

СИСТЕМНАЯ ОСНОВА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ

Г. К. ИЖЕВСКИЙ

В природе существует системная организация процессов гидросферы, атмосферы, литосферы и биосферы, формирующая всю оболочку Земли.

Исследуя какой-либо конкретный водоем, можно легко убедиться, что элементы его режима, при постоянной их изменчивости, качественно и количественно связаны между собой. Связи эти существуют во взаимодействии всех компонентов оболочки земного шара — дна и берегов, водных масс, атмосферы и живых организмов — и проявляются в физических, химических и биологических процессах. Так, возникает определенная системная организация процессов в водоеме.

Взаимодействие процессов и их связи развиваются в природе как от простого к сложному, от связей между двумя конкретными элементами к взаимодействию всех процессов в природе, так и наоборот.

В оболочке Земли, рассматриваемой как единое целое, происходит дифференциация процессов планетарного масштаба на более дробные. Так возникает генетическая субординация процессов и выявляется роль отдельных частей в формировании целого (оболочки Земли) и взаимодействие целого с его частями.

При расширении масштаба исследований за пределы одного водоема обнаруживаются связи его с другими водоемами, как близко, так и далеко расположенными.

В природе наблюдается не ограниченная масштабом интеграция и дифференциация процессов, как не ограничены проявления форм движения материи. Земной шар представляет собой составную часть космоса и его связи с ним беспредельны.

Естественно, что в результате качественного и количественного взаимодействия и связей процессов в природе за длительное время эволюционно возникли, «организовались», определенные системы связей во времени и пространстве.

И. А. Уткин в «Вопросах философии» (1960) так определяет принцип организации: «Организация означает определенную, возникшую в результате длительного эволюционного развития, систему диалектических взаимосвязей и взаимодействия химических, физических и биологических форм движения во времени и пространстве».

Сейчас на основе наших исследований имеется возможность в общей форме определить основные черты системной организации процессов в природе (в гидросфере, атмосфере и биосфере).

Интенсивность процессов в системе непрерывно меняется. Связь элементов системы приводит к тому, что изменениям одних элементов количественно соответствуют изменения других элементов. При этом специфика элемента сохраняется и выражается, например, в присущих элементу качественных и количественных характеристиках и амплитудах изменчивости.

Изменение интенсивности процессов имеет общую для данной системы направленность. Это значит, что если интенсивность одного процесса увеличивается или уменьшается, в том же направлении изменяются и другие процессы этой системы.

Это не означает, однако, что в системе нет разнофазных процессов. К таким процессам относятся те, физическая сущность которых противоположна, например противоположность связей температуры воды и ледовитости моря, пресного стока и солености в море. Понятно, что такие связи никак не меняют указанного общего принципа системы.

Разнофазность подобного рода может быть и в биологических процессах. Например, влияние изменений солености воды на солонолюбивые и преснолюбивые организмы противоположно. Однако обитание экологически противоположных видов чаще всего приурочено к разным системам или к их границам.

Динамика каждой системы в целом и ее элементов в качественном и количественном отношениях связана со всеми другими системами земного шара. Осуществляется эта связь в соответствии с генетической субординацией систем — от локальных до планетарных масштабов.

Динамика системы регулируется непрерывным поступлением и выходом из нее материи и энергии. В рассматриваемых нами системах такой основой служит непрерывный приход в систему и расход ею тепла, влаги и пищевых ресурсов. Количество материальных и энергетических ресурсов, поступающих в систему, непрерывно изменяется и зависит от интенсивности процессов на земном шаре в целом, регулируемой космическим взаимодействием (солнечная энергия, приливообразующие силы Луны и Солнца).

Каждый водный бассейн, будь то море, озеро или река, представляет собой организованную, по указанному выше принципу, систему с присущей этому водоему спецификой.

Водоемы, имеющие общую направленность в ежегодных изменениях процессов, объединяются в еще более сложную систему, занимающую обширные области земного шара.

Эти планетарные системы, взаимодействуя между собой, образуют единую общепланетарную систему земного шара, т. е. оболочку Земли (твердую, жидкую, газообразную и живую).

Генетическая субординация систем в природе Земли в понимании, отличном от принципа координации (Б. М. Кедров, 1962), имеет следующую основу:

интеграцию отдельных систем в единую систему — оболочку Земли; дифференциацию оболочки Земли до отдельной локальной системы.

В нашей работе, опубликованной ранее (1961), были рассмотрены две системы: Атлантическая (включающая западную часть Европы) и Континентальная (Восточная Европа и Азия).

Было указано также на существование системы в Гренландско-Лабрадорском районе.

Дальнейшие исследования всего северного полушария подтвердили

справедливость предыдущего деления систем в ранее исследованной части полушария, т. е. трех указанных систем (см. рисунок).

В других частях полушария мы обнаружили еще две системы.

Так, в Сибири к востоку от Енисея образуется система с морями Лаптевых и Восточно-Сибирским на севере, Охотским и Беринговым на востоке, Японией, Кореей, Камчатской и западной частью Аляски.

Тихий океан, к востоку от Японии, относится к следующей системе, восточная граница которой проходит по побережью Северной Америки. Система Гренландско-Лабрадорского района распространяется на Гренландию, Лабрадорский и Ньюфаундлендский районы и на большую часть континента Северной Америки.

Европейско-Азиатская система, ранее названная нами Континентальной, в масштабе северного полушария оказалась распространенной на востоке до Енисея, а на юго-востоке в нее входят Индокитай, Индостан и часть Африки.

Перечисленным системам северного полушария теперь можно придать следующие названия: Атлантическая; Гренландско-Североамериканская; Европейско-Азиатская; Восточно-Сибирская; Тихоокеанская.

Некоторые из приведенных выше систем в дальнейшем расширятся за счет южного полушария, вследствие чего и их названия могут соответственно измениться.

Не исключено также, что при уточнении исследований окажется не пять, а шесть систем. Быть может, выделится система в северном полушарии между 180° и 30° з. д., т. е. между Тихоокеанской и Гренландско-Североамериканской системами, где окажется, что процессы развиваются в одной фазе с Атлантической и Восточно-Сибирской системами и в противоположной Тихоокеанской и Европейско-Азиатской.

Организация этих систем основана на том же принципе качественного и количественного взаимодействия и связей процессов в гидросфере, атмосфере и биосфере, на котором организуются и любые локальные системы, например отдельный водоем.

Однако есть особенность, принципиально отличающая названные системы друг от друга. Принцип, по которому разделяются эти системы, состоит в том, что процессы одной системы в тот или иной промежуток времени противофазны соседней системе. Это значит, что если в Атлантической системе увеличивается запас тепла, влаги и пищевых ресурсов, т. е. основных источников динамики системы, то в соседних с нею (Европейско-Азиатской и Гренландско-Североамериканской) системах в это же время происходит их уменьшение.

На земном шаре тепло аккумулируется главным образом в океане с весьма контрастной неравномерностью — с минимальным запасом тепла на полюсах и максимальным на экваторе. Однако строгая широтная закономерность в распределении тепла, а следовательно, и энергии нарушается в результате переноса огромного количества тепла океаническими течениями. Особо важную роль в перераспределении тепла на Земле играют мощные меридианальные течения. Перенос тепла из одной области планеты в другую в значительной мере регулирует формирование атмосферных процессов, при этом в процессах теплообмена с атмосферой большую роль играет различие подстилающей поверхности океана и материка.

По нашему мнению, ежегодные изменения интенсивности процессов в океане и в атмосфере над ним и над континентами регулируются указанным выше перераспределением тепла на Земле. Интенсивность

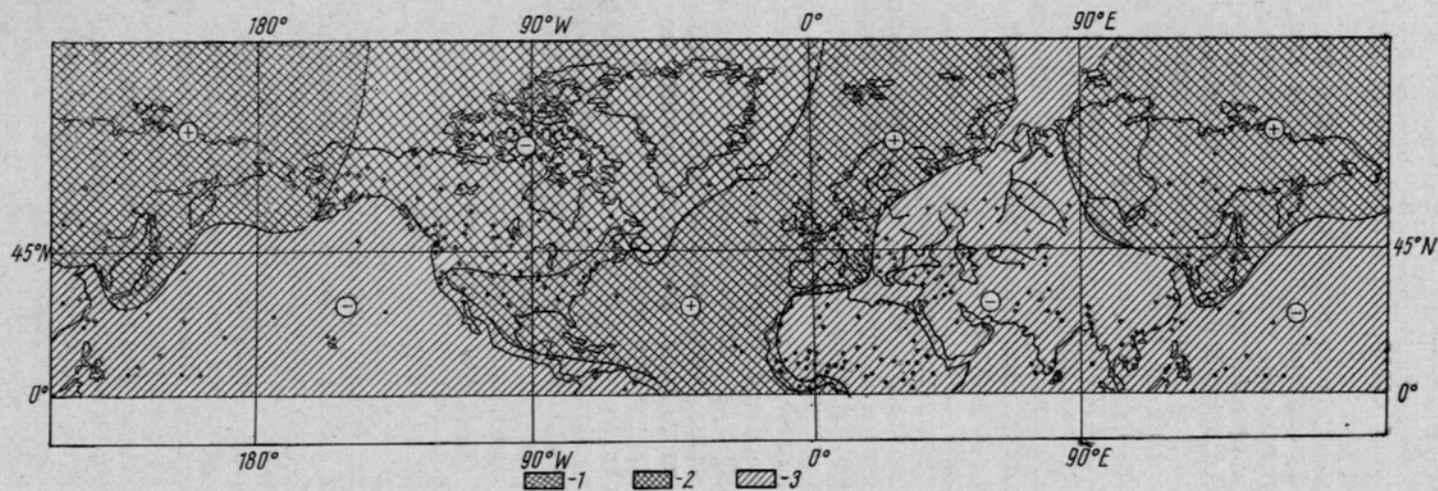


Рисунок. Схема систем:

1 — Атлантическая и Восточно-Сибирская; 2 — Гренландско-Североамериканская; 3 — Европейско-Азиатская и Тихоокеанская.

перераспределения тепла непрерывно меняется, в связи с чем возникает сезонная и многолетняя изменчивость процессов на Земле.

Роль Атлантического океана в этих процессах огромна, особенно для всего северного полушария. Основная масса тропических вод в этом океане движется на север, где отдача морем тепла в атмосферу особенно велика.

От интенсивности переноса водными массами тепла в океане зависит интенсивность атмосферных процессов и их характер. Из этого следует, что когда, например, в Атлантическом океане в течение холодного времени года приток тепла с юга на север усиливается, над океаном и над всей Атлантической системой преобладает атмосферная циркуляция, в результате которой формируется теплая зима. В зимы со слабым притоком тепла в системе преобладает противоположный характер атмосферных процессов и формируется холодная зима. Значение этих процессов в Атлантике велико, и они могут служить мощным импульсом динамики атмосферы над всем земным шаром.

Приливообразующие силы Луны и Солнца особенно многолетней периодичности в известной мере являются той энергией, с которой связана интенсивность переноса тепла в океане, особенно течениями меридианальных направлений. Приливообразующие силы то в большей, то в меньшей мере усиливают течения.

Весьма важным вопросом является граница систем. Было уже сказано, что каждый водоем представляет собой систему. Река является системой, включающей в себя весь ее водосборный бассейн. Речная система функционирует вне непосредственной зависимости от моря, в которое впадает река. Но море является системой уже вместе со всеми своими реками и с территорией их водосборных бассейнов. Границы речных и морских систем определить не составляет труда.

Рассмотрение большого числа многолетних данных по температуре воздуха в холодную часть года, элементов режима морей и рек (запаса тепла, ледовитости, уровня моря, стока рек и т. д.) показало, что в определенных местах материков и океанов направление процессов меняет знак на противоположный. Наиболее четко смена знака обозначается в зимы с аномальными указанными характеристиками и менее четко, когда они близки к средним значениям. Кроме того, четкость возрастает с увеличением амплитуды изменчивости элемента.

Несомненно, что границы планетарных систем подвижны, они сдвигаются в зависимости от интенсивности развивающихся в данном году процессов. В большей мере это относится к границам, расположенным на материках.

Кроме того, видимо, между системами нет резкой границы смены направления процессов, т. е. с одного на прямо противоположное. Между центрами систем расположены области постепенной направленности процессов. К этому имеется теоретическая основа (Ижевский, 1961), которая отводит определенную роль в образовании разнофазности процессов в рассматриваемых системах приливообразующим силам многолетней периодичности. Приливные волны различной периодичности за определенные промежутки времени обходят земной шар, обуславливая постепенную смену фаз волн на своем пути.

В некоторых местах граница систем проходит так, что она отделяет водосборный бассейн рек от моря, в которое они впадают. В таких случаях нарушается целостность морской системы и режим ее ежегодно формируется по закономерностям не одной, а двух противофазных систем (реки и моря).

При смещении границы та или иная часть системы заходит в дру-

гую систему. Вследствие этого участки планетарных систем, расположенные вблизи их границ, отличаются сменой одного характера закономерностей на другой, присущей соседней системе.

Чем дальше от границы, тем устойчивее соответствие процессов закономерностям, присущим данной системе.

К указанному сложному типу систем относятся, например, такие, как Балтийское и Белое моря. Акватория этих морей расположена в Атлантической системе, а водосборные бассейны рек южного побережья в другой — Европейско-Азиатской системе.

С расширением исследований этого направления границы систем будут уточняться и все в большей степени аргументироваться. Можно полагать, что в дальнейшем окажется возможным определить пределы смещений границ в зависимости от интенсивности процессов в системе и установить конкретные связи положения границ их с указанной интенсивностью.

К принципиально важным вопросам следует отнести характер связей, на основе которых организуется система. Если рассмотреть какую-нибудь конкретную систему (водоем), то окажется, что в ней существуют связи между, казалось бы, независимыми друг от друга элементами. Например, колебание уровня моря не зависит от колебаний солености его воды, так как и соленость от уровня моря, а изменения величины стока рек не зависят от температуры воды и т. д. Тем не менее существует реальная не только качественная, но и количественная связь между этими элементами.

Изменения каждого из названных элементов имеют вполне определенную причину. Уровень моря колеблется в зависимости от притока вод с суши, испарения и количества выпадающих на зеркало моря осадков. Соленость изменяется от притока пресных вод и испарения. Температура воды зависит от теплообмена моря с атмосферой, а сток рек от атмосферных осадков, выпадающих на сушу. Следовательно, непосредственно независимые друг от друга элементы одной системы связаны между собой структурно. У всех элементов имеются общие причины, организующие их в систему.

Масштабы подобных структурных связей не ограничены — от локальных до планетарных систем.

На этой основе существуют связи между системами всех ступеней субординации. Достаточно достоверны количественные связи элементов как в планетарном масштабе, т. е. всего земного шара, так и в масштабе отдельных водоемов. В дальнейшем будут рассмотрены такие конкретные связи. Следует в качестве примера кратко упомянуть о некоторых из вскрытых нами связях и процессах между европейскими морями Ледовитого океана, Азовским, Черным, Каспийским, Аральским и водными бассейнами Сибири.

К числу связей в неорганической природе относятся ежегодные изменения запаса тепла в море, ледовитости, уровня моря и стока рек.

В биологических процессах в этом отношении не могут вызвать сомнений полученные нами связи интенсивности воспроизводства рыб в различных морях и океанах, так, например, урожая трески и сельди в Норвежском море, хамсы в Азовском море, пелагиды в Средиземном, леща, судака в Каспийском море, леща в Аральском море. Можно привести замечательный пример таких планетарных связей, как связь урожая байкальского омуля с интенсивностью физических и биологических процессов в Атлантике, т. е. с колебаниями запаса тепла в этом океане. Естественно, что подобного рода связи не имеют непосредст-

венную причинную основу и относятся к структурным связям системной организации процессов в природе.

Таким образом, помимо связей, обусловленных непосредственной причинностью, системы основаны также на структурных связях.

Динамика систем любого масштаба обусловлена общими для них причинами — процессами планетарного и космического масштаба, о которых было сказано выше; этим и определяется диалектико-материалистическая детерминированность систем, основанных на причинно-следственных и структурных связях.

Подход к изучению явлений природы на основе системных структур принципиально отличается от часто используемых методов, игнорирующих структурные связи. Методологически и научно-теоретически совершенно правомерно и необходимо находить и пользоваться любыми связями между элементами системы. Такого рода исследования ускоряют решение проблемы и практическое использование результатов, быстрее открывают пути дальнейших исследований и конкретизируют их направленность.

Совершенно неправильно оставлять без внимания явления, выходящие за рамки обычного понимания каузальности связей, а попытки исследователя использовать такие связи относить к механистическому подходу. Именно механистический детерминизм ограничивается выяснением лишь причинно-следственных отношений. В действительности причинно-следственные связи представляют собой только одну из ее форм.

В. И. Ленин писал: «Каузальность, обычно нами понимаемая, есть лишь малая частичка всемирной связи...»¹.

Представления о процессах в природе как о системах, организованных на причинно-следственных и структурных связях, по нашему мнению, должны способствовать исключению механистического подхода к детерминизму.

Системный принцип в исследованиях процессов в природе предусматривает в зависимости от особенности поставленной задачи даже абстрагирование от сущности связей, от свойств исследуемого предмета, т. е. возможность иметь дело с абстрактной моделью системы. Все это ни в какой мере не означает исключение или подмену системным принципом физиологического подхода в биологии, основанного на специфике жизненных процессов. Игнорирование системных связей в биологических процессах, происходящих в морях, в настоящее время не оправдано еще и потому, что для физиологического подхода пока очень мало фактических количественных данных, по которым можно было бы моделировать процесс.

В современном естествознании одним из основных является понятие информации как меры тех изменений, которые происходят в системах. Рассматриваемая нами системная организация процессов в природе как раз и имеет такого рода информационную основу.

В гидробиологии и ихтиологии в настоящее время исследования ведутся большей частью не на физиологическом уровне. Вскрываются лишь системные, структурные связи. Сложная организованная система, которой является живой организм, при этом не раскрывается, а его взаимодействие со средой исследуется не в отношении отдельных элементов организма (системы), т. е. не физиологических процессов в нем, а лишь всего организма в целом. Поэтому неправомерными в этих случаях являются попытки отнести те или иные связи к так называемым

¹ В. И. Ленин. Философские тетради. Изд-во «Политическая литература», 1965.

мым главным факторам процесса, руководствуясь только наибольшей теснотой этих связей. Без физиологического уровня анализа установить главную причину динамики элементов биологической системы невозможно.

Исследования систем на макроуровне имеют большие перспективы в возможности раскрывать общие законы, минуя закономерности специфического характера.

Без использования структурных связей систем невозможно с необходимой полнотой вскрыть закономерности в явлениях природы, использовать их в практических целях и правильно организовать дальнейшее развитие исследований. При системном подходе используются все связи, как генетические, так и структурные, и в этом сочетании заключается успех данного метода исследования. Вопрос о характере связей приобретает особенно важное значение при исследовании сложных систем, которые организуются во взаимодействии живой и неживой природы.

Кибернетика представляет собой науку о подобных сложных системах, где и как бы они не организовывались: в технике, в неживой или живой природе. Кибернетические системы основаны на количественных характеристиках элементов.

Без преувеличения можно сказать, что рассматриваемые нами системы относятся к сложным кибернетическим системам, организующимся на основе взаимодействия живой и неживой природы. Каждая сложная система (например, водоем) состоит из взаимодействующих частей (подсистем) — литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы, организующихся в целую систему на основе взаимодействия всех форм движения материи. Отдельная система (водоем) не может функционировать вне связи с системами более широкого масштаба.

Из сказанного видно, что наиболее плодотворными могут быть те исследования процессов в природе, которые рассматривают каждую систему в связи с другими системами, как этой субординационной ступени, так и более обширных по масштабу. Это означает, что тот или иной процесс в отдельной системе (водоеме) должен исследоваться в связи со всем водоемом, а также с другими водоемами и системами планетарного масштаба. При таком подходе открываются широчайшие возможности многочисленных взаимных проверок закономерностей процессов, так как они связаны между собой в системных структурах независимо от их масштаба.

При указанном подходе исследователю, рассматривающему процессы в Азовском море, полезно обратиться к другим морям, даже далеко от него расположенным, например Баренцеву. Процессы и в этих, столь отдаленных водоемах, качественно и количественно сопряжены между собой. Теперь кажется удивительным, что ранее не обращалось внимание, например, на то, что если в Норвежском и Баренцевом морях интенсивность биологических процессов (урожай рыб) возрастает, то в таких морях, как Азовское, Черное или Каспийское, интенсивность этого процесса уменьшается. Эта закономерность вполне очевидна, стоит только сравнить статистику уловов рыб в этих водоемах и учесть преобладающий промысловый возраст исследуемой рыбы, привести уловы к году рождения.

Подобного рода связи весьма очевидны между морями и океанами также и в отношении физических процессов: изменений запаса тепла, ледовитости, солености, стока рек и т. д.

Рассматриваемые нами системы можно расположить в следующем порядке, от первой до высшей ступени:

система — река;
система—море или озеро с их реками и водосборными бассейнами;
система планетарного масштаба—Атлантическая, Европейско-Азиатская, Восточно-Сибирская, Тихоокеанская, Гренландско-Североамериканская;

общепланетарная система — оболочка Земли.

Каждая из названных систем, как было уже сказано, дифференцируется на множество подсистем различного уровня и масштаба (до живой клетки организма).

Деление систем на подсистемы может иметь примерно следующую генетическую схему: неживая природа — гидросфера, атмосфера, литосфера (процессы взаимодействия с твердой оболочкой Земли); живая природа — биосфера.

Системы в природе относятся к открытым, динамическим, регулирующим (управляющим системам). Каждый элемент регулируется, управляется всей системой, в результате непрерывного прихода в нее и расхода ею материи и энергии: тепла, влаги и пищевых ресурсов.

Практическое значение исследований указанных управляющих систем, т. е. тех, функционирование которых регулируется процессами, протекающими в природе вне влияния человека, заключается в том, что установленные закономерности используются в познавательных целях и, что очень важно, дают возможность предвидения развития процессов на будущее время, т. е. в прогностических целях.

Природные системы могут быть и управляемы человеком (управляемые системы). Управление ими может осуществляться путем изменения режима водоема, а в связи с этим и путем регулирования воспроизводства биологических ресурсов; путем изменения интенсивности эксплуатации биологических ресурсов и вселением в водоем новых видов.

В первом случае человек может и в некоторых водоемах уже осуществляет регулирование стока рек и таким образом влияет в желательном направлении не только на речную систему, но и на связанные со стоком процессы в море. В настоящее время таким примером могут служить Азовское и Каспийское моря, где управление стоком уже осуществляется, но пока только для развития энергетического хозяйства, орошения и судоходства. Управление режимом рек и морей с целью биологического воспроизводства еще не нашло практического решения.

Второй путь — управление путем рациональной эксплуатации человеком биологических ресурсов — может быть успешно осуществлен различными способами: формированием численности рыбного населения — сохранением молоди рыб; увеличением общей биомассы стада рыб — выловом их в экономически наиболее выгодном весе (возрасте); улучшением видового состава населения водоема — выловом менее ценных видов и акклиматизацией новых видов и т. д.

Однако эффективно осуществлять такое управление можно лишь в тех случаях, когда меры эти не оторваны от динамики всей системы и когда найдено место этому действию в системе как ее элементу. Биологический процесс является частью системы, ее элементом и развивается во взаимодействии с ней. Поэтому выбор из системы одного элемента, как, например, численности стада рыбы, и исследование его в отрыве от системы, т. е. от взаимодействия с ней, в конечном счете будет бесплодной попыткой.

Сказанное об управляющих системах не может служить основа-

нием относить такие системы к самоуправляющимся (саморегулирующимся).

Действительно, динамика рассматриваемых нами регулирующих систем не связана с деятельностью человека, за исключением использования им биологических ресурсов, а связана с непрерывным приходом и расходом в системе тепла, влаги и пищевых веществ. От их количества зависит интенсивность динамики системы.

Биологические процессы подчинены этому же принципу системы, поскольку биологическая форма движения материи не существует без взаимодействия со всеми другими формами движения. То, что жизненные процессы имеют иной, высший уровень развития со своими специфическими законами и что организм активно использует окружающую среду, не исключает эти процессы из того круга основных закономерностей, которые присущи всем формам движения и на основе которых формируется система. Поэтому как биологические, так и другие процессы в системе развиваются как бы вынужденно, в связи с изменением всей системы.

К самоуправляющимся (саморегулирующимся) системам относятся те из них, которые не изменяют своих параметров, своего состояния даже при изменениях воздействий на них внешних факторов. Происходит это как раз в результате самоуправления.

А. Н. Ляпунов (1958) так и определяет понятие саморегулирующихся систем: «Саморегулирующимися системами называются такие системы, которые обладают способностью устойчиво сохранять некоторое состояние или некоторую характеристику своего состояния, несмотря на воздействие внешних факторов, имеющих тенденцию нарушать это состояние. Например, организмы высших животных обладают способностью поддерживать свою температуру на постоянном уровне, несмотря на изменения теплоотдачи во внешнюю среду».

Если бы процесс размножения и развития организмов, как процесс диалектического взаимодействия организма и среды, был саморегулирующимся, то численность видов не имела бы причин так интенсивно изменяться из года в год. Каждый раз у организма возникала бы такая ответная реакция на изменения среды, которая регулировала бы интенсивность биологического процесса, исключая ее ежегодную большую изменчивость. Видимо, если бы не было активности организма в использовании среды, биологическое воспроизводство изменялось во времени в еще больших пределах, чем это есть в действительности.

В этом случае, нам кажется, смешиваются понятия привнесенной регуляции с саморегуляцией.

Б. М. Кедров (1962) в своей философской работе «Предмет и взаимосвязь естественных наук», являющейся одной из частей серии его работ «Диалектический материализм и современное естествознание», издаваемой Научным советом по философским вопросам естествознания Академии наук СССР, рассматривает философскую основу сущности таких понятий, как «самонзреживание, самоуничтожение» в биологии, и характеризует их как уступку телеологизму, как отход строгого детерминистического объяснения явлений природы. Признанием саморегуляции в процессах живой природы неизбежно приписывается ей определенная «цель», для осуществления которой организм направляет свою деятельность в интересах вида. Этим самым, как указывает Б. М. Кедров, «детерминистическое объяснение явления (отвечающее на вопрос «почему») подменяется принципиально неверным, ненаучным и по сути дела телеологическим объяснением, которое пытается отвечать на вопрос: не «почему», а «зачем».

Принцип, на котором организуется система, т.е. количественные связи элементов системы между собой и со всей системой, имеет важнейшее следствие, заключающееся в том, что, пользуясь одним или несколькими элементами систем, можно иметь представление о динамике всей системы или других ее элементов. Возможности, открывающиеся при этом, весьма значительны. Даже такие сложные системы, как рассматриваемые нами, организующиеся на диалектическом взаимодействии живой и неживой природы, могут практически использоваться и тогда, когда число элементов ограничено информацией. При системном подходе к изучению процессов в природе возможно «перешагивать» через недостающие звенья элементов в цепи взаимодействия, если по ним отсутствует информация или если она недоброкачественна, не искажая при этом все последующие звенья.

Так как в природе земного шара связи элементов между собой распространяются на системы любых масштабов — от узколокальных до всей оболочки Земли — создаются почти неограниченные (в пределах планеты) возможности практического использования этих связей. По изменениям интенсивности одного из элементов любой системы и их подсистем можно судить об интенсивности процессов в любых других системах.

Если отсутствует необходимая информация, например, по такому звену в целом, как химические процессы, а имеется информация только по физическим и биологическим процессам, то и тогда на основе структурных связей, минуя химическое звено в цепи биологического воспроизводства, в первом приближении можно установить связи непосредственно между физическими и биологическими звеньями всего процесса воспроизводства. В данном случае только немногие элементы будут иметь непосредственно причинные связи, тем не менее закономерности, вскрытые на этом уровне исследования, не теряют своего теоретического и практического значения. Примером в этом отношении могут служить полученные нами закономерные связи одного из начальных звеньев биологического воспроизводства — физического элемента системы, например, запаса тепла в море или стока рек с конечным звеном, т.е. изменениями численности промысловых рыб.

Таким образом, управляющие системы в природе имеют не только познавательный но и практический смысл. Практический аспект таких систем многообразен, поскольку вскрываемые в них закономерные связи служат основой прогноза процессов на будущее время.

Для практических целей требуется разработка математических моделей систем. Уровень разработки модели системы зависит от наличия необходимой информации, от которой также зависит и полнота привлекаемых элементов. Практически весьма полезной может быть модель, разработанная вначале на самых простых математических связях и с ограниченным числом элементов. По мере накопления информации и повышения ее репрезентативности первичный уровень модели будет совершенствоваться по степени вероятности связей, по широте охвата процессов и т.д. На начальном этапе модель может решаться и без сложной вычислительной техники, путем установления, например, двучленных или множественных коррелятивных связей элементов.

Системы в природе организуются на связях очень большого числа элементов, информация по которым в сумме настолько велика, что моделирование в таком объеме представляет собой задачу очень большой сложности, хотя и осуществимую. Конечное решение такой модели невозможно без разработки сложного алгоритма и решения его с помощью вычислительной техники.

Однако до проведения таких работ в полном объеме, можно осуществить моделирование систем на более простом уровне, используя один из принципов кибернетики, т.е. приводя сложные системы к более простым, состоящим из весьма ограниченного числа тех элементов, связи между которыми уже изучены.

В такой системе, как морской водоем, нами исследовались закономерности ежегодных изменений ее элементов. При этом для обобщенного выражения динамики системы находились индикаторы. В одних системах индикатором может служить запас тепла в море, в других — степень зимнего охлаждения (ледовитость), в иных — величина стока рек и т.д. Различие характера индикаторов объясняется тем, что, например, в системе, представляющей собой глубоководный водоем, динамика системы достоверно характеризуется изменениями запаса тепла всего слоя воды. В мелководных водоемах более репрезентативен в этом отношении будет сток рек, представляющий собой интегральную характеристику атмосферных процессов (накопление осадков) за всю холодную часть года. Зимние же атмосферные процессы регулируют не только величину стока, но и интенсивность процессов в самом водоеме, особенно мелководном. Со стоком же рек непосредственно связана и динамика ряда элементов водоема. Поэтому в мелководных водоемах показатель запаса тепла не репрезентативен.

Динамика многих элементов мелководного водоема, особенно изолированного от океана или с органичным водообменом с ним, почти целиком зависит от взаимодействия с атмосферой. Однако в холодную часть года водные массы теряют непосредственную связь с происходящими в атмосфере процессами, так как они покрыты льдом. В этом случае индикатором системы может быть такая интегральная характеристика атмосферных процессов за всю холодную часть года, как сток рек. Со стоком же рек непосредственно связаны изменения многих элементов системы.

Следовательно, моделирование системы на первоначальном, но уже практически полезном этапе может ограничиваться подобного рода индикаторами. Это значительно упрощает задачу и ускоряет практическое использование моделей.

Для включения в модель системы такого звена, как атмосфера, мы пока не выбрали окончательного индикатора, обобщающего эти процессы. Однако наши и другие исследования показывают, что таким индикатором может быть показатель преобладания в году, особенно зимой, меридианального или зонального типа атмосферной циркуляции, выраженный числом случаев повторяемости.

Биологические процессы могут быть включены в модель системы величиной биомассы рыб и пищевых организмов (планктона и бентоса). Относительная величина урожая рыб и сформировавшееся из ряда поколений промысловое стадо оцениваются по производительности промысла, а в ряде случаев только уловами. Эти показатели используются в тех случаях, когда они в наибольшей мере репрезентативны.

Каждая биологическая часть системы (подсистема) нами представлена теми промысловыми рыбами, которые в значительной мере исчерпывают видовую специфику системы. Так, для Азовского моря используются выявленные нами закономерности урожая рыб планктофагов (хамса), бентофагов (лещ) и хищников (судак). В то же время эти рыбы по характеру размножения делятся на морских (хамса) и речных (судак, лещ).

Управляющие системы на разработанной нами стадии их моделирования могут быть использованы в практических, т.е. в прогности-

ческих целях, что и осуществляется нами на протяжении последних лет в виде краткосрочных и долгосрочных прогнозов.

К краткосрочным прогнозам относятся расчеты процессов на год вперед, т. е. с годичной заблаговременностью. Для этой цели по соответствующим уравнениям производится расчет элементов и прежде всего того или иного из указанных ранее индикаторов. Пользуясь нашей методикой, эти расчеты можно делать в декабре или январе на весь последующий год. Связи биологических процессов с абиотическими используются для установления уровня урожая рыб в предстоящем году. Прогноз урожая организмов еще не представляет собой промысловый прогноз, так как только через определенное количество лет рыба достигнет промыслового возраста и будет служить объектом промысла. Таким образом, краткосрочный прогноз урожая организмов в то же время служит основой долгосрочного промыслового прогноза, заблаговременность которого определяется временем достижения рыбой промыслового возраста. Для хамсы это время равно 1—2 годам, для трески — начиная от 4 лет и т. д.

Так как промысловое стадо почти всегда состоит из нескольких поколений рыб, то в прогнозе нами учитывается интенсивность урожая всех поколений (по абиотическим условиям в соответствующие прошлые годы).

Разработанный метод представляет возможность и долгосрочного прогнозирования. Для этой цели используются закономерности многолетней изменчивости интенсивности процессов. За такую закономерность мы принимаем многолетние квазипериодические колебания с периодом от 5 до 20 лет.

Нами отмечалась (Ижевский, 1961) квазипериодическая изменчивость, существующая в процессах природы. Для прогноза мы используем 4—6, 8—10 и 18—20-летнюю изменчивость. Природные процессы настолько многочисленны и многообразны, что установить суммарную амплитуду указанных периодических изменений пока не удалось. Однако, чтобы в долгосрочном прогнозировании не ограничиваться только тенденцией предстоящих изменений и сроков наступления экстремальных характеристик (максимумов и минимумов), что само по себе тоже очень важно, следует для количественной оценки предсказываемых условий находить аналоги в прошедших годах.

ЛИТЕРАТУРА

- Ижевский Г. К. Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей. М., Пищепромиздат, 1961.
- Кедров Б. М. Предмет и взаимосвязь естественных наук. Изд-во АН СССР, 1962.
- Ляпунов А. А. О логических схемах программ. Проблемы кибернетики. Вып. 1. М., Физматгиз, 1958.
- Уткин И. А. Методологический семинар по философским проблемам современной биологии. «Вопросы философии», № 12, 1960.