

УДК 639.2.053.2 : 577.472(262.81)

## ЕЖЕГОДНЫЕ И МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ И ФАКТОРЫ, ИХ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ

Н. А. Тимофеев

Известно, что изменение климата в 30—40-х годах нашего столетия, а затем и действие антропогенных факторов резко изменили условия воспроизводства различных организмов, обитающих в Северном Каспии. В связи с этим перед исследователями встал и в определенной мере продолжает стоять вопрос о том, какие факторы и, главное, в какой степени влияют на изменение различных аспектов биологического режима Северного Каспия. Этому вопросу посвящена настоящая работа.

В результате многолетних исследований были определены основные факторы, вызывающие изменение биомассы и распределения основных групп гидробионтов Северного Каспия, включая и рыб. Частично была рассмотрена и количественная сторона действия этих факторов. Во всех случаях теснота связей оценивалась величиной коэффициента корреляции.

Но анализ полученных связей и временных изменений сопоставляемых характеристик показал, что во многих случаях теснота связей обусловлена в основном корреляцией между компонентами низких частот. В этих случаях корреляция между компонентами высоких частот может отсутствовать вовсе или даже иметь обратный знак (Пановский и Брайер, 1972). Например, полученная Н. И. Винецкой (1965) связь между биогенным стоком Волги и величиной первичной продукции в западной губоководной зоне Северного Каспия оценивается ею  $r = 0,83$ . В то же время в восьми случаях из 16 направленность ежегодных изменений у этих характеристик оказалась противоположной (рис. 1). Следовательно, ориентироваться на величину этого коэффициента при прогнозировании короткопериодных (ежегодных, например) изменений величин первичной продукции по биогенному стоку было бы неверно.

Чтобы численно эффективнее характеризовать связи для прогнозирования, следует сопоставлять отдельные частоты исследуемых характеристик. Разделение частот можно выполнить достаточно точно и строго, пользуясь спектральным или гармоническим анализом. Но временные ряды данных для большинства биотических характеристик Северного Каспия за некоторые годы имеют пропуски, что не позволяет пользоваться строгими методами без предварительной работы по восстановлению пропущенных значений, поэтому мы использовали приближенные методы — выделили основную многолетнюю тенденцию в колебаниях рассматриваемой характеристики путем представления ряда исходных данных в интегрально-разностной форме (Гирс, 1957) и ежегодные изменения — путем представления данных в форме отношений каждого данного года к предыдущему. Для удобства изложения временные изменения, вы-

раженные в интегрально-разностной форме, были определены как многолетние, а в форме отношений — как ежегодные.

Специфика построения интегрально-разностных кривых несколько затрудняет представление фактического хода исследуемой характеристики. Но эти кривые наглядны при сравнении многолетних тенденций изменения двух или нескольких характеристик. Например, известная причинно-следственная связь между стоком Волги и соленостью вод Северного Каспия наиболее наглядна именно при сравнении интегрально-разностных кривых (рис. 2).



Рис. 1. Изменения величины первичной продукции в западной глубоководной зоне Северного Каспия в июне:  
1 — рассчитанной по стоку фосфатов (по Н. И. Винецкой, 1965);  
2 — фактической.

Для исследования ежегодных и многолетних изменений биотических характеристик (предиктантов) были выбраны величина первичной продукции, средняя биомасса фитопланктона, зоопланктона и зообентоса (в различных районах и по возможности в разные сезоны) и характеристики урожая и запаса полупроходных рыб.

Состав абиотических характеристик (предикторов)<sup>1</sup> был определен, исходя из наличия сведений по экологии рассматриваемых гидробионтов и многолетних рядов данных. Ими оказались различные параметры стока, гидрологического и гидрохимического режима моря, а также некоторые гидрометеорологические характеристики.

Все ряды исходных данных после представления в интегрально-разностной форме и форме отношений были объединены в массивы соответственно определенной группе гидробионтов (для ежегодных и многолетних изменений отдельно) и поступили в обработку на ЭВМ. На первом этапе с ЭВМ получали парные коэффициенты корреляции, характеризующие тесноту всех возможных в пределах данного массива связей, средние квадратичные отклонения (последние для составления уравнений регрессии). Парные коэффициенты корреляции записывались в матричной форме.

<sup>1</sup> Терминология заимствована из области прогнозов погоды.

При массовых сопоставлениях матричную форму записи парных коэффициентов корреляции следует рекомендовать как наиболее удобную и эффективную для анализа. Она позволяет характеризовать не только основные или искомые связи, т. е. связи между предикторами и предиктантами, но и побочные. Например, из каждой матрицы можно выяснить, как связаны между собой изменения различных видов и групп гидробионтов данного массива в одном районе, в разных районах, в разное время, изменения каких видов преобладают и т. д. Возможность же судить о взаимосвязанности предикторов позволяет делать предварительные за-

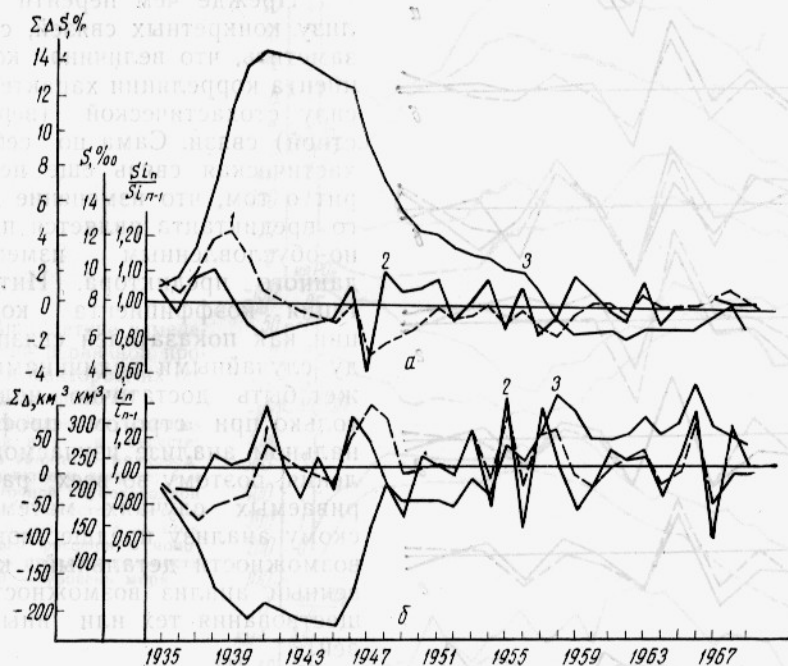


Рис. 2. Фактические 1, ежегодные 2 и многолетние 3 изменения солёности (а) вод Северного Каспия и стока Волги (б).

ключения о целесообразности их использования во множественной корреляции. Исходя из последнего обстоятельства, для каждого массива и был подобран состав предикторов, характеризующих изменения определенных предиктантов во множественных вариантах связей.

Полученные в результате машинной обработки коэффициенты множественной корреляции и детерминации, коэффициенты регрессии и свободные члены уравнения регрессии позволяют характеризовать и легко описать нужную связь.

Иногда бывает интересно и важно знать, какие факторы наилучшим образом определяют изменения всей группы гидробионтов данного массива, т. е. являются основными для этой группы. Матрица коэффициентов позволяет численно определить значимость каждого фактора. Для этого нужно вычислить среднюю абсолютную величину коэффициентов корреляции, характеризующих все связи для предиктантов данного массива, и по ней определить место данного фактора среди других. Если нужно определить значимость факторов для всех биотических характеристик, рассматриваемых в работе, то это можно сделать по сумме мест для всех массивов, или сначала вычислить средний коэффициент корреляции (абсолютную величину) для всех массивов и затем определить место каждого фактора.

Исходные данные, используемые в работе и характеризующие ежегодные и многолетние изменения различных биотических и абиотических характеристик Северного Каспия, взяты из работ В. Л. Левшаковой (1967), Н. И. Винецкой (1965), М. С. Кун (1965), В. Ф. Осадчих (1965), Д. Н. Катунина (1967), Л. Г. Виноградова и Е. А. Яблонской (1965), из гидрологических и гидрометеорологических ежегодников и ежемесячников.

Прежде чем перейти к анализу конкретных связей, следует заметить, что величина коэффициента корреляции характеризует силу стохастической (вероятностной) связи. Сама по себе стохастическая связь еще не говорит о том, что изменение данного предиктанта является причиной-обусловленным изменением данного предиктора. Интерпретация коэффициента корреляции как показателей связи между случайными величинами может быть достаточно надежной только при строгом профессиональном анализе изучаемого явления, поэтому во всех рассматриваемых случаях математическому анализу предшествовал по возможности детальный качественный анализ возможности существования тех или иных связей.

Изменение в количественном составе фитопланктона рассматривались по изменению его биомассы и интенсивности образования органического вещества. Основные сведения по этим характеристикам Северного Каспия взяты из работ В. Д. Левшаковой (1967) и Н. И. Винецкой (1965).

Наиболее значимыми параметрами, характеризующими ежегодные изменения биомассы фитопланктона различных районов Северного Каспия, оказались величина средней солености его вод как индикатор распределения морских и речных вод в Северном Каспии и соответственно — различных форм фитопланктона и продолжительность зимы и сток Волги в январе—апреле как индикаторы условий разви-

тия фитопланктона весной (Винецкая, 1965; Левшакова, 1967; Тимофеев, 1971а) (рис. 3).

Эмпирические сопоставления величин первичной продукции с раз-

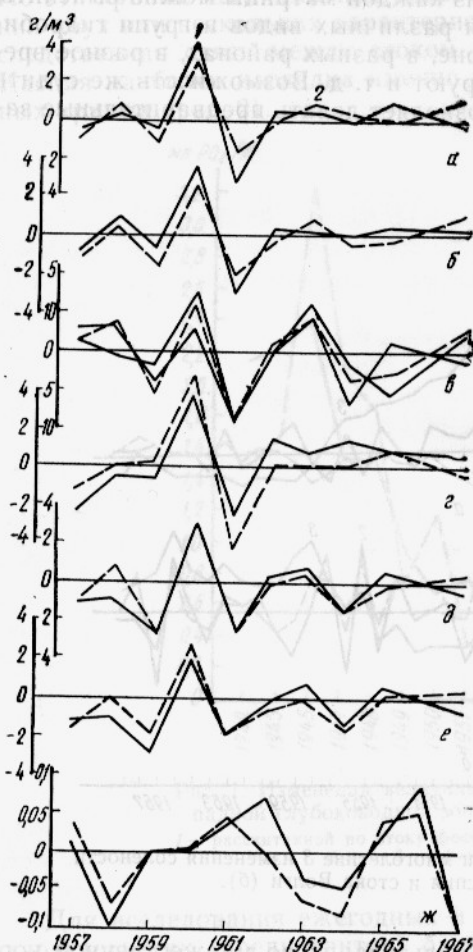


Рис. 3. Ежегодные изменения фактической 1 и расчетной 2 биомассы фитопланктона в апреле:

*a* — рассчитанной по солености Северного Каспия в апреле и продолжительности зимы для диатомовых Северного Каспия; *b* — по солености Северного Каспия и продолжительности зимы для ризосолений Северного Каспия; *в* — по солености западной части Северного Каспия в апреле, продолжительности зимы и стока Волги в январе—марте для фитопланктона юго-западного района; *г* — по солености Северного Каспия и стока Волги в апреле для диатомовых предустьевое пространство; *д* — по солености западной части Северного Каспия в апреле, продолжительности зимы и стоку Волги в январе—марте для фитопланктона юго-восточного района; *е* — по солености западной части Северного Каспия в апреле и продолжительности зимы для диатомовых юго-восточного района; *ж* — по стоку Урала в январе—апреле и стоку минерального фосфора с водами Волги в январе—марте для диатомовых уральской бороздины.

личными факторами среды в основном подтвердили значимость факторов, выделенных Н. И. Винецкой (1965). Для ежегодных изменений — это положительная связь со стоком Волги в половодье в глубоководной зоне и отрицательная — в мелководной. Помимо этого, на мелководье проявляется положительная связь с продолжительностью зимы и показательно, что связь с биогенным стоком даже не намечается.

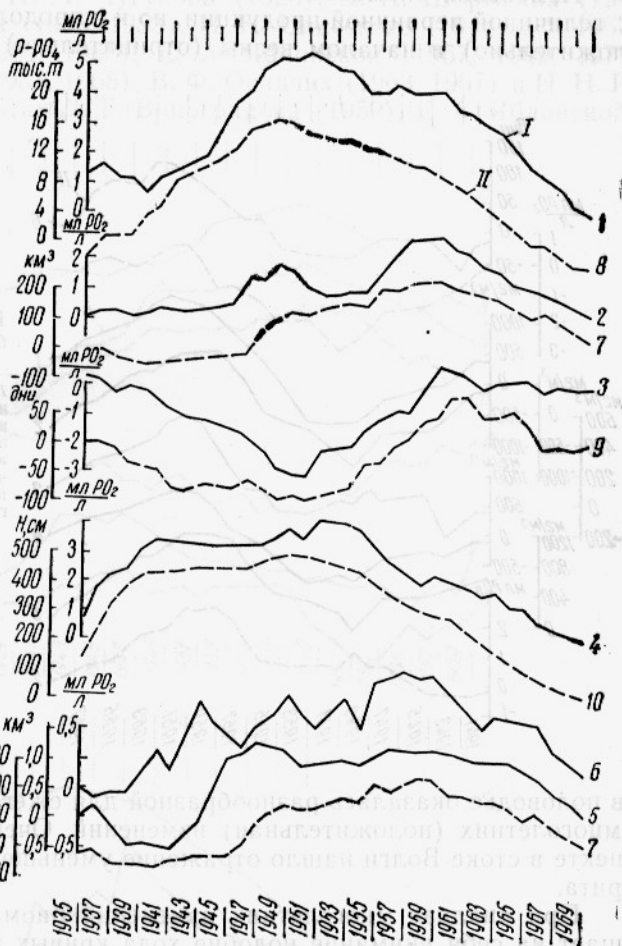


Рис. 4. Многолетние изменения величин первичной продукции I и факторов, их определяющих II:

1 и 2 — в западной глубоководной зоне в июне и августе; 3 и 4 — в западной мелководной зоне в июне и августе; 5 и 6 — в восточной глубоководной зоне в июне и августе; 7 — сток Волги в половодье; 8 — сток минерального фосфора в половодье; 9 — продолжительность зимы; 10 — уровень моря.

Характер многолетних изменений первичной продукции в разных районах весной и летом (рис. 4) позволяет сделать заключение о том, что зарегулирование стока Волги у Волгограда (1959) не только уменьшило величину первичной продукции, но и нарушило ранее существовавшие закономерности (характер хода величин первичной продукции в западной мелководной зоне в июне изменился относительно других кривых первичной продукции).

На многолетние изменения величин первичной продукции прежде всего влияет биогенный сток Волги, как в глубоководной (прямая связь), так и в мелководной зонах (обратная связь в июне и прямая — в августе). Как опосредованные проявляются связи величин первичной продукции западной мелководной зоны в июне со стоком фосфатов, началом весны и продолжительностью зимы, и в августе — с уровнем моря.

При рассмотрении изменений биомассы зоопланктона мы руководствовались в основном работами Лесникова и Матвеевой (1959), Кун (1965) и Курашевой (1971).

Результаты корреляционных сопоставлений подтвердили предположение о значительном влиянии состояния кормовой базы на изменение биомассы зоопланктона Северного Каспия в ежегодном и многолетнем аспектах и возможность использования величины первичной продукции западного мелководья в июне в качестве ее индикатора (Тимофеев, 1971 б).

Изменения биомассы зоопланктона оказались связанными не только с величиной первичной продукции, но и с продолжительностью зимы (положительно) и началом весны (отрицательно). Связь со стоком Волги

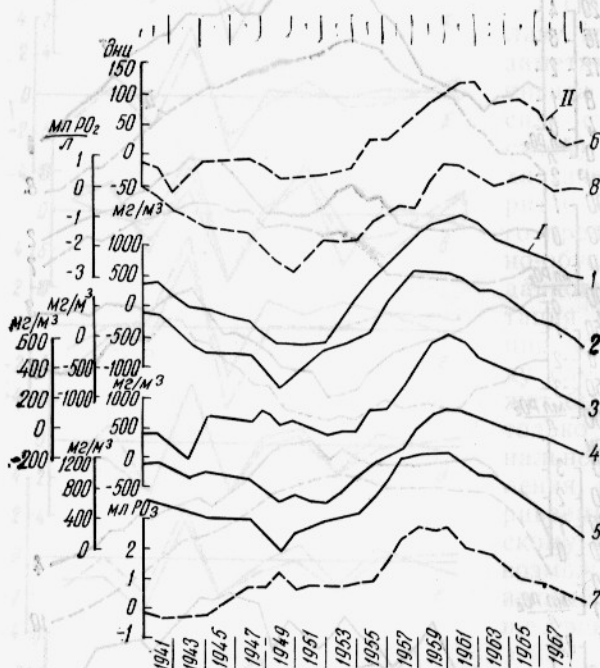
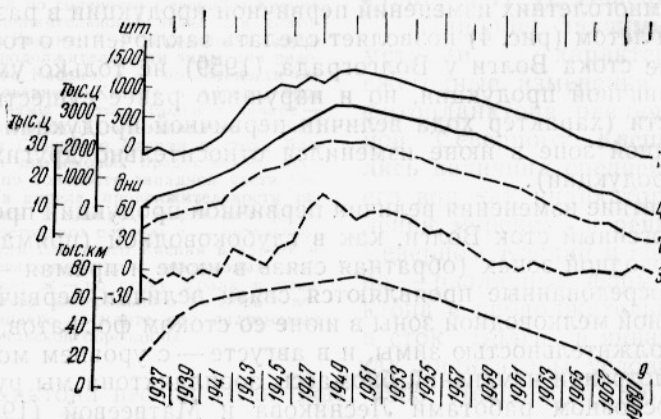


Рис. 5. Многолетние изменения биомассы зоопланктона I и факторов, их определяющих, II:

I и 2 — в западной части в июне и августе; 3 — в восточной части в июне; 4 и 5 — в Северном Каспии в июне и августе; 6 — продолжительность зимы; 7 и 8 — величина первичной продукции в западной глубоководной зоне в августе и в западной мелководной зоне в июне.

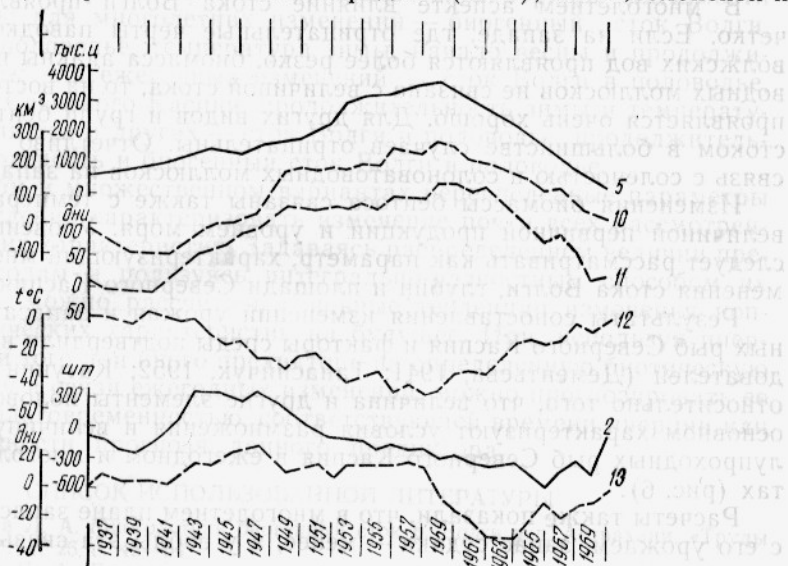
в половодье оказалась разнообразной для ежегодных (отрицательная) и многолетних (положительная) изменений. Очевидно, в многолетнем аспекте в стоке Волги нашло отражение уменьшение стока биогенов и детрита.

При анализе многолетних изменений биомассы зоопланктона обращает на себя внимание подобие хода кривых биомасс зоопланктона по



различным видам, районам и в разные месяцы (рис. 5). Этот факт интересен сам по себе и может свидетельствовать об общих причинах многолетних изменений биомассы зоопланктона различных видов в июне и августе, на западе и востоке.

Сведения, которые мы использовали при исследовании связей изменения биомассы бентоса Северного Каспия и различных факторов среды, содержатся в работах Н. Л. Чугунова (1923), А. А. Шорыгина (1945, 1952), Я. А. Бирштейна (1945, 1953), Н. Н. Спасского (1948 а, б, 1967), Л. Г. Виноградова (1959, 1965), Е. А. Яблонской (1967, 1969, 1971), А. Ф. Каревич (1952, 1953, 1968), В. Ф. Осадчих (1963, 1967) и Н. Н. Романовой (1956). В работах Л. Г. Виноградова (1959), Е. А. Яблонской и



б

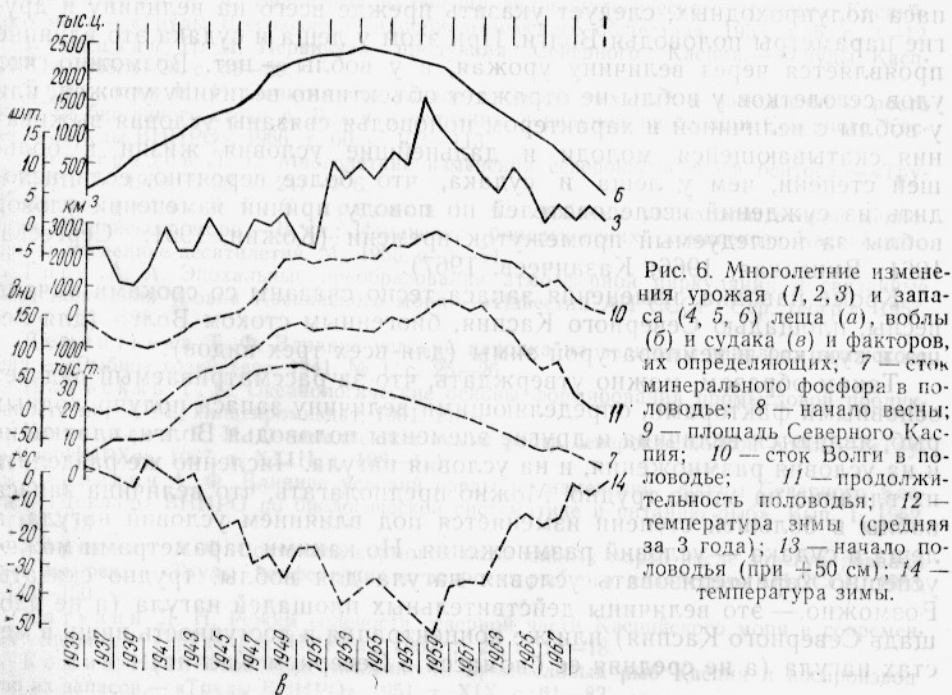


Рис. 6. Многолетние изменения урожая (1, 2, 3) и запаса (4, 5, 6) леща (а), воблы (б) и судака (в) и факторов, их определяющих; 7 — сток минерального фосфора в половодье; 8 — площадь Северного Каспия; 10 — сток Волги в половодье; 11 — продолжительность половодья; 12 — температура зимы (средняя за 3 года); 13 — начало половодья (при +50 см); 14 — температура зимы.

В. Ф. Осадчих (1973) и Г. К. Ижевского (1961) показано, что изменения различных видов и групп бентоса Северного Каспия наиболее тесно связаны с соленостью его вод, величиной стока Волги и уровнем моря.

Результаты наших расчетов показали, что для ежегодных изменений биомассы бентоса характерны наиболее тесные связи со стоком Волги, соленостью и температурой зимы (рис. 5). Трудно объяснить отсутствие связи у солоноватоводного комплекса бентосных организмов со стоком Волги. Скорее всего здесь проявляется некачественность исходных данных, так как если можно еще предположить наличие отрицательного влияния стокового течения на западе, то на востоке этого не должно быть.

В многолетнем аспекте влияние стока Волги проявляется более четко. Если на западе, где отрицательные черты паводкового потока волжских вод проявляются более резко, биомасса адакны и солоноватоводных моллюсков не связана с величиной стока, то на востоке эта связь проявляется очень хорошо. Для других видов и групп бентоса связи со стоком в большинстве случаев отрицательны. Отчетливо проявляется связь с соленостью и солоноватоводных моллюсков на западе.

Изменения биомассы бентоса связаны также с температурой зимы, величиной первичной продукции и уровнем моря. Уровень моря здесь следует рассматривать как параметр, характеризующий многолетние изменения стока Волги, глубин и площади Северного Каспия.

Результаты сопоставления изменений урожая и запаса полупроходных рыб Северного Каспия и факторы среды подтвердили выводы исследователей (Дементьева, 1941; Танасийчук, 1952; Катунин и др., 1971) относительно того, что величина и другие элементы половодья Волги в основном характеризуют условия размножения и величину урожая полупроходных рыб Северного Каспия в ежегодном и многолетнем аспектах (рис. 6).

Расчеты также показали, что в многолетнем плане запас леща связан с его урожаем, запас судака — менее, а у воблы эта связь практически отсутствует.

Из биологических факторов, влияющих на многолетние изменения запаса полупроходных, следует указать прежде всего на величину и другие параметры половодья Волги. При этом у леща и судака это влияние проявляется через величину урожая, а у воблы — нет. Возможно, что улов сеголетков у воблы не отражает объективно величину урожая, или у воблы с величиной и характером половодья связаны условия выживания скатывающейся молодежи и дальнейшие условия жизни в большей степени, чем у леща и судака, что более вероятно, если исходить из суждений исследователей по поводу причин изменений уловов воблы за исследуемый промежуток времени (Кожин, 1951; Сергеева, 1961; Ввицкая, 1966; Казанчеев, 1967).

Кроме паводка, изменения запаса тесно связаны со сроками начала весны, площадью Северного Каспия, биогенным стоком Волги (для леща и судака) и температурой зимы (для всех трех видов).

Таким образом, можно утверждать, что за рассматриваемый ряд лет основными факторами, определяющими величину запаса полупроходных рыб, являются величина и другие элементы половодья Волги, влияющие и на условия размножения, и на условия нагула. Численно же разделить их влияние на запас трудно. Можно предполагать, что величина запаса воблы в большей степени изменяется под влиянием условий нагула, а леща и судака — условий размножения. Но какими параметрами можно успешно характеризовать условия нагула для воблы, трудно сказать. Возможно, — это величины действительных площадей нагула (а не площадь Северного Каспия) или же концентрация и доступность пищи в местах нагула (а не средняя ее биомасса в Северном Каспии).



1. При исследовании связей элементов биологического режима Северного Каспия с элементами среды в прогностических целях сопоставления рекомендуется проводить по отдельным частотам колебаний.

2. Ежегодные изменения и основные многолетние тенденции можно выделить представлением рядов исходных данных в форме отношений каждого данного года к предыдущему и в интегрально-разностной форме.

3. Парные коэффициенты корреляции рекомендуется записывать в матричной форме, позволяющей численно выделять значимость каждого фактора для определения группы гидробионтов или для всех биотических характеристик, рассматриваемых в работе. В порядке значимости ими оказались: для многолетних изменений — биогенный сток Волги, сток Волги в половодье, температура зимы, начало весны и продолжительность зимы; для ежегодных изменений — сток Волги в половодье, соленость вод Северного Каспия, продолжительность зимы и температура весны; а для тех и других — сток Волги в половодье, продолжительность зимы, соленость и биогенный сток Волги в половодье.

4. В простом и множественном вариантах перечисленные параметры позволяют численно характеризовать изменение почти всех рассмотренных биотических характеристик. Задавая распределением величин предикторов по годам и пользуясь интегрально-разностным способом их представления, можно рассчитать основные тенденции изменения конкретных биотических характеристик на будущее. Или, используя инерцию в действии того или иного предиктора на определенную биотическую характеристику и связи ежегодных изменений, можно прогнозировать ее величину с заблаговременностью, соответствующей времени инерции или заблаговременности прогноза данного предиктора.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Барсукова Л. А. Многолетний биогенный сток р. Волги у г. Астрахани. «Труды КаспНИРХа», 1971, т. 26, с. 42—54.
- Бирштейн Я. А. Годовые изменения бентоса Северного Каспия — «Зоологический журнал», 1945, т. 24, № 3, с. 133—142.
- Бирштейн Я. А. Вероятные изменения гидробиологического режима Каспийского моря. — «Труды Всесоюзного гидробиологического общества», 1953, т. 5, с. 3—12.
- Винецкая Н. И. Первичная продукция Северного Каспия. — «Труды КаспНИРО», 1965, т. 20, с. 52—59.
- Винецкая Н. И. Зависимость уловов промысловых рыб и замедленного роста воблы от биогенного стока р. Волги и величины первичной продукции Северного Каспия. — «Труды ВНИРО», 1966, т. 60, с. 103—113.
- Виноградов Л. Г. Многолетние изменения северокаспийского бентоса. — «Труды ВНИРО», 1959, т. 38, с. 241—276.
- Виноградов Л. Г., Яблонская Е. А. Проблемы рыбохозяйственной мелиорации Каспийского моря. — В кн.: Изменение биологических комплексов Каспийского моря за последние десятилетия. М., 1965, с. 3—54.
- Гирс А. А. Эпохальные преобразования атмосферной циркуляции и связанные с ним колебания уровня Каспийского моря. — «Известия АН СССР. Сер. геогр.», 1957, № 1, с. 102—108.
- Дементьева Т. Ф. Влияние условий паводка на величину приплода волжского леща. — «Рыбное хозяйство», 1941, № 1, с. 25—26.
- Ижевский Г. К. Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей. М., Пищепромиздат, 1961. 216 с.
- Казанчев Е. Н. О замедленном темпе роста северокаспийской воблы. — «Труды КаспНИРХа», 1967, т. XXIII, с. 108—111.
- Карпевич А. Ф. Влияние условий среды на изменение фауны Северного Каспия. — «Доклады ВНИРО по биологической систематике и питанию рыб». Вып. 1, 1952, с. 111—115.
- Карпевич А. Ф. Состояние кормовой базы южных морей после зарегулирования стока их рек. — «Труды конференции по вопросам рыбного хозяйства». АН СССР, 1953, с. 123—150.
- Катунин Д. Н. Режим солености северной части Каспийского моря в современных условиях. — «Труды КаспНИРХа», 1967, т. 23, с. 10—18.
- Кожин Н. И. Колебания численности промысловых рыб Каспия и воспроизводство их запасов. — «Труды ВНИРО», 1951, т. XIX, с. 61—83.

Кун М. С. Планктон Каспийского моря в условиях зарегулирования стока Волги.— В кн.: Изменение биологических комплексов Каспийского моря за последние десятилетия. М., 1965, с. 54—98.

Оптимальный режим работы вододелителя в дельте Волги и схема организации рыболовства в условиях его эксплуатации.— «Труды КаспНИРХа», 1971, т. 26, с. 9—35. Авт.: Д. Н. Катунин, А. Г. Кузьмин, В. Ф. Осадчих, А. Ф. Лексуткин.

Осадчих В. Ф. Бентос северной части Каспийского моря в условиях зарегулирования стока Волги.— «Зоологический журнал», 1963, вып. 2, т. 42, с. 184—196.

Осадчих В. Ф. Сезонная динамика северокаспийских двустворчатых моллюсков.— «Труды КаспНИРХа», 1967, т. XXIII, с. 80—90.

Пановский Г. А., Брайер Г. В. Статистические методы в метеорологии. Л., Гидрометеоиздат, 1972, с. 260.

Романова Н. Н. Многолетние изменения биомассы ракообразных Северного Каспия.— ДАН СССР, 1956, т. СХ, с. 393—396.

Романова Н. Н., Осадчих В. Ф. Современное состояние зообентоса Каспийского моря.— В кн.: Изменение биологических комплексов Каспийского моря за последние десятилетия. М., 1965, с. 138—166.

Сергеева А. И. Об измелчании северокаспийской воблы.— «Труды совещаний Ихтиологической комиссии», 1961, т. XIII, с. 402—410.

Танасийчук В. С. К вопросу о причинах колебания численности леща и воблы в Северном Каспии.— «Труды ВНИРО», 1952, т. XXI, с. 195—212.

Тимофеев Н. А. Влияние абиотических условий на многолетние изменения фитопланктона Северного Каспия.— «Труды ВНИРО», 1971а, т. XXXVI/VI, с. 26—40.

Тимофеев Н. А. О влиянии абиотических условий на зоопланктон Северного Каспия.— «Труды ВНИРО», 1971б, т. XXXVII/VIII, с. 51—58.

Шорыгин А. А. Изменение количества и состава бентоса Северного Каспия в 1935—1940 гг.— «Зоологический журнал», 1945, т. 24, вып. 3, с. 148—160.

Шорыгин А. А. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря. М., Пищепромиздат, 1952. 268 с.

Яблонская Е. А. Водная взвесь как пищевой материал для организмов бентоса Каспийского моря.— «Труды ВНИРО», 1969, т. 65, с. 85—147.

Яблонская Е. А. О питании каспийских моллюсков.— «Бюллетень института биологии внутренних вод», 1967, с. 47—50.

Яблонская Е. А. Пищевые цепи южных морей СССР.— В кн.: Основы биологической продуктивности океана и ее использование. М., 1971, с. 12—31.

Яблонская Е. А., Осадчих В. Ф. Изменение кормовой базы бентосоядных рыб Северного Каспия.— «Труды ВНИРО», 1973, т. 80, с. 48—73.

Спаский Н. Н. К вопросу о причинах колебаний состава и количества бентоса Северного Каспия.— «Труды Каспийского филиала ВНИРО», 1948а, т. 10, с. 107—116.

Спаский Н. Н. Состояние и изменение бентоса Северного Каспия в период 1940—1945 гг.— «Зоологический журнал», 1948, т. XXVII, вып. 3, с. 193—204.

*Annual and long-term fluctuations in the biological productivity in the North Caspian Sea and their decisive factors*

N. A. Timofeev

SUMMARY

The analysis of various temporary fluctuations in the biotic and abiotic factors of the North Caspian Sea indicates that their empirical comparisons aimed at advancing forecasts should be made for specific frequencies of fluctuations.

The differentiation of frequencies is made by presenting series of initial data in a form of ratios of each selected year to the previous one as well as in the integral—difference form. In the first case annual fluctuations have been revealed, and on the second case the main long-term trend has been outlined.

The matrix form of writing paired correlation coefficients allows for evaluating the role of each factor in variations in the main groups of hydrobionts of the North Caspian Sea. The decisive factors involving long-term fluctuations have been found to be the biogenic discharge of the Volga River, the Volga runoff in the period of high water, temperature in winter, the of spring and duration of winter. The main factors causing annual fluctuations are the Volga runoff in the period of high water, salinity in the North Caspian Sea, duration of winter and temperature in spring.

Using the parameters in question in simple and multiple versions it is possible to evaluate changes almost in all biotic characteristics of the North Caspian Sea.