



УДК 574.5: 330.15

## ПОПУЛЯЦИЯ РЫБ КАК ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА С ЭЛЕМЕНТАМИ САМОРЕГУЛЯЦИИ

© 2012 Г.А. Судаков

Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства

Изучение динамики популяций рыб при системном подходе наиболее актуально, т. к. позволяет рассматривать во взаимодействии процессы, определяющие численность и структуру популяций и на современном уровне изучать процессы управления составом и численностью запасов, регулирования рыболовством. При этом целесообразно использовать некоторые понятия и идеи общей теории систем и кибернетики, т. к. отдельные особи популяции и их совокупность представляют собой сложные динамические системы, которые изучают в кибернетике.

The study of fish population dynamics at system approach is most appropriate enabling consideration of processes affecting population abundance and structure and investigation of processes of stock composition and abundance regulation, fishery management. At that, it is reasonable to use some notions and ideas of the general theory of systems and cybernetics as an individual within the population and their aggregate represent compound dynamic systems studied by cybernetics.

**Ключевые слова:** системный подход к оценке численности, структуре, динамике популяции рыб; процессы, определяющие количественные и качественные показатели популяции в экологической системе водоема

**Keywords:** systems approach to assessment of fish population abundance, structure and dynamics; processes affecting quantitative and qualitative characteristics of population in the ecological system of a water body.

Под популяцией понимают совокупность рыб одного вида, но разного возраста, веса, пола или состояния, объединенных каким-либо признаком или совокупностью признаков. Наиболее часто популяцией называют совокупность рыб, связанных между собой общим местом обитания и отношениями размножения и роста (Никольский, 1974).

Популяцию можно рассматривать изолированно или в составе более обширной системы - экологической системы водоема. В такую систему как элементы входят отдельные популяции рыб, водных животных, растений и т. д. Между элементами биоценоза как системы могут существовать различные отношения, например, конкуренции, хищника и жертвы.

Для изучения запасов промысловых рыб, моделирования популяций полезно использовать некоторые понятия и идеи общей теории систем и кибернетики, т. к. отдельные особи популяции и их совокупность представляют собой сложные динамические системы, которые изучают в кибернетике (Меншуткин, 1971; Мельников А.В., 1988; Мельников В.Н., Мельников А.В., 1998).

Популяция промысловых рыб как сложноорганизованная система состоит из ряда составляющих элементов. Такими элементами могут быть, например, возрастные группы рыб или группы рыб, объединенные по половому признаку. Между элементами системы существуют связи, обусловленные кормовыми или нерестовыми взаимоотношениями, миграциями рыб, действием различных абиотических факторов и т. д.

Популяция рыб относится к открытым системам, т. к. находится в постоянном взаимодействии с внешней средой, подвержена воздействию антропогенных факторов. Она, как всякая другая система, имеет входы и выходы. Входами системы являются различные внешние воздействия на популяцию. К таким воздействиям относятся влияние на популяцию абиотических факторов, кормовой базы, хищников, промысла и т. д.

Воздействия (и, соответственно, входы) делят на управляемые и неуправляемые. С помощью управляемых воздействий можно целенаправленно влиять на численность и состав популяций. Одним из важнейших управляемых воздействий принято считать промысел.

Выходами популяций промысловых рыб являются, прежде всего, естественная и промысловая смертность.

Популяцию промысловых рыб при системном подходе удобно изображать графически в виде блок-схемы, например, из нескольких возрастных групп. Каждая возрастная группа в наиболее простом случае характеризуется только численностью. Кроме прямоугольников как символов элементов системы на схеме должны быть указаны некоторые внешние факторы и стрелки-связи между элементами системы и между элементами системы и внешней средой (входы и выходы).



системы). Элементы системы, обозначенные прямоугольниками, со связями между ними образуют замкнутый контур с обратной связью. Обратные связи в системах могут быть положительными и отрицательными (Меншуткин, 1971; Никольский, 1974).

Если между элементами системы все связи положительные, то такая система неустойчива. В неустойчивой системе переменные, определяющие состояние системы, или неограниченно увеличивают свои значения, или стремятся к нулю. В биологических системах возможен лишь второй случай, т. е. рост численности популяции ограничен различными внешними причинами (кормностью водоема, площадью нерестилищ и т. д.).

Если в рассматриваемой системе связи положительные и отрицательные, то при определенных условиях наблюдается устойчивое состояние системы, когда она приходит в стационарное состояние после некоторых возмущающих воздействий.

Благодаря обратным связям популяция как система обладает свойствами саморегуляции, т. е. способностью при помощи различных регуляторных механизмов изменяться (например, изменять свою численность) при изменении условий жизни или сохранять стабильность, если условия жизни остаются неизменными.

Регуляторные механизмы у популяций специфичны для различных видов рыб, хотя некоторые из них имеют много общего для большинства рыб и других живых организмов (Никольский, 1974).

Состояние популяции промысловых рыб как системы обычно характеризует численность особей, входящих в отдельные возрастные группы. Эти переменные обычно называют обобщенными координатами системы. Состояние популяции можно описать положением точки в фазовом пространстве системы. Мерность фазового пространства системы соответствует числу возрастных групп. Каждой точке в фазовом пространстве отвечает определенный возрастной состав, который выражают в виде гистограммы или кривой плотности распределения возрастного состава популяции.

Изменение возрастного состава популяции вызывает перемещение точки, описывающей состояние популяции. Совокупность точек фазового пространства, характеризующих состояние популяции в определенные моменты времени, называют траекторией системы.

Если численность возрастных групп со временем не изменяется, то состояние популяции стационарно, и траектория вырождается в точку. Если состояние популяции повторяется через некоторые промежутки времени, то траектория системы представляет собой замкнутую циклическую кривую. Это свидетельствует о циклических колебаниях численности и структуры популяции рыб.

Популяция, как и вид, обладает пространственной организацией, приспособленной к изменяющимся условиям среды, воспроизводству и эволюционной организации.

Популяция в той или иной степени приспособлена к местным условиям, в т. ч. к взаимодействию с другими группировками, и образует иерархически соподчиненную систему с этими группировками при возможном изменении положения в пространстве. Изменение условий внешней среды и характера взаимодействия с другими популяциями, кроме ареала обитания популяции, обычно приводит к изменению численности и структуры популяции, образованию экотипов и биологических рас, фазовых состояний и т. д. Наибольшее значение при этом играют обратные связи между популяциями и средой (Коган и др., 1977). Экотипы, например, могут отличаться составом пищи, ритмами размножения, отношением к факторам внешней среды. Деление популяций возможно на изолированные части (например, яровые и озимые расы рыб, растения с разными сроками вегетации). Приспособление к условиям существования проявляется также в уменьшении размеров животных и растений, изменении их поведения и распределения при увеличении плотности популяции. Важнейшим приспособительным свойством считают стремление к стабилизации численности популяции, как пример действия отрицательных обратных связей. Иногда отрицательные обратные связи преобразуются в положительные связи, если, например, естественный отбор способствует выработке новых наследственных адаптаций.

Способность к воспроизводству популяций, формы и темп размножения зависят от численности, половой и возрастной структуры популяции, условий среды и связаны с существованием отрицательных обратных связей. Они стабилизируют популяцию путем изменения численности и состава популяции. Однако инерционные свойства биологических систем, отсутствие в них равновесия между популяцией и средой, колебания роста и смертности, естественный отбор и т.



д. (в общем, появление положительных обратных связей) препятствуют стабилизации популяции и поддерживают ее неравновесное состояние.

Большое значение имеет этологическая организация популяции. Она приводит к образованию внутри популяции групп, ведущих одиночный образ жизни на определенном участке, живущих семьями, колониями, стаями (стадами) и т. д. Образ жизни влияет на характер миграций, особенности размножения, использование ресурсов территории и акватории и т. д. и определяет, в общем, децентрализованный характер управления в популяции.

Этологическая организация популяции, как и некоторые другие факторы, основанные на действии отрицательных обратных связей, служит механизмом стабилизации популяции.

Популяция населяет территорию или акваторию со сходными условиями и поэтому обладает некоторыми морфофизиологическими и генотипическими особенностями, ритмами жизненных явлений и т. д. Но любое местообитание отличается неоднородностью и состоит из участков с несколько различными условиями.

С другой стороны, индивиды, принадлежащие к одной популяции, часто находятся на разных ступенях развития, и это размывает границы между населением различных участков. По этой причине возникает сложная иерархическая структура видового населения, которое распадается на ряд соподчиненных популяций. Соподчиненные популяции делят по различным признакам:

- географические, экологические и элементарные популяции;
- независимые, зависимые и временные популяции;
- независимые, местные, локальные, элементарные популяции;
- территориальные популяции (стада).

Основной особенностью структуры видового населения, несмотря на разнохарактерность их оценки, является иерархичность. Так, многие виды разделяются на подвиды (группы локальных популяций) со стойкими морфофизиологическими отличиями. Отдельные подвиды иногда можно делить на локальные популяции разного ранга. Крупные популяции часто делят на более мелкие - по районам и типам ландшафтов, группировкам с временными местами обитания.

Структура вида, построенная на принципе иерархии, способствует целостности вида и популяций с помощью обмена особями между популяциями одного ранга и является одним из видов стабилизации вида и популяции, механизмов их саморегулирования.

Внутри популяций существует внутривидовая пространственная структура, которая соответствует образу жизни популяции и вида, способу использования территории или акватории, условиям среды.

Пространственное распределение особей или отдельных группировок связано, прежде всего, с распределением запасов пищи, условий внешней среды, биотических и других факторов. Для пространственного распределения имеет значение свойство упорядоченности и неупорядоченного распределения. Первое из них характеризуется относительной устойчивостью и определенными отношениями между индивидами. Упорядоченные отношения наиболее характерны для взрослой размножающейся части популяции. Неупорядоченные и неустойчивые отношения чаще встречаются у молодых особей, случайные скопления - у мигрирующих или расселяющихся по территории животных.

Различают также одиночно-семейную и групповую формы использования животными пространства.

Для более важного группового образа жизни характерно выделение групп (стад, стай, колоний). Образование и существование таких групп связано с местами скопления корма, путей миграций, нерестилищ, убежищ и т. д. Существуют полностью изолированные районы обитания отдельных групп животных и наложение или даже совмещение мест обитания различных групп, например, в местах скопления корма.

При любой форме пространственного распределения организмов наблюдается более или менее регулярное распространение по территории с привязкой особей и отдельных группировок на расстоянии, соответствующим распределению кормовых и других ресурсов.

Пространственное перераспределение особей, групп, популяций связано с их пассивными и активными перемещениями. Перемещения связаны в основном с поиском новых мест обитания и



особей внутри популяций.

Пассивное изменение положения происходит ветром, течениями, животными и т. д.

Активные перемещения делят на кинезы, таксисы и миграции.

Под кинезом понимают случайные ненаправленные перемещения особей в результате действия физических раздражителей. Кинезы усиливаются в неблагоприятных условиях и снижаются или прекращаются при улучшении условий. Часто кинезы приводят к увеличению плотности населения в местах с более благоприятными условиями, например, у молодых животных.

Таксисы относятся в конечном итоге к ориентированным движениям в результате выбора направления движения методом проб и ошибок, рыскающих движений. Интенсивность перемещения при таксисах уменьшается при приближении к участку с более благоприятными условиями и увеличивается при приближении к зоне с неблагоприятными условиями. Таксисы часто связаны с безусловными рефлексам при действии некоторых раздражителей на возбудимые органы и ткани.

Миграции обычно связаны с временными, например, сезонными изменениями условий в основных местах обитания, в т. ч. обратным возвращением в эти места. Миграции у более высокоорганизованных животных (рыб, птиц, млекопитающих и т. д.) обусловлены особыми инстинктами, представляющими сложную программу действий, и изменением среды. Кроме направленных миграций с достаточно определенными путями миграций, возможны ненаправленные миграции, которые связаны с кинезами и таксисами, усложненные обучением и опытом. Такие перемещения могут вызывать перенаселенность обычных мест обитания, значительное изменение условий обитания, расселение молоди. В результате ненаправленных миграций часть особей может лишиться благоприятных мест обитания.

Изучение динамики популяций при системном подходе наиболее плодотворно, т. к. позволяет рассматривать во взаимодействии процессы, определяющие численность и структуру популяций, и на современном уровне изучать процессы управления составом и численностью запасов, управления рыболовством.

#### Библиографический список

1. Мельников А.В. Некоторые вопросы контроля и регулирования рыболовства// Сб. научных трудов ВНИРО.- М.,1988.- С. 157 -169.
2. Мельников В.Н. Рыбохозяйственная кибернетика/ Мельников А.В. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 1998. - 312 с.
3. Меншуткин В.В. Математическое моделирование популяций и сообществ водных животных.- Л.: Наука, 1971.- 176 с.
4. Никольский Г.В. Теория динамики стада рыб.- М.: Пищевая промышленность, 1974.- 447с.
5. Коган А.В. Биологическая кибернетика/ Наумов Н.П., Режабек Б.Г. –М.: Высшая школа, 1977. - 246 с.

#### Bibliography

1. Melnikov, A.V. 1988. Some problems of fishery control and regulation. Pp. 157 -169. In: VNIRO Proceedings, Moscow.
2. Melnikov, V.N. 1998. Fisheries cybernetics. A.V. Melnikov (ed.). ASTU Press, Astrakhan. 312 pp.
3. Menshutkin, V.V. 1971. Mathematical modeling of populations and communities of aquatic animals. Science, Leningrad. 176 pp.
4. Nikolski, G.V. 1974. Theory of fish stock dynamics. Food Industry, Moscow. 447 pp.
5. Kogan, A.V. 1977. Biological cybernetics. N.P. Naumov, B.G. Rezhabeck (ed.). Higher School, Moscow. 246 pp.