

УДК 639.2
ББК 47.225в635:28.681

А. В. Мельников, В. Н. Винникова

ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

A. V. Melnikov, V. N. Vinnikova

INPUT AND OUTPUT CHARACTERISTICS OF WATER ORGANISMS OF FISHERIES CONTROL SYSTEMS

Рассмотрены входные характеристики гидробионтов с учетом внешних абиотических и биотических факторов. Особое внимание обращено на входные характеристики – они наиболее важны для исследования основных жизненных функций животных в рыбохозяйственных системах, которые можно или нужно оценить количественно. Рассмотрены также общие особенности выходных характеристик, такие как численность, состав, распределение в пространстве и времени, состояние и поведение биологической системы в целом или отдельных ее составляющих.

Ключевые слова: рыбохозяйственные системы, водные организмы, входные и выходные характеристики.

Input characteristics of hydrobionts taking into account external abiotic and biotic factors are considered. The attention is paid, first of all, to input characteristics which are most important for research of the basic vital signs of animals in fisheries systems which it is possible or it is necessary to estimate quantitatively. The general features of output characteristics, such as number, structure, distribution in space and time, condition and behavior of biological system in a whole or its separate components are also considered.

Key words: fisheries systems, water organisms, input and output characteristics.

Рыбохозяйственные системы как системы управления имеют входные и выходные характеристики, которые играют важную роль в теории и практике рыбохозяйственных исследований.

Рассмотрим входные характеристики животных с учетом внешних абиотических и биотических факторов. Обратим внимание прежде всего на входные характеристики. Они наиболее важны для исследования основных жизненных функций животных в рыбохозяйственных системах, которые можно или нужно оценить количественно. Наибольшее значение из них имеют входные характеристики, которые выполняют управляющие функции.

Входные характеристики необходимо рассматривать также с учетом вида биологической системы – отдельной особи, группы особей, популяции, сообщества. При этом особи и группы особей в экологической кибернетике чаще рассматривают как элементы моделей, например популяции, а популяции могут выступать как самостоятельный объект изучения и как элемент моделей сообществ и экосистем.

В зависимости от вида биологической системы в общем случае изменяется набор входных характеристик, величина отдельных из них и способ определения. В наиболее простом случае величина входной характеристики более сложной биологической системы определяется как среднее значение входной характеристики более простых систем (например, средняя температура воздуха, средняя прозрачность воды). В других случаях оценка входных величин для более сложных систем средним значением не имеет смысла [1, 2].

Рассмотрим общие особенности оценки входных величин при изучении животного мира, начиная с оценки поведения и распределения животных (эти же особенности можно использовать и для биологических систем растительного мира).

Поведение и распределение животных формируется под влиянием большого числа факторов. Следовательно, при описании поведения и распределения животных в общем случае необходимо учитывать большое количество входных характеристик. Однако при разработке матема-

тических моделей поведения и распределения животных число входных величин часто сокращают, в основном ограничением пространства и времени (например, путем выделения этапов поведенческих реакций животных, которые наблюдаются в определенном месте и в определенное время), учетом только управляющих и основных неуправляющих факторов. Таким образом, для отдельных этапов поведенческих реакций число входных переменных сокращают, а остальные входные переменные можно учесть в виде эмпирических коэффициентов. Область применения разработанных таким способом математических моделей поведения и распределения животных ограничена условиями, для которых получены эмпирические коэффициенты [1].

Основными входными характеристиками в моделях поведения и распределения являются параметры и показатели технических средств рыбохозяйственной системы управления, в том числе источников физических полей. Например, в промыслово-экологических системах прежде всего учитывают характеристики орудий лова, которые влияют на поведение рыб, попадание рыбы в зону облова и уход из этой зоны. В качестве входных характеристик обычно выступают также некоторые характеристики условий внешней среды – световой режим и прозрачность воды или атмосферы, температура воды, состав атмосферы, содержание других веществ, влияющих на поведение и распределение животных, и т. д.

Входными характеристиками процесса роста являются количество, качество и доступность корма, плотность населения, температура, содержание кислорода, освещенность и другие факторы внешней среды. При разработке математических моделей роста учитывают неодинаковый темп роста самок и самцов до и после полового созревания, сезонные колебания темпа роста, зависимость роста от величины и состава запаса и т. д. [3].

При оценке входных характеристик процесса питания прежде всего учитывают потребность в питании, избирательность питания по отдельным видам пищи, различие пищи по предпочтению и по ее фактическому составу. При этом принимают во внимание возрастные и сезонные изменения в питании, неодинаковый состав (который оценивают по виду, химическому составу, калорийности, размеру, форме, механическим характеристикам, цвету и т. д.) и качеству пищи в различных частях биотопа.

Важными входными характеристиками процесса питания служит суточный ритм питания и интенсивность питания. Первый показатель оценивают функцией распределения потребления корма в течение суток, второй – степенью наполнения пищевого тракта, суточным и годовым рационом питания. При оценке ритма и интенсивности питания учитывают их зависимость от видовой принадлежности, пола, возраста и размеров животного, его физиологического состояния, температуры воздуха или воды, сезона, времени суток, калорийности, доступности пищи и т. д.

Состояние животных оценивают многими показателями состояния различных органов, тканей, систем, животных в целом и надорганизменных систем. Входными характеристиками этих показателей являются возраст и пол животного, условия питания, степень зрелости половых продуктов, время года, время и длительность миграций, показатели абиотических и биотических факторов внешней среды и т. д.

В процессах размножения в естественных условиях к входным характеристикам относят:

- количество особей, участвующих в размножении, и количество закончивших размножение животных, их плодовитость, долю оплодотворенных животных или икры;
- возраст наступления половой зрелости;
- сроки размножения;
- соотношение животных разного пола в местах размножения;
- временные характеристики размножения;
- условия внешней среды перед размножением и во время размножения и т. д.

Пополнение стада, популяции и т. д. характеризуют величиной и распределением животных по возрасту или размерам [4]. Обычно входными характеристиками этого процесса служат величина запаса животных, различные показатели условий внешней среды и биотических взаимоотношений животных, влияющие на смертность в различные периоды развития животных, показатели темпа роста и естественной смертности молоди.

При искусственном выращивании животных входными характеристиками считают возраст молоди, время и плотность посадки, которые определяют в зависимости от температуры в период выращивания, биомассу кормовых организмов в процессе кормления, долю потребления кормов, продолжительность выращивания и т. д.

Естественная смертность животных зависит не только от абиотических факторов внешней среды и внешних биотических связей, но и от их видовых особенностей. В общем случае естественная смертность половозрелых животных обусловлена хищничеством, смертностью в результате родового стресса и старости, смертностью от болезней и паразитов, неблагоприятными условиями внешней среды. Входными характеристиками при оценке естественной смертности служат показатели, которые определяют естественную смертность в результате влияния перечисленных выше причин.

Факторы, влияющие на промысловую смертность (от неестественных причин) животных, хорошо известны. Однако могут возникнуть сложности с выбором конкретных входных показателей процесса с учетом характера решаемой задачи и известных данных об определенном процессе промысловой смертности. Например, при оценке коэффициента промысловой смертности рыб в одних случаях исходят из параметров орудий лова, режима их работы, показателей, влияющих на улавливающую способность орудий лова, в других учитывают непосредственно интенсивность лова, коэффициент уловистости и показатели селективности лова.

Задача существенно упрощается, если рассматривают изолированные популяции животных. В этом случае анализируют лишь процессы пополнения, роста, естественной и промысловой смертности и учитывают обычно небольшое число входных характеристик, влияющих на эти процессы, и вводят в модели в виде эмпирических коэффициентов, учитывающих влияние остальных характеристик.

Под влиянием внешних воздействий и с учетом внутреннего состояния в рыбохозяйственных системах формируются выходные характеристики животных. На примере гидробионтов рассмотрим общие особенности таких характеристик и вопросы, на которые следует обратить внимание при описании характеристик для других животных.

Важной выходной характеристикой гидробионтов в промысловых и промыслово-экологических системах является их поведение. С учетом специфики задач промысловой и промыслово-экологической кибернетики поведение гидробионтов можно рассматривать в связи с двигательными проявлениями реакции на внешние воздействия [1].

Поведение рыб в системах характеризуют рядом количественных показателей, которые в необходимых случаях рассматривают как выходные характеристики объекта управления. В естественных условиях к ним относятся плавательная способность рыб, показатели горизонтальных и вертикальных миграций, форма, их распределение в пространстве и времени. Так, плавательная способность рыб характеризуется бросковыми, максимальными и крейсерскими скоростями перемещения, минимальными скоростями потока, при которых рыба сносится течением или начинается реореакция, скоростью движения рыбы при оптомоторной реакции, скоростью погружения и подъема рыбы, маневренностью. В зоне действия управляющих элементов промыслово-экологических систем поведение рыбы можно характеризовать практически теми же показателями, рассматривая поведение не в целом, а на отдельных этапах процесса, например на различных этапах лова рыбы.

При исследовании промысловых и промыслово-экологических систем иногда полезно рассматривать распределение гидробионтов в пространстве и времени не как одну из составляющих поведения, а как самостоятельную выходную величину. Это особенно важно при сложном характере такого распределения и его описания, а также при решении задач, где используют особенности распределения гидробионтов вне связи с их поведением.

Наиболее общей выходной характеристикой распределения является функция плотности распределения гидробионтов, часто с учетом особенностей распределения в пространстве и времени гидробионтов разного вида, пола, состояния, размерного и видового состава. Обычно такие функции сложны, поэтому часто используют выходные данные о распределении гидробионтов в виде карт, планшетов, графиков, таблиц, наборов данных на магнитных носителях. Представление данных на магнитных носителях наиболее удобно для ввода информации о распределении гидробионтов в соответствующие модели при описании промыслово-экологических систем [4]. Наибольшее значение данные о распределении гидробионтов в таком виде имеют для прогнозирования промысловой обстановки в рамках промысловых и промыслово-экологических систем.

При оценке выходных характеристик распределения гидробионтов возможны и более простые случаи, когда оценка таких характеристик не вызывает затруднений даже в связи с влияющими на них факторами. Примерами могут служить оценка распределения гидробионтов при однородном распределении, при распределении в виде слоя или другой неизменной конфигурации,

когда закон распределения плотности известен. Например, несложно описать распределение рыбы или планктона в виде слоя при вертикальных миграциях в зависимости от распределения освещенности в водоеме, иногда в искусственных световых и электрических полях и т. д.

Рост рыбы как выходную характеристику обычно оценивают изменением длины или массы с возрастом, при этом за единицу времени, как правило, принимают год. Часто рост рыбы оценивают различными эмпирическими зависимостями экспоненциального или степенного типа, которые распространяют на весь период жизни рыб. Однако закономерности роста неодинаковы до и после достижения рыбой половой зрелости в течение года. Часто при оценке роста не учитывают разницы темпов роста самок и самцов. Существенным недостатком оценки роста служит также отсутствие в соответствующих выражениях показателей и коэффициентов, имеющих достаточно конкретный биологический смысл.

Наконец, необходимо обратить внимание на неодинаковые в общем закономерности роста рыбы в различных промысловых, промыслово-экологических, рыбохозяйственных системах, а также в системах аквакультуры.

Особенности питания гидробионтов влияют на их рост, состояние, состав и численность промыслового стада или экосистемы в целом. Соответственно, выходными характеристиками процесса питания можно считать выходные характеристики этих важнейших показателей и процессов. Часто в качестве выходной характеристики питания принимают некоторый обобщенный показатель, например биомассу промыслового стада или биомассу выращенной рыбы.

К наиболее важным выходным характеристикам состояния гидробионтов относят те или иные показатели состояния отдельных органов, тканей и систем гидробионтов. При этом в первую очередь имеют значение управляемые выходные характеристики состояния, которые имеют количественную оценку. Например, жирность, как показатель биологического состояния, характеризуется процентным содержанием жира в теле. В ряде случаев жирность оценивают показателями содержания жира в различных органах, тканях и частях тела рыбы. Упитанность выражают через массу и длину тела рыбы, а в более точных выражениях – также через высоту и обхват тела, при этом считают, что упитанность связана с плотностью, жирностью и объемом тела рыбы. В понятие упитанность вложен недостаточно ясный биологический и физический смысл, что находит отражение в недостатках математических моделей для оценки этого показателя. Состояние гидробионтов иногда оценивают некоторыми показателями поведения, например степени подвижности, скоростью плавания и т. д.

При размножении в естественных условиях основной выходной характеристикой промыслово-экологических систем обычно считают величину пополнения промыслового стада и его колебания, возрастной и размерный состав пополнения промыслового стада. Кроме того, выходными характеристиками естественного размножения могут быть аналогичные показатели для личинок, мальков и молоди некоторого возраста.

При искусственном воспроизводстве к основным выходным характеристикам относят конечную среднюю массу рыб, долю выхода личинок и молоди, рыбопродуктивность, коэффициент промыслового возврата.

При выращивании товарной рыбы в водоемах основными выходными характеристиками принято считать среднюю конечную массу и рыбопродуктивность.

Основной выходной характеристикой естественной смертности принято считать мгновенный коэффициент естественной смертности. Иногда для этой цели используют также такие понятия, как коэффициент естественной убыли, условный коэффициент естественной смертности, принимая за единицу времени при определении этих показателей, как правило, год. Существенные колебания естественной смертности в течение года и необходимость уточнения некоторых расчетов динамики численности гидробионтов требуют в ряде случаев определения показателей естественной смертности, отнесенных к меньшему промежутку времени, например к месяцу [4].

Большее распространение получила оценка естественной смертности функцией распределения коэффициента естественной смертности в зависимости от возраста, что существенно уточняет, хотя и усложняет расчеты.

Не меньшее значение для решения задач промыслово-экологической кибернетики имеет раздельная оценка показателей естественной смертности для отдельных видов смертности, хотя определение таких показателей обычно связано с существенными трудностями.

Оценка промысловой смертности как выходной характеристики лова во многом сходна с оценкой естественной смертности. Наиболее часто в качестве выходной характеристики процесса

промысловой смертности принимают мгновенный коэффициент промысловой смертности и условный коэффициент промысловой смертности (интенсивность вылова) [4]. В качестве выходной величины промысловой смертности часто считают улов за рассматриваемый промежуток времени.

Для оценки промысловой, как и естественной смертности, актуально отнесение показателей промысловой смертности к меньшему, чем год промежутку времени и их определение в функции возраста или размеров рыбы.

Выходными характеристиками биологических сообществ служат также показатели продукционного процесса, которые, в общем, характеризуют эффективность продукционного процесса биологических систем.

Заключение

При исследовании экологических, рыбохозяйственных и промыслово-экологических систем на основе экосистемного подхода оперируют большим числом входных величин, в основном тех, которые рассмотрены выше. Несмотря на разнообразие надорганизменных систем, изучаемых в промыслово-экологической и экологической кибернетике, основными выходными характеристиками обычно являются численность, состав, распределение в пространстве и времени, состояние и поведение биологической системы в целом или отдельных ее составляющих. В частных видах рыбохозяйственных систем иногда используют и другие выходные показатели. При структурном разнообразии надорганизменных систем количество выходных показателей, как и входных, может быть очень большим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников В. Н. Основы управления объектом лова. – М.: Пищ. пром-сть, 1975. – 358 с.
2. Мельников В. Н. Биотехнические основы промышленного рыболовства. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1983. – 216 с.
3. Мельников В. Н., Мельников А. В. Экологическая кибернетика: в 2 ч. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. – Ч. 1 – 384 с.; Ч. 2 – 392 с.
4. Мельников А. В., Мельников В. Н. Управление запасами промысловых рыб и охрана природы. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. – 572 с.

REFERENCES

1. Mel'nikov V. N. *Osnovy upravleniia ob"ektom lova* [Basics of control of fishing]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1975. 358 p.
2. Mel'nikov V. N. *Biotehnicheskie osnovy promyshlennogo rybolovstva* [Biotechnical foundations of commercial fishery]. Moscow, Publ., Legkaia i pishchevaia promyshlennost', 1983. 216 p.
3. Mel'nikov V. N., Mel'nikov A. V. *Ekologicheskaia kibernetika: v 2 ch.* [Ecological cybernetics: 2 vol.]. Astrakhan, Izd-vo AGTU, 2010. Part 1 – 384 p.; Part 2 – 392 p.
4. Mel'nikov A. V., Mel'nikov V. N. *Upravlenie zapasami promyslovykh ryb i okhrana prirody* [Control of commercial fish resources and nature protection]. Astrakhan, Izd-vo AGTU, 2010. 572 p.

Статья поступила в редакцию 25.01.2012

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мельников Александр Викторович – Астраханский государственный технический университет; г-р техн. наук, профессор; профессор кафедры «Промышленное рыболовство»; alex_meln@list.ru.

Mel'nikov Alexander Victorovich – Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department "Industrial Fishery"; alex_meln@list.ru.

Винникова Виктория Николаевна – Астраханский государственный технический университет; ведущий инженер кафедры «Промышленное рыболовство»; vikulia5@mail.ru.

Vinnikova Victoria Nickolaevna – Astrakhan State Technical University; Leading Engineer of the Department "Industrial Fishery"; vikulia5@mail.ru.