

УДК 51 : 639.2.053.8

**О ПРИМЕНЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ  
ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗАПАСОВ РЫБ И ПРОМЫСЛА\***Т. Ф. Дементьева, А. В. Засосов,  
К. А. Земская, П. А. Моисеев

Советское рыболовство за послевоенный период вышло на первое место в мире по вылову рыбы, обеспечив в 1975 г. добычу 9,9 млн. т, из которых 9 млн. выловлено в морях и океанах.

Однако требования, предъявляемые к рыбному хозяйству СССР, определяемые необходимостью полного удовлетворения потребностей населения и промышленности нашей страны, делают необходимым в ближайшие 10—15 лет вылов в морях и океанах значительно увеличить.

Для выполнения планов вылова необходима мобилизация всех возможностей промышленности и рыбохозяйственной науки. При планировании возможных уловов, в первую очередь, нужно учитывать не только состояние сырьевой базы, но и те новые формы регулирования промысла, в которые вступает международное рыболовство, поскольку темпы его развития чрезвычайно высоки: довоенный уровень добычи в 20 млн. т был достигнут к 1948 г.; в 1956 г. он дошел до 30 млн. т, затем за пять лет увеличился еще на 10 млн. т, а на следующие 10 млн. т потребовалось всего три года.

Рост числа добывающих судов и объема добычи повысил интерес к проблеме рационального построения промысла и уточнению способов оценки состояния основных промысловых видов рыб.

При правильной разработке и выполнении намечаемых планов вылова необходимо понимать причины изменения запасов и возрастания уловов при увеличении числа орудий лова и промысловых судов.

Считая, что в дальнейшем морское рыболовство может развиваться только при согласованных действиях всех заинтересованных в этом стран, необходимо интенсифицировать изучение состояния запасов и промысла. Использование методов оценки численности рыб, а также состояния их промысла, приобретает особо важное значение. Без применения таких методов и их совершенствования советская рыбохозяйственная наука и промышленность могут оказаться в чрезвычайно тяжелом положении. Учитывая современное состояние Мирового рыболовства, все возрастающую напряженность промысла, усиление практики квотирования уловов на основе международных договоров и соглашений, а также возможные изменения планирования добычи, обусловленные вероятными изменениями международного режима использования

\* Доклад сделан на симпозиуме «Организация и результаты исследований запасов промысловых рыб и беспозвоночных с применением математических моделей» (Калининград, 3—6 июня 1974 г.).

открытых вод Мирового океана, необходимо считать одним из актуальнейших и основных аспектов рыбохозяйственных исследований оценку состояния запасов объектов океанического промысла методами, опирающимися на математическое моделирование. Приоритет разработки математических методов бесспорно принадлежит советским ученым [1, 5].

Рыбохозяйственные исследования в нашей стране поставлены широко: в системе МРХ СССР работает 10 научно-исследовательских институтов, объединяемых ВНИРО, в штате которых насчитывается более 3 тыс. чел. Используется огромный научный и поисковый флот (более 150 судов), в том числе несколько десятков крупных судов, способных осуществлять круглогодичные исследования в различных частях Мирового океана.

Развитие рыбохозяйственных исследований содействовало успешному поиску промысловых скоплений, изучению их биологических характеристик, особенностей распределения и состояния их запасов.

Были установлены закономерности изменений численности многих важнейших промысловых объектов, произведена оценка запасов промысловых популяций в шельфовых зонах океана, определена потенциальная рыбопродуктивность Мирового океана и его районов. Получены важнейшие данные о биоресурсах районов поднятий океанического ложа и обширных участков океанической эпипелагиали.

Определено состояние запасов многих промысловых видов, а также тенденции их изменений в ближайшие годы и на более отдаленный период. На основании этих исследований составляются прогнозы возможного вылова основных промысловых объектов на различные периоды времени, широко используемые промышленностью.

Видовая специфика промысловых объектов, степень их изученности, океанологические особенности водоемов или отдельных частей Мирового океана диктуют необходимость использования различных методов оценки запаса и прогнозирования уловов.

Достижением советской рыбохозяйственной науки является создание комплексного метода прогнозирования запаса (по учету состава пополнения), разработанного Г. Н. Монастырским [13] на базе исследований, проведенных А. Н. Державиным и Л. Н. Чугуновым.

Этот метод, дополненный и уточненный впоследствии Т. Ф. Дементьевой, Е. Г. Бойко, А. Г. Кузьминым, с учетом специфики рыб и водоемов, весьма эффективен, о чем свидетельствует высокая оправданность прогнозов, основанных на элементах расчета по этому методу.

Преимущество метода учета состава пополнения состоит в том, что он основан на анализе общих параметров динамики численности популяций (пополнения, смертности, роста и созревания), но в то же время наиболее свободен от допущений. Определение численности по этому методу основывается на определении величины пополнения (о чем судят по учету молоди, анализу траловых съемок, возрастному составу уловов или же по изменению уловов на усилие) в отличие от других методов, где величина пополнения считается постоянной. Этот метод включает в себя и принятый в настоящее время за рубежом метод «фактической популяции» (virtual population), неудачно называемый у нас «методом виртуальной популяции».

К. Уатт [18] указывает, что метод «фактической популяции», как его назвал Фрай в 1949 г., имеет два больших преимущества: во-первых, только он дает надежную минимальную оценку численности популяции, во-вторых, как показал Палохаймо [21], идею, лежащую в основе метода оценки «фактической популяции», можно объединить с некоторыми идеями, почерпнутыми из других методов, и получить в итоге весьма эффективную методику.

Метод «фактической популяции» Фрая есть ни что иное, как метод А. Н. Державина, опубликованный еще в 1922 г. [5]. Им можно подсчитать как общую величину запаса, так и темп его использования. Для каждого вида промысла подсчитывается запас, состоящий из рыб различных поколений и выловленных в последующие годы. Процентное отношение улова к промысловому запасу характеризует интенсивность вылова в данном году. Уловы и запас выражаются в штуках и массе.

Существенным недостатком этого метода является обязательность расчетов запаса при одинаковой интенсивности промысла на многолетнем материале. Известно, что трудно найти рыболовство, где промысловая мощность оставалась бы неизменной в течение многих лет. По этой причине метод Державина не был полностью использован Монастырским и его последователями, так как в то время запасы рыб оценивали только для внутренних водоемов, где интенсивность рыболовства сильно варьировала и не было четких показателей уловов на усилии. Лишь К. А. Земской удалось рассчитать этим путем запасы леща в Северном Каспии [8].

При значительном изменении числа орудий лова эту величину исчисляют не от общего улова, а от показателей улова на «усилие» или же вводят поправочный коэффициент, как это было сделано Т. Ф. Дементьевой [4] при определении величины поколений и процента используемости промыслом стада аркто-норвежской трески в Баренцевом море методом А. Н. Державина.

Кроме того, поскольку метод «фактической популяции» недооценивает фактор естественной смертности, подсчитывается минимальная величина запаса. Бишоп [20] указала на причины ошибок этого метода и дала математическое обоснование смертности.

За рубежом метод «фактической популяции» нашел широкое применение. Поуп [22] сделал попытку ввести поправку на естественную смертность, получив таким образом запас более высокого уровня, чем в первоначальном расчете. Шумахер [23] использовал его для расчета величины запаса западно-гренландской трески.

Математическое описание метода дано также А. В. Засосовым [7] и В. Е. Риккером [14].

Нам представляется, что при соблюдении перечисленных условий, основываясь на количественном учете молоди и анализе биологических свойств популяции для расчета величины пополнения, этот метод должен быть более широко внедрен в рыбохозяйственные исследования как наиболее доступный для широкого круга биологов и наиболее достоверно отражающий изменения величины запаса. Кроме того, этот метод дает возможность решать две задачи, которые ставятся перед ихтиологами и пока решаются отдельно: определить степень использования запаса и составить прогноз возможного вылова. При этом метод «фактической популяции» ведет к значительному уточнению прогнозирования, так как дает возможность оценить величину остатка невыловленных поколений и рассчитать численность промыслового стада на следующий год. Таким образом, можно получить величину абсолютного запаса, т. е. восполнить недостаток метода учета состава пополнения.

С целью совершенствования метода и техники расчета с помощью ЭВМ Е. Я. Габович и Е. М. Малкин формализовали метод Державина и разработали алгоритм, который может быть рекомендован для оценки сырьевой базы и составления промысловых прогнозов [3].

Как уже указывалось, возможность применения этого метода ограничена определенными требованиями: необходимо наличие биологических характеристик, построенных на репрезентативном материале, и достаточный ряд наблюдений, продолжительность которого определяется

жизненным циклом изучаемого объекта. Отсутствие комплексной исходной информации снижает достоверность оценки запаса.

В этих случаях возникает необходимость использования других методов определения запаса: прямого учета абсолютной численности, а также методов, основанных на построении моделей популяции при ряде допущений.

Оценка запаса методом прямого учета абсолютного запаса была разработана в тридцатых годах на наших внутренних водоемах и с успехом применяется по сей день. В Азовском море метод траловых съемок используется для определения запаса тюльки и хамсы, судака и других рыб [10, 2].

В океанических районах рыболовства успешные опыты траловых съемок были предприняты в северо-западной, центрально-восточной и юго-восточной Атлантике.

При определении численности рыб в скоплениях используется гидроакустический метод, разработанный К. И. Юдановым [19], М. Д. Трускановым и М. Н. Щербино [17] (при оценке общего запаса атлантическо-скандинавских сельдей в период зимовки, а также запасов хека, анчоуса, минтая и других рыб в Тихом океане).

Еще большие возможности, очевидно, открывает использование космической техники.

Метод кибернетического моделирования популяции рыб впервые в нашей стране применил В. В. Меншуткин. Использованный им богатый биологический материал по питанию, росту и другим характеристикам окуня Карельских озер позволил построить машинную математическую модель конкретной популяции оз. Тюленего [12]. Ф. В. Крогиус, Е. М. Крохин, В. В. Меншуткин [9] разработали биологическую модель взаимосвязанных процессов в динамике численности красной из оз. Дальнего. Эта работа получила государственную премию.

Математические методы расчета запасов промысловых объектов в нашей стране еще не нашли достаточного практического применения. Имеются лишь работы, в которых подсчитаны запасы или же составные части динамики численности популяций. Представители советской рыбохозяйственной науки участвуют на международных совещаниях в рабочих группах по оценке запасов тех или иных промысловых стад. Их деятельность ограничивается лишь поисками, и в лучшем случае завершается публикациями (работы И. И. Серобабы [16] по оценке запасов минтая, В. А. Рихтера [15] по морскому налиму и Ю. Н. Ефимова [6] по тихоокеанскому хеку).

Рекомендации рыбной промышленности о величине промысловых запасов и возможному вылову нередко ограничиваются не конкретными показателями, а примерными оценками — «на уровне прежнего», «больше», «несколько меньше». Так, в прогнозах годичной заблаговременности лишь по очень небольшому числу промысловых видов приводятся величины общего запаса, а также указываются методы, которыми он был определен, и дается величина возможного изъятия запаса. Лучшее всего в этом отношении обстоит дело в Полярном институте. Подобные данные приводятся по треске и пикше Баренцева моря, мойве и сайке, по лабрадорской треске, по треске и окуню банки Флеминг-Кап.

Из огромного количества промысловых объектов, включаемых в прогнозы Атлантического института, только в некоторых случаях дается величина биомассы (сельдь и пикша Северного моря, аргентина банки Браунс, сельдь в районе Новой Англии).

Однако сотрудниками Атлантического института ведутся дальнейшие разработки методов определения смертности и оценки запасов основных океанических промысловых рыб, о чем свидетельствуют доклады, направляемые на сессию ИКЕС, ИКНАФ и в другие международные организации. К сожалению, результаты этих исследований не нахо-

дят должного отражения в представляемых институтом прогнозах вылова этих видов.

Прогнозы Тихоокеанского института лишь бегло касаются величины запасов калифорнийского анчоуса, мнятая в Беринговом море и у Алеутских и Командорских островов, скумбрии в северо-западной части Тихого океана и тихоокеанского хека. Указывается также величина нерестовых стад (по данным аэровизуальной съемки) горбуши, кеты и красной. Этим и ограничиваются суждения о величинах запасов промысловых объектов в морях Дальнего Востока. Однако в районах Ванкуверо-Орегонском и Калифорнийском проводилась гидроакустическая съемка и сделана оценка запасов анчоуса, хека и морских окуней. Проведена оценка запасов скумбрии, а также путассу. К сожалению, в сводных работах Тихоокеанского института по состоянию запасов промысловых видов и прогнозе возможного их вылова эти сведения отсутствуют.

Состояние запасов основных промысловых рыб внутренних морей СССР (Черного, Азовского, Каспийского, Балтийского) изучены полнее и разностороннее. Многолетние ряды наблюдений позволяют исследователям иметь биологическую информацию, на основе которой для многих видов установлены основные закономерности в динамике их численности. Знание биологических свойств популяций, а также ежегодно проводимые учеты урожая молоди дают возможность делать расчет величины пополнения и остатка в промысловом стаде, оценивать величину запаса и возможного изъятия и даже судить о возрастном составе предстоящих уловов.

Прогнозы, разрабатываемые для промысловых видов наших внутренних морей, имеют наиболее высокую оправдываемость и служат биологическим обоснованием для разработки мероприятий по регулированию рыболовства.

Проблема регулирования рыболовства не решена до наших дней, но за долгую историю ее развития выработан ряд ограничений и мер охраны рыбных ресурсов. Они, к сожалению, в подавляющем большинстве случаев пока еще не принесли особой пользы ни ресурсам, ни промысловикам, видимо, потому, что обычно применялись слишком поздно, не очень продуманно, часто в малых масштабах. Не останавливаясь на деталях, необходимо отметить, что все эти меры регулирования не в состоянии содействовать построению рационального промысла без контроля за тем, какая часть рассматриваемого запаса попадает в улов.

Частично можно регулировать улов посредством запретов, охраны производителей, введением лимитов и т. д., но полностью — только установлением принудительной квоты, изменяемой в соответствии с измеренным воздействием промысла на запас и его пополнение. Соблюдение установленной квоты в известной мере способно служить гарантией возможности получения максимального уравнившегося улова.

Подобный контроль тоже требует отчетливого представления о величине запаса и о характере воздействия на него как промысла, так и упомянутых мер и ограничений.

Обострение интереса к проблеме построения рационального промысла придает особое значение необходимости изучения биопродуктивности океана. Возрастающая интенсивность промыслового использования многих традиционных объектов, подчас приводящая к разрушению сложившихся экосистем и необратимым изменениям генетической структуры популяций, ставит вопрос о целесообразности выборазведения морских видов и освоения промыслом океанических биоресурсов более низкого трофического уровня. С этим же логически связаны проблемы разработки методов управления биологическими процессами, перехода в дальнейшем от современного рыболовства-охоты к рациональному и управляемому рыбному хозяйству с повышенной и более устойчивой

рыбопродуктивностью. Решение всех этих проблем требует четкого знания численности рыб. Эти трудноразрешимые даже в условиях замкнутого водоема проблемы становятся неизмеримо более сложными в Мировом океане.

Проблема использования рыбных запасов и построения рационального рыбного хозяйства, обсуждавшаяся еще во время В. К. Бражникова, В. А. Кевдина, Н. М. Книповича и других видных ученых, наиболее полно была изучена и сформулирована талантливейшим рыбохозяйственным исследователем В. И. Мейснером [11], который отмечал, что «определение количества подлежащей к вылову рыбы в рационально построенном плановом хозяйстве необходимо не только с точки зрения сохранения баланса водоема: от определения количества и качества (соотношение пород) предполагаемого улова зависит разработка всего производственного плана, расчета потребных средств, производственных мощностей и рабочей силы».

В некоторых гипотезах и разработках были сделаны попытки дать объяснение изменениям, происходившим в рыболовстве, и выработать практические рекомендации. Так возникли теории размножения, разрежения, роста, оптимального вылова, формальная теория жизни рыб и теория использования рыбных запасов, некоторые из которых вызвали длительные и ожесточенные дискуссии. Однако все они мало способствовали разработке основ рационального использования рыбных ресурсов.

Построение рационального рыболовства сопряжено с необходимостью теоретического обоснования планирования уловов и величины рыболовного усилия. Решение этой проблемы требует не только представления об абсолютной величине запаса, но и знания характера его изменений под влиянием факторов внешней среды (в том числе и рыболовства).

Появившиеся за последние два—три десятилетия зарубежные разработки по использованию в области рыбохозяйственных исследований элементов математического моделирования опираются на целый ряд предположений. Наиболее существенное из них и меньше других согласующееся с действительностью то, что запасы рыб и промысел в большинстве из них рассматриваются в устоявшемся (стабильном) или близком к этому состоянии.

Применение почти всех математических способов оценки абсолютной численности стада, его параметров и состояния промысла обусловлено необходимостью иметь результаты наблюдений за стадом за промежутки времени, продолжительность которого превышает продолжительность промыслового периода жизни рыб рассматриваемого вида.

Начинаясь исследования должны с распознавания, или идентификации изучаемого промыслового стада. Для этого в зависимости от биологических особенностей объекта используют меристические, морфологические, гистологические, серологические и другие признаки, изучение которых позволит определить границы и установить ареал рассматриваемого стада.

Для получения наиболее информативных исходных данных для идентификации и для оценки параметров стада и промысла необходимо правильно организованное обследование. При планировании отбора проб из уловов наряду с биологическими особенностями изучаемого объекта и спецификой решаемых вопросов необходимо принимать во внимание теоретические рекомендации выборочного обследования, которые в свою очередь должны учитывать особенности структуры стада, техники лова и репрезентативность мест и сезонов лова.

Одним из наиболее существенных факторов, определяющих состояние численности стада, является гибель его особей, оценить которую невозможно без теоретических построений. Оценка смертности необхо-

дима при исследованиях, а при планировании обследования стада, как правило, определяет основной объем как полевых, так и камеральных работ.

Все способы оценки степени общей, промысловой и естественной смертности опираются на предположение о постоянстве смертности и основаны, как правило, на результатах изучения состава уловов, которые в этом случае должны исчисляться штучно.

Для определения коэффициента промысловой смертности нужно подсчитать количество труда, затрачиваемого на вылов, и интенсивность промысла, для чего необходимо измерить развиваемое усилие и напряженность производственной деятельности промысловых судов или орудий лова. Однако измерить усилие, затрачиваемое на обнаружение и вылов объекта промысла, невозможно без решения проблемы промысловой мощности, что до сих пор, к сожалению, еще не завершено.

Все методы оценки степени эксплуатации и подавляющее большинство способов вычисления коэффициента промысловой смертности опираются как на изучение возрастного состава, так и на определение промысловой мощности, общего рыболовного усилия, оценки интенсивности промысла.

Не менее важным фактором, определяющим состояние численности промыслового стада, является, как указывалось выше, пополнение, закономерности изменения которого, а также учет процессов размножения и развития требуют отражения в теоретических построениях при математическом моделировании. Характер изменения соотношения нерестового запаса и соответствующего пополнения оказывается одной из основных и в то же время самой малоизученной проблемой промысловой ихтиологии.

При изучении закономерности воспроизводства многие исследователи для упрощения пренебрегают процессами, управляющими формированием численности поколений на ранних стадиях их существования и определяют только соотношение численностей родительского стада и произведенного им потомства в момент вступления в состав промыслового стада. Однако и такое изучение закономерностей воспроизводства, и его моделирование обычно осложняется отсутствием достаточно долгого ряда наблюдений за нерестовым стадом и пополнением. Результаты таких наблюдений, безусловно, позволили бы лучше понять сущность компенсаторного механизма, управляющего численностью промыслового стада. Моделирование этого механизма способствовало бы объяснению сущности колебаний численности запаса не только более полному, но и более правильному, основанному на расчетах и лишенному элементов интуитивного подхода к решению организационно-практических вопросов промысла.

Известно, что в ходе развития теоретических разработок проблемы построения рационального рыболовства сложилось два различных способа отображения результатов воздействия четырех основных факторов (пополнения, роста, промысловой и естественной смертности) на состояние численности промыслового стада и величины возможного улова. При использовании одного из них величина возможного улова рассматривается как функция нескольких переменных, т. е. каждого из упомянутых факторов, а при использовании другого — как функция одной переменной — степень естественного прироста. В соответствии с этим и все теоретические разработки можно разделить на две категории. К одной следует отнести те, которые посвящены отображению динамики и позволяют проследить характер изменения численности промыслового стада и величины возможного улова в зависимости от каждого из четырех факторов, а к другой категории те, которые отражают результаты только совокупного воздействия всех факторов и посвящены концепции уравновешенного улова. Согласно этому результат математиче-

ских построений в первом случае можно назвать динамично-обобщенными моделями, а во втором — моделями логического типа.

С точки зрения рыбохозяйственных исследований весьма интересным кажется сравнение результатов, получаемых с помощью этих двух способов. Однако при рассмотрении улова как функции каждого из основных факторов в связи с отмеченной малой изученностью закономерности воспроизводства возникает сложность, препятствующая представлению численности промыслового стада, а следовательно и величины потенциального улова как переменной, зависящей от пополнения. Это затруднение нетрудно преодолеть, введя отношение улова к пополнению, которое можно считать показателем изменения общего возможного уравновешенного улова, вычисляемого в соответствии с упомянутой концепцией.

С созданием автоматизированной системы управления отрасли и включением в нее автоматизированной системы «Сырьевая база» возникают новые проблемы, связанные с широким использованием математических методов для оценки состояния биологических ресурсов морей и океанов. Как известно, упомянутая система состоит из нескольких подсистем — сбора, накопления и обработки данных, а также оценки состояния сырьевой базы, включая сюда краткосрочные и долгосрочные прогнозы.

В этой связи особое значение имеют разработки программы по оценке состояния запасов таких важнейших промысловых объектов, как сельдь, треска, минтай и некоторые другие. Так же важна разработка математических основ долгосрочных и краткосрочных прогнозов состояния биологических ресурсов в зависимости от изменения метеорологического и океанологического режима. Первые шаги в этом направлении сделаны в бассейнах Балтийского, Азовского и Северного морей, в Северо-Восточной Атлантике, Северо-Западной Пацифике и т. д.

Таким образом, широкое применение математических методов для понимания и программирования биологических явлений, в том числе оценки и прогнозирования состояния запасов водных объектов, с обязательным сохранением примата закономерностей, свойственных живому, — важнейшая задача рыбохозяйственных исследований.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов Ф. И. К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства. Изв. отдела рыбоводства и научн. пром. исследований. 1 (2), Петроград, 1918, с. 84—128.
2. Бойко Е. Г. Прогнозы запаса и уловов азовского судака. Тр. ВНИРО, т. 50, 1964, с. 45—88.
3. Габович Е. Я., Малкин Е. М. Опыт формализации биостатистического метода оценки относительной численности промысловых рыб. «Вопр. ихтиологии», т. 14, вып. 1 (84), 1974, с. 26—33.
4. Деметьева Т. Ф. Биологическое обоснование промысловых прогнозов. М., изд-во «Пищевая пром-сть», 1976, 320 с.
5. Державин А. Н. Севрюга (*Acipenser stellatus* Pallas) Биологический очерк. Изв. Бак. ихтиол. лабор. Т. 1, Баку, 1922, 112 с.
6. Ефимов Ю. Н. Определение влияния промысла на состояние запаса тихоокеанского хека Ванкуверо-Орегонского района. В кн.: Промышленное рыболовство, т. 2, М., 1973, с. 5—28.
7. Засосов А. В. Теоретические основы рыболовства. М., Изд-во «Пищевая пром-сть», 1970, 291 с.
8. Земская К. А. Рост и половое созревание северокаспийского леща в связи с изменением его численности. Тр. ВНИРО, т. 34, 1958, с. 63—86.
9. Крогиус Ф. В., Крохин Е. М., Меншуткин В. В. Сообщество пелагических рыб оз. Дальнего (опыт кибернетического моделирования). Л., «Наука», 1969, 86 с.



10. Майский В. Н. Об оценке запасов азовской тюльки. Тр. ВНИРО, т. 67, 1967, с. 190—197.
11. Мейснер В. И. Основы рыбного хозяйства. Снабтехиздат, 1932, 141 с.
12. Меншуткин В. В., Жаков Л. А. Опыт математического моделирования характера динамики численности окуня в заданных экологических условиях. В сб. «Озера Карельского перешейка», М.—Л., «Наука», 1969, 86 с.
13. Монастырский Г. Н. Динамика численности промысловых рыб. Труды ВНИРО, т. 21, 1952, с. 3—162.
14. Риккер В. Е. Биостатистический метод А. Н. Державина. «Рыбное хозяйство», № 10, 11, 1970, с. 6—8.
15. Рихтер В. А. Оптимальная интенсивность промысла красного морского налима западной части Атлантического океана. «Вопр. ихтиологии», 1970, т. 10, вып. 6, с. 882—990.
16. Серобаба И. И. Биология и состояние запасов минтая Берингова моря. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. биол. наук. Владивосток, ТИРО, 1974, 27 с.
17. Трусканов М. Д., Щербино М. Н. Гидроакустический метод определения численности рыб в скоплениях. Тр. ВНИРО, т. 67, 1967, с. 243—252.
18. Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. Перевод с англ. М., «Мир», 1971, 222 с.
19. Юданов К. И. Возможности гидроакустического метода определения численности рыб. Тр. ВНИРО, т. 67, 1967, с. 252—255.
20. Bishop, J. Errors in estimates of mortality obtained from virtual populations. J. Fish. Res. Bd. Can. v. 16 (1), 1959, pp. 73—90.
21. Paloheimo, J. E. A method of estimating natural and fishing mortalities. J. Fish. Res. Bd. Can., v. 15, 1958, pp. 749—758.
22. Pope, J. G. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. ICNAF, No. 9, pp. 65—75.
23. Schumacher, A. Bestimmung der fischereilichen Sterblichkeit beim Kabeljaubestand von Westgrönland. Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch., 21, 1970, H. 1—4, S. 248—259.

*Some application of mathematical methods to the  
assessment of fish stocks and fisheries*

T. F. Dementyeva, A. V. Zassosov, K. A. Zemskaya, P. A. Moiseev

SUMMARY

In view of the intensive development of marine fisheries the usage of mathematical methods of the assessment of the absolute abundance of fish and state of fisheries has become very important. It is associated with a necessity of providing a scientific basis for planning catches and components of the fishing fleet. To solve this principle problem it is necessary to study the pattern of variations in the stock size under the influence of environmental factors. The study is also very important for the assessment of the reproduction of fish and recruitment. To make predictions of catches it is necessary to evaluate the recruitment size as a variable. In this case the methods of assessment of the relative abundance of the population are applied. When supplemented with the Derzhavin—Fry method they may be used for the assessment of the absolute abundance of the stock.