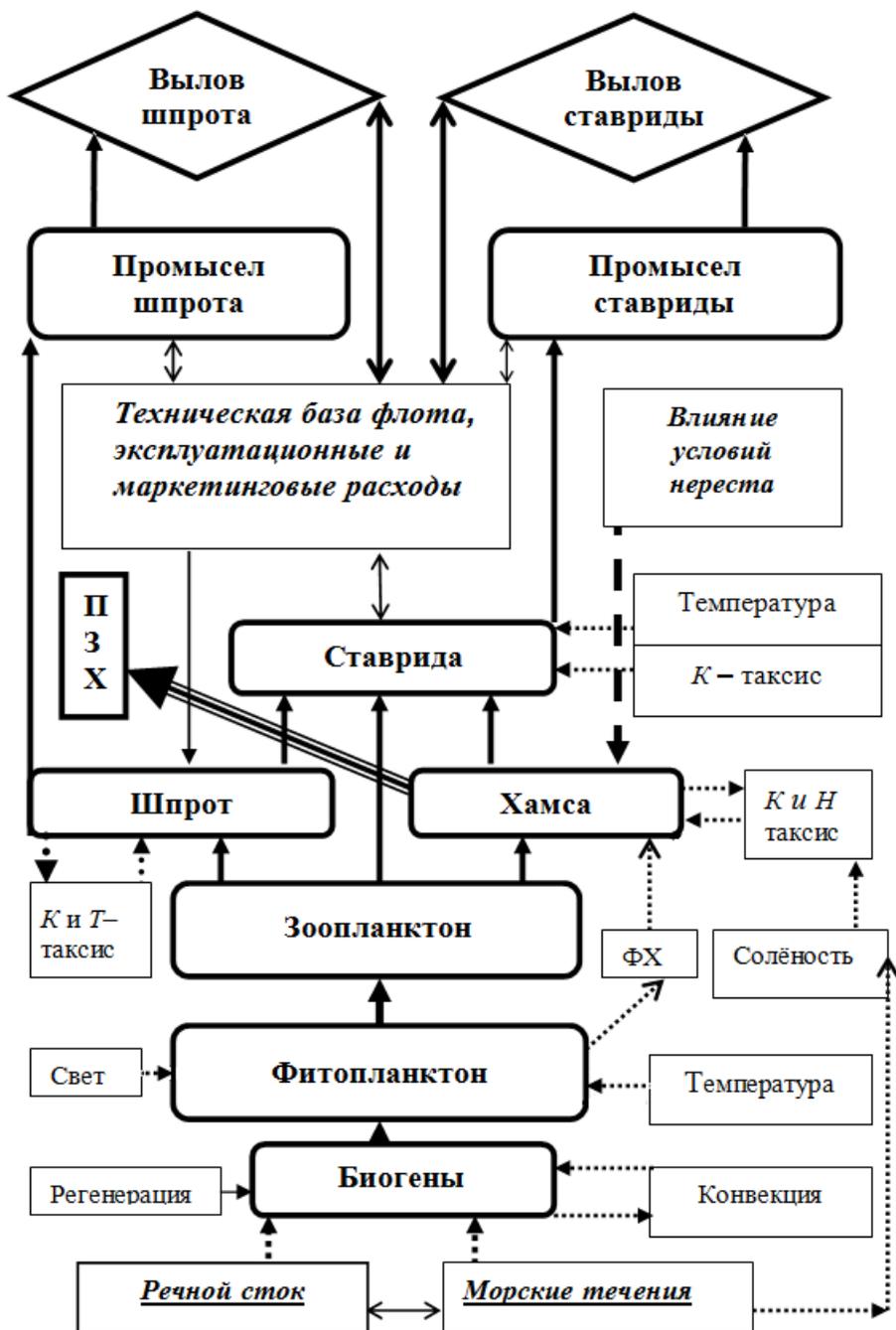
Влияние вылова на размерно-возрастную структуру популяции промысловых рыб не всегда поддаётся оценке, поскольку оно зависит от технологии промысла и необходимости проводить дополнительные измерения. Известно, что за путины 1987 – 1988 и 1988 – 1989 гг. кошельковыми неводами у берегов Турции было прицельно обмётано и насосами изъято, перекачано на борт около 700 тыс. т зимующей хамсы, причём вначале выловлены, в основном, рыбы наиболее продуктивных размерно-возрастных групп. В результате суммарная биомасса половозрелой хамсы перед началом нерестового периода уменьшилась в 3,5 раза, опустившись в 1990 г. до абсолютного минимума в 150 тыс. т. За последующие две путины, когда из популяции изымались годовики и сеголетки, выловлено ещё 160 тыс. т молоди хамсы. Антропогенный коллапс хамсы состоялся. Этот пример показывает, что для предотвращения экстремального перелова достаточно было, зная в начале страдных лет динамику уловов и размерной структуры вылавливаемой хамсы, существенно сократить её промысловое изъятие на две – три предстоящих путины. Для заблаговременного обоснования предельно допустимого вылова могла быть использована интегральная динамическая модель упрощенной системы [4]. Пространственная динамическая модель является более надёжным средством управления промыслом.

Как уточнить максимально допустимый вылов хамсы в предстоящую путину. Промысловый запас хамсы и его размерно-возрастная структура формируются следующими тремя комплексами процессов: условия нагула и нереста на СЗШ в тёплое время года; погодные условия и пресс хищников весной и осенью во время миграций; океанологические условия зимой и современные способы лова.

Приведенная концептуальная схема (рис.4) показывает структуру нового варианта разработанной и численно решаемой эколого-экономической модели. Основу модели составляют 15 нестационарных уравнений в частных производных, дополняемых сравнительно устойчивыми параметрическими зависимостями. Пресс хищников и погодные условия во время сезонных миграций хамсы и пути миграций не постоянны. Данные хорошо оснащенной промразведки могут, в известных пределах, корректировать результаты моделирования.

На промысле контроль должен так ограничить промысловое изъятие, чтобы к следующему нересту генетический потенциал популяции не уменьшился. Современное техническое оснащение промразведки позволяет выполнить эту задачу, политическая несогласованность между государствами препятствует её выполнению.

Опыт подписания черноморскими странами межгосударственных соглашений о рациональном использовании морских биологических ресурсов имеется, но эти соглашения не выполнялись. Турецкая сторона, например, не вы-



Р и с . 4. Модифицированная схема функциональных зависимостей между компонентами биоценоза и факторами влияния в моделируемой экосистеме в тёплое время года. ФХ – влияние на пополнение хамсы условий питания ее личинок фитопланктоном, ПЗХ – промысловый запас хамсы, К, Н, Т – кормовой, нерестовый и температурный таксис рыб соответственно.

полнила соглашение об охране дельфинов – их численность благодаря отстрелу маточного поголовья сократилось с 2 – 2,5 млн. до 50 – 100 тыс. особей.

Осуществлённый турецкими рыбаками невиданный перелов хамсы тоже является экологическим преступлением. Сведения о количестве и размерно-возрастной структуре выловленной хамсы содержатся в турецких ведомственных документах [8, 9] и не сразу попали в научную литературу. Одни учёные поспешили объяснить этот коллапс хамсы естественными процессами [10]. Другие учёные, по-видимому, не располагая данными о рекордах турецких рыбаков, рассмотрели связь суммарной биомассы хамсы и шпрота с концентрацией планктона вблизи дельты Дуная. При этом авторы «и не ставили своей целью рассчитать фактическую величину, отражающую отношение запасов мелких пелагических рыб и биомассы фитопланктона для всей пелагиали Чёрного моря» [11]. Но рассмотрение изменчивости суммарной биомассы хамсы и шпрота даже на качественном уровне, а тем более включение её в математические модели, лишено смысла, потому что холодолюбивый шпрот по своим физиолого-этологическим характеристикам существенно отличается от теплолюбивой хамсы. Естественно, что без учёта гигантского перелова зимующей в турецких водах хамсы нельзя получить и достоверные соотношения между её запасом и выловом [12].

Учитывая изменения климата, новый и быстро развивающийся способ вылова шпрота, постепенное восстановление промысловых запасов хамсы и мелкой ставриды, практически важной задачей является адаптация разработанной эколого-экономической модели к новым условиям.

Заключение. Рассмотрено влияния основных природных и антропогенных факторов на изменчивость промысловых запасов черноморского анчоуса (хамсы). Представлена реализованная в новой эколого-экономической модели схема функциональных зависимостей между компонентами биоценоза и факторами влияния в тёплое время года.

Показана реальная возможность использовать полученные результаты для научно обоснованного управления выловом анчоуса.

Работа выполнена в рамках НИР № 0827-2014-0010 «Фундаментальная океанология».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Латун В.С.* Влияние рыбного промысла на устойчивость экосистемы Чёрного моря // Устойчивость и эволюция океанологических характеристик Чёрного моря / Под ред. В.Н.Еремеева, С.К.Коновалова.– Севастополь, 2012.– С.331-353.
2. *Латун В.С.* Влияние летней миграции шпрота и его вылова на экосистему северо-западного шельфа Чёрного моря // Морской гидрофизический журнал.– 2013.– № 5.– С.82-93.
3. *Латун В.С.* Влияние условий нереста шпрота на его промысловые запасы // Системы контроля окружающей среды.– Севастополь, 2014.– вып.20.– С.209-215.
4. *Латун В.С.* Математическая модель системы «фитопланктон – зоопланктон – рыба – рыбный промысел» // Системное моделирование морских эколого-экономических процессов / Под ред. В.Н.Еремеева, И.Е.Тимченко.– Севастополь: ЭКО-СИ-Гидрофизика, 2007.– С.236-289.
5. *Иванов В.А., Игумнова Е.М., Латун В.С., Тимченко И.Е.* Модели управления ресурсами прибрежной зоны моря.– Севастополь, 2007.– 258 с.

6. *Латун В.С.* Использование эколого-экономических моделей экосистемы Чёрного моря для управления рыбным промыслом // Морские ресурсы прибрежной зоны Украины / Под ред. акад. НАНУ П.Ф.Гожика, акад. НАНУ В.А.Иванова.– Севастополь, 2012.– С.277-292.
7. *Константинов А.С.* Общая гидробиология.– М.: Высшая школа, 1979.– 480 с.
8. *Anon.* Determination and quantification of fishing gears and technology in Black Sea. Ministry of Agriculture and Rural Affairs of Turkish Republic, Research Institute of Aquatic Products. Trabzon.– 1992.– 106 p. (in Turkish)
9. *Anon.* Fishery Statistics 1989-90. State Institute of Statistics. Prime Ministry of Turkish Republic. Publ.– 1993.– № 15X3.
10. *Виноградов М.Е., Сапожников В.В., Шушкина В.А.* Экосистема Чёрного моря.– М.: Наука, 1992.– 112 с.
11. *Юнев О.А., Шульман Г.Е., Юнева Т.В., Мончева С.* Соотношение биомассы мелких пелагических рыб и биомассы фитопланктона как индикатор состояния экосистемы пелагиали Чёрного моря // Докл. АН.– 2009.– 428, № 3.– С.426-429.
12. *Шульман Г.Е.* Соотношение запаса и вылова черноморских хамсы и шпрота в первый период “зелёной революции” // Докл. НАНУ.– 2011.– № 2.– С.182-184.

Материал поступил в редакцию 11.04.2016 г.
После доработки 26.10.2016 г.

V.S.Latun

**INFLUENCE OF CONNATURAL AND ANTHROPOGENOUS FACTORS
ON TRADE STORES DYNAMICS OF THE BLACK SEA ANCHOVY**
(*Engraulis engrasicholus ponticus*)

To prevent an anchovy overfishing, the developed ecological and economic model involves an effect of oceanologic conditions of a spawning season on replenishing as well as a variability of length-age frame caught an anchovy on its trade stores. . The scheme of functional dependences between components of biocenosis and factors of influence in a warm season is realized in the new ecological-economic model. The opportunity to use the obtained results for scientifically based management of the anchovy catch is demonstrated.

KEYWORDS: an anchovy, trade stores, the Black Sea