

О ЦИКЛИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ ФОНОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АБИОТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВОСПРОИЗВОДСТВА В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМАХ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Е. В. Солянкин

Колебания биологической продуктивности океанических вод, а следовательно, и промысловой продуктивности в значительной мере вызываются изменчивостью комплекса океанологических факторов. Поэтому очевидна актуальность исследования закономерностей многолетних изменений океанологических условий, изучения физических причин их долговременной изменчивости как необходимой предпосылки долгосрочного и сверхдолгосрочного прогнозов океанологического фона, обуславливающего тот или иной уровень воспроизводства (урожайности) промысловых организмов.

Известны положения о системной организации природных процессов в водоемах северного полушария (Ижевский, 1961, 1964). Системный анализ природных процессов в применении к промыслово-океанологическим исследованиям по сути дела — направленный поиск наиболее общих закономерных связей различных природных явлений и процессов, происходящих в атмосфере, гидросфере, литосфере и биосфере. Идея о взаимосвязях абиотических и биотических процессов (Книпович, 1938), подкрепленная огромным фактическим материалом, послужила стимулом для изучения связей между факторами среды и биологическими процессами и сыграла роль в решении проблемы океанологических основ биологической и промысловой продуктивности морей. Обращение к анализу системных связей (включая связи отдаленные, опосредованные) помогало решить вопрос о предсказании величины пополнения промыслового стада (запаса) на основе прогноза океанологических условий. Именно этой задаче служат (помимо решения вопроса об общих закономерностях изменчивости абиотических и биологических характеристик) выделенные Г. К. Ижевским в северном полушарии крупномасштабные (планетарного характера) природные системы — крупные географические районы с определенным образом «организованной системой процессов, характеризующейся единством тенденций межгодовых изменений природных процессов, — гидрологических, метеорологических, биологических». Номинально выделены в северном полушарии (Ижевский, 1964) пять природных систем (Атлантическая, Грендландско-Североамериканская, Европейско-Азиатская, Восточно-Сибирская, Северо-Тихоокеанская), но фактически рассматривались с различной степенью подробности только природные системы атлантико-европейского сектора северного полушария.

Взаимосвязь разнообразных элементов гидрологического режима, влияющих на интенсивность воспроизводства живых организмов (и в конечном счете, промысловых), приводит в пределах определенного региона океана (или морского водоема) к такой организации природных процессов, когда их изменения в межгодовом и многолетнем аспекте подчиняются определенной закономерности. Эта взаимосвязь в определенных географических границах объясняется в первую очередь особенностями преобладающего состояния (фона) океанических и атмосферных циркуляционных условий. Для Северной Атлантики (как и для северной части Тихого океана) — это прежде всего особенности меридионального переноса теплых вод тропического происхождения и холодных вод полярного происхождения мощными океаническими

течениями. Именно колебания напряженности этих течений определяют общий фон гидрологических условий (термику, интенсивность вертикальных движений, общую продолжительность вегетационного периода и т. д.), а следовательно, и колебания биологической продуктивности. В водоемах континентальных систем (например, Европейской) в формировании такого фона гидросферы (а следовательно, биосферы) важную роль играют изменения атмосферных тепловых и циркуляционных условий, интегральным показателем которых можно считать сток рек различных морских бассейнов.

Очевидно, что те или иные гидрологические характеристики в пределах конкретных природных систем северного полушария можно рассматривать как фоновые показатели общих океанологических условий (включая состояние кормовой базы) данной системы.

В ходе многолетних изменений характеристик различных природных систем проявляется синфазность или асинфазность хода этих характеристик (преобладание в среднем аномалий однозначных, либо разнозначных). Очевидно, что связи подобного планетарного характера проявляются в условиях взаимодействия различных звеньев общей циркуляции атмосферы, в формировании многолетних флуктуаций которой, помимо саморазвития атмосферных процессов в условиях конкретных особенностей подстилающей поверхности Земли, немалая роль принадлежит космогеофизическим факторам (Гирс, 1971; Максимов, 1970).

Современные материалы наблюдений за гидрометеорологическими и биологическими явлениями подтверждают основную идею о системности природных процессов в атлантико-европейском секторе северного полушария и об относительной устойчивости ранее выделенных здесь природных систем (Алексеев, Пенин, 1973; Богданов и др., 1976, 1977 и др.). Это позволило использовать для анализа структуры многолетнего хода природных характеристик различных океанических районов (а также морских водоемов) и выявления закономерностей многолетних изменений всего одну — две гидрологические характеристики; подобное ограничение не только облегчает анализ, но в настоящих условиях просто необходимо из-за отсутствия длительных временных рядов многих природных характеристик. Во-вторых, сравнительный анализ изменчивости показателей различных природных систем северного полушария дает возможность убедиться в реальности тех или иных структурных особенностей многолетнего хода гидрологических характеристик. В-третьих, происхождение характера многолетней изменчивости, особенно долгопериодной, нельзя понять при локальном рассмотрении; сравнение же даже немногих характеристик различных природных систем северного полушария с учетом связей процессов в этих системах дает возможность глобального обобщения и познания роли, прежде всего, космогеофизических факторов в формировании особенностей структуры многолетних изменений гидрологических характеристик.

В качестве фоновых показателей абиотических условий различных природных систем северного полушария рассмотрим следующие гидрологические характеристики: среднюю годовую температуру воды в слое 0—200 м на разрезе «Кольский меридиан», пересекающем Мурманскую ветвь Нордкапского течения в юго-западной части Баренцева моря; общее количество айсбергов, выносимых Лабрадорским течением южнее 48° с. ш.; положение оси Курисио южнее о-ва Хонсю (Япония); естественный годовой сток Волги. Очевидно, что первые три характеристики являются косвенными репрезентативными отображателями напряженности основных океанических течений северной части Атлантического и Тихого океанов — той самой циркуляционной осно-

вы, которая формирует природные океанические системы. Водность Волги также следует рассматривать как характеристику, связанную с динамикой тепла и влаги в Северной Атлантике.

Анализ временных рядов этих характеристик, действительно отображающих фон комплекса океанологических условий в той или иной природной системе, дает возможность наиболее полно понять структуру многолетней изменчивости (Солянкин, 1978а).

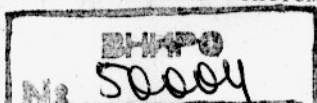
Использование формальных приемов выделения скрытых периодичностей приводит к обилию циклов большей частью из-за использования для анализа различных отрезков реализации; необходим строгий отбор циклов (Солянкин, 1974, 1976) с учетом возможности их прогностического использования.

Рассмотрение прежде всего детерминированных долгопериодных составляющих многолетних колебаний показателей различных природных систем в северном полушарии диктовалось фактом сопряженности (синфазности или асинфазности) многолетнего хода показателей природных систем. Решение такой задачи (Солянкин, 1978а) основывалось в известных гипотезах И. В. Максимова (1970) о космогеофизическом фоне реальных многолетних изменений различных океанологических характеристик, суть которых сводится к деформирующему воздействию солнечной активности, долгопериодного лунного прилива, «нутацонных сил», возникающих при наличии свободных и вынужденных колебаний оси вращения Земли, на уровенную поверхность океана. В отличие от положений И. В. Максимова о «морской» природе солнечно-обусловленных флуктуаций океанических течений мы считаем, что солнечная активность воздействует на барико-циркуляционное поле атмосферы Земли; изменения характера циркуляции атмосферы, ее форм и интенсивности сказываются на циркуляции океанических вод и гидрометеорологических характеристиках.

Мы считаем неправомерным сопоставление длительных временных рядов гидрологических показателей с показателями космогеофизических сил из-за невозможности учесть сложное воздействие процессов в системе океан — атмосфера на долговременные (типа 11-летних солнечных, 19-летних приливных и 6—7-летних нутацонных) флуктуации напряженности океанических течений и связанные с ними флуктуации теплового состояния океанических вод. Взаимодействие в системе океан — атмосфера может иметь место при различных начальных условиях, что очевидно хотя бы из примеров совершенно противоположных тенденций развития атмосферных циркуляционных процессов в те или иные временные интервалы (например, меридиональное или зональное состояние атмосферы над большими акваториями). Видимо, эти различия в начальных условиях системы океан — атмосфера должны сказываться на возникших в океане детерминированных колебаниях и, следовательно, существенно влиять на характер связей детерминированных компонент многолетних колебаний гидрологических характеристик с космогеофизическими силами.

Наиболее очевидна необходимость дифференцированного рассмотрения временных рядов при сопоставлениях тех или иных гидрологических характеристик с показателями солнечной активности, так как в настоящее время четко установлен неоднозначный эффект влияния солнечной активности на атмосферную циркуляцию (а в конечном итоге, на динамическое и тепловое состояние океана) при различных начальных состояниях барико-циркуляционного поля (Мустель, 1971; Покровская, 1971 и др.).

Таким образом, при разных толкованиях гипотез о воздействии космогеофизических сил на океан (и атмосферу) необходимо учитывать начальные условия состояния системы океан — атмосфера, а



следовательно, дифференцированно рассматривать полные временные ряды гидрологических характеристик при поиске связей с космогеофизическими факторами и выделять временные интервалы, когда превалировало определенное состояние системы океан — атмосфера.

Разнообразие особенностей взаимодействия океана и атмосферы (основные принципиальные различия) может быть учтено при использовании в качестве начальных условий преобладающих в течение длительного времени состояний макромасштабных атмосферных процессов. Этой цели могут служить типизации атмосферных процессов при учете их повторяемости в многолетнем ряду, например, для северного полушария — типизация Вангенгейма — Гирса. Выделенные на ее основе так называемые атмосферные циркуляционные эпохи, характеризующиеся аномальной повторяемостью в том или ином интервале лет (эпохах) одного или двух типов атмосферной циркуляции, и были положены в основу дифференцирования временных рядов для установления статистических связей предполагаемых детерминированных колебаний с космогеофизическими силами. Именно такой опосредованный учет состояния системы океан — атмосфера в течение относительно длительных реализаций позволил выделить ряд детерминированных долговременных составляющих многолетних колебаний гидрологических характеристик различных природных систем северного полушария (Солянкин, 1978а).

Исходя из природы самих космогеофизических сил, вызывающих появление детерминированных колебаний, не следовало бы ожидать строгой цикличности проявления этих колебаний. Полученные же результаты показали, что понятие «циклические колебания» в применении к выделенным детерминированным составляющим неприемлемо. Амплитуды детерминированных колебаний не только изменялись от эпохи к эпохе, но в некоторые эпохи исчезали. Видимо, отклик атмосферы на возникшие в океане колебания теплового состояния поверхности иногда приводит к их ослаблению, и даже к исчезновению (табл. 1).

Таблица 1

Оценка относительного вклада долгопериодных составляющих в формировании реальных колебаний гидрологических характеристик в различные эпохи ($A/A_{абс.эп}$)

Гидрологические характеристики	$A_{абс.эп}$	Колебания			
		солнечно-обусловленные	приливные	нутацонно-обусловленные	35-летние
Эпоха W (1900—1928 гг.)					
Сток Волги, км ³ /год	217	42	—	—	11
Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике	690*	50	—	75	12
Эпоха E (1929—1939 гг.)					
Сток Волги, км ³ /год	129	—	18	—	27
Среднегодовая t_w° слоя 0—200 м на Кольском разрезе	1,18	—	11	—	20
Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике	1250	—	—	—	4
Положение оси Курсно (φ°)	1,8	77	—	—	100
Эпоха C (1940—1948 гг.)					
Сток Волги, км ³ /год	122	—	—	40	19
Среднегодовая t_w° слоя 0—200 м на Кольском разрезе	0,92	50	—	37	4
Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике	1100	55	—	25	10
Положение оси Курсно (φ°)	1,5	53	—	33	100

Гидрологические характеристики	$A_{\text{абс.эп}}$	Колебания			
		солнечно-обусловленные	приливные	нутацционно-обусловленные	35-летние
Эпоха $E + C$ (1949—1968 гг.)					
Сток Волги, км ³ /год	109	31	—	—	8
Среднегодовая $t^{\circ}_{\text{ш}}$ слоя 0—200 м на Кольском разрезе	1,92 (1,35)**	24 (35)	—	—	23
Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике	910	—	—	—	15
Положение оси Куроисио (φ°)	1,0	100	—	—	100

* 1913—1928 гг.

** Без учета экстремального 1966 г.

На примере временного ряда 1900—1968 гг., включающего последовательность четырех различных атмосферных циркуляционных эпох, заметно преобладание среди выделенных детерминированных колебаний долговременных изменений, связанных с флуктуациями солнечной активности.

Солнечно-обусловленные колебания влияют на формирование хода гидрологических характеристик природных систем атлантико-европейского сектора северного полушария в ту или иную конкретную атмосферную эпоху примерно одинаково, а в разные эпохи несколько различно. Так, если в эпоху западной циркуляции W и эпоху меридиональной циркуляции S отношение амплитуды солнечно-обусловленных колебаний $A_{\text{сол}}$ к абсолютной амплитуде колебаний $A_{\text{абс}}$ для этих эпох составляло 40—50%, то в эпоху комбинированной циркуляции ($E + C$) это отношение уменьшилось до 20—30%, что связано с характерными для такой эпохи сочетаниями барико-циркуляционных форм противоположных знаков. Эти соотношения не соблюдаются для такого гидрологического показателя, как положение оси Куроисио (см. табл. 1), так как в тихоокеано-американском секторе в тех же временных интервалах преобладают атмосферные макропроцессы в несколько иных сочетаниях. В северитихоокеанской системе увеличивается влияние относительного вклада солнечно-обусловленных колебаний на формирование хода ее фонового показателя по сравнению с природными системами атлантико-европейского сектора. Частота появления других детерминированных колебаний в различные атмосферные эпохи (см. табл. 1) ограничена.

Приливо-обусловленные составляющие выявились только в эпоху восточной циркуляции E (1929—1939 гг.), а составляющие, связанные с нутациями полюса Земли, — в основном в эпоху S (1940—1948 гг.). Их роль в формировании реальных колебаний гидрологических характеристик для указанных временных интервалов вполне соизмерима ролью других долгопериодных составляющих (35-летним или «климатическим» колебанием в эпоху E и солнечно-обусловленными колебаниями в эпоху S). В другие же атмосферные эпохи указанные системы детерминированных колебаний не проявляются в циркуляционных системах северной части Атлантического и Тихого океанов, будучи, видимо, затушеванными сложными неоднозначными (относительно вклада) деформирующими космогеофизическими (относительно вклада) эффектами впряжения действия океана и атмосферы*.

* За исключением заметно выраженного нутацционно-обусловленного числа айсбергов в Северо-Западной Атлантике (1913—1929 гг.). Можно отметить, что вообще в эпоху W число рассматриваемых гидрологических характеристик ограничено.

Большую частоту проявления солнечно-обусловленных колебаний в различных природных системах северного полушария можно предположительно связать с эффектом долговременных изменений среднего уровня солнечной активности (в соответствии с гипотезой А. А. Гирса, 1971) в формировании атмосферных циркуляционных эпох, определяющих в нашем случае начальные условия системы океан — атмосфера при поиске возможных связей детерминированных колебаний с космогеофизическими факторами.

Выделение детерминированных колебаний потребовало предварительного исключения тех или иных длительных трендов. Попытка их оценить при помощи скользящего осреднения по 11-летиям и последующего графического сглаживания привела к выделению низкочастотных неправильных колебаний с меняющимися продолжительностью цикла и амплитудой. Так, для многолетних изменений водности Волги (с самым большим временным рядом 1881—1974 гг.) продолжительность волновых колебаний (по различным экстремумам было выделено четыре цикла) изменялась от 33 до 40 лет при средней продолжительности около 35 лет. Временные ряды других гидрологических характеристик давали еще меньшие статистические возможности для выделения внутривековых низкочастотных колебаний (по общему числу айсбергов, выносимых Лабрадорским течением, можно было выделить два цикла от 30 до 39 лет, по температуре атлантических вод на Кольском разрезе и положению оси Куро-Оясио — всего по одному циклу, 41 и 22 года соответственно).

Как видно, серьезных статистических обоснований для суждения о реальности цикла продолжительностью 30—40 лет в рассматриваемых примерах нет. Однако результаты обширного анализа внутривековых изменений различных характеристик водности (стока рек, колебаний уровня озер) (Шнитников, 1969) для различных регионов европейско-азиатского материка подтверждают реальность внутривековых колебаний с вариациями от 20—25 до 40—50 лет (при средней продолжительности около 35 лет). Поскольку рассматриваемые характеристики отражают увлажненность материка, то выявленные колебания, видимо, связаны с климатическими флуктуациями и прежде всего — с изменениями циркуляционных атмосферных условий. Условно назовем подобные долговременные составляющие многолетнего хода «климатическими» колебаниями.

«Климатическое» (35-летнее) колебание почти не отражено в океанологической литературе вследствие малого количества регулярных многолетних наблюдений за характеристиками океанологического режима. Так, рассмотрены многолетние колебания поверхностной температуры в Северной Атлантике, выделен цикл продолжительностью 30—40 лет (Потайчук, 1972). В то же время в некоторых исследованиях многолетней изменчивости гидрологических характеристик говорится о существовании векового цикла колебаний (со средней продолжительностью 80—90 лет), якобы обусловленного так называемым вековым Стоком дом солнечной активности (Максимов, 1970).

Средне-Кольский как уже упоминалось, «климатические» колебания (со средней продолжительностью 35 лет) прослеживаются при рассмотрении из Атлантики показателей водности европейско-азиатского материка Положенников, 1969). Анализ спектральной структуры продолжительных (35—40 лет) натурных наблюдений гидрологических элементов (годо-

денный сток Волги, Среднегодовитый характерный временной масштаб 22—35 лет (Масанова, Кольском раз-Число айсбергов) образом, можно считать «климатическое» колебание существованием элементом в структуре изменчивости временных рядов фоно-Атлантике Положение оси

вых (гидрологических) показателей различных природных систем. Следовательно, необходимо исключать «климатические» колебания из временных рядов гидрологических характеристик при выделении возможных детерминированных составляющих и установлении их статистической связи с космогеофизическими силами. «Климатические» колебания необходимо учитывать при попытках сверхдолгосрочного прогноза абиотических условий воспроизводства в водоемах различных природных систем, опираясь на установленные связи долговременных детерминированных колебаний гидрологических характеристик с космогеофизическими силами.

Сравнение расчетных колебаний гидрологических показателей природных систем (детерминированные изменения плюс «климатическое» колебание) с реальным многолетним ходом этих характеристик показало, что средний уровень реальных изменений в течение того или иного интервала лет (их аномальность в целом), как и направленность изменений, довольно четко представлен суперпозицией указанных выше долговременных составляющих. Эти составляющие в совокупности, видимо, определяют характерную, планетарного масштаба (в пределах северного полушария) сопряженность природных явлений и, в частности, противофазность многолетнего хода гидрологических характеристик смежных природных систем. Нами была сделана попытка оценить путем корреляционного анализа относительную роль отдельных долгопериодных составляющих в формировании сопряженного хода фоновых показателей Атлантической и Европейской природных систем (табл. 2).

Таблица 2

Корреляция (r) отдельных долгопериодных составляющих многолетних изменений водности Волги (x) и температуры атлантических вод на Кольском разрезе (y)

Годы	Колебания				Примечание
	солнечно-обусловленные	нутационно-обусловленные	приливные	суммарные	
Эпоха E					
1929—1939	—	—	—1,00	—0,995	В суммарных колебаниях $x = \Delta_{\text{пр}} + \Delta_{35}$ $y = \Delta_{\text{пр}} + \Delta_{35}$
Эпоха C					
1940—1948	—	—1,00	—	0,10	$x = \Delta_{\text{нут}} + \Delta_{\text{сол}} + \Delta_{35}$ $y = \Delta_{\text{нут}} + \Delta_{\text{пр}} + \Delta_{35}$
Эпоха E + C					
1949—1968	—0,94	—	—	—0,63	$x = \Delta_{\text{сол}} + \Delta_{35}$ $y = \Delta_{\text{сол}} + \Delta_{35}$
1929—1968	—	—	—	—0,52	

Можно полагать, что в формировании противофазности многолетнего хода гидрологических характеристик в смежных природных системах определяющая роль принадлежит колебательным процессам, обусловленным космогеофизическими факторами (солнечной активностью, нутациями полюса Земли, долгопериодным лунным приливом). «Климатические» же колебания, видимо, могут нарушать сопряженность хода гидрологических характеристик из-за различной продолжительности этих «циклических» колебаний, несовпадения их начальных фаз, обусловленных физико-географическими особенностями природных систем и прежде всего различиями подстилающей поверхности, воздействующей на тепловое и динамическое состояние атмосферы.

Мы уже подчеркивали, что сумма детерминированных космогеофизическими силами колебаний вкупе с «климатическим циклом» довольно хорошо отражает фон многолетних изменений гидрологических характеристик в различных природных системах северного полушария. Таким образом, ориентируясь на длительные тенденции развития атмосферных макромасштабных процессов и исходя из наличия перечисленной выше группы долговременных колебаний, можно рассчитать фоновую характеристику состояния гидрологических условий на несколько лет вперед. Была осуществлена попытка сверхдолгосрочного прогноза (до 1980 г.) фонового состояния водности Волги и теплосодержания атлантических вод на Кольском разрезе (Богданов и Солянкин, 1978; Солянкин, 1978б).

Выбор для решения задачи фонового прогноза гидрологических показателей Европейской и Атлантической природных систем связан с большей корректностью материалов по стоку Волги и температурному режиму вод на Кольском разрезе по сравнению с другими гидрологическими характеристиками. Конечно, биологов, занимающихся прогнозами сырьевой базы, помимо средних характеристик состояния общих океанологических условий, интересуют изменения условий среды от года к году или степень аномальности абиотических условий воспроизводства в те или иные конкретные годы. Некоторые возможности подобной детализации уже заложены в прогнозе, основанном на суперпозиции указанных выше детерминированных и «климатического» колебаний.

О возможности относительной детализации фонового прогноза говорит довольно высокая скоррелированность между фоновыми величинами и фактическими значениями гидрологических характеристик: для водности Волги коэффициент корреляции за 1900—1969 гг. $r = 0,76$, для теплосодержания атлантических вод за 1929—1969 гг. $r = 0,72$. Но эту возможность не следует переоценивать, так как при высокой вероятности совпадения знаков аномалий расчетных и фактических величин (79 и 76% для стока Волги и термички атлантических вод соответственно) довольно велико расхождение знаков тенденций межгодовых изменений расчетных и фактических значений (вероятности совпадения знаков тенденций всего 63 и 60% соответственно).

Детализировать сверхдолгосрочный фоновый прогноз можно прежде всего посредством учета более высокочастотных колебаний и в первую очередь квазидвухлетнего цикла колебаний гидрометеорологических характеристик вследствие его широкого распространения в воздушной и водной оболочках Земли и относительной его устойчивости (Калинин, 1968; Максимов, 1970; Покровская, 1969).

Несмотря на довольно раннее обнаружение квазидвухлетнего цикла в гидрометеорологических процессах, прежде всего при анализе многолетнего хода метеорологических характеристик, природа этого цикла до сих пор не выяснена. В конце 50-х и начале 60-х годов было открыто одно из крупных звеньев общей циркуляции атмосферы — квазидвухлетняя изменчивость зональных составляющих воздушных потоков в экваториальной стратосфере. В экваториальной зоне обоих полушарий в слое 18—35 км сменяются западные и восточные потоки, по наблюдениям до 1969 г. средний период цикла равняется 26—27 мес и может меняться от 24 до 30 мес (Бугаев, Кац, 1971; Кац, 1971). Можно считать установленным факт влияния циклической смены воздушных потоков в экваториальной стратосфере на общую циркуляцию атмосферы: квазидвухлетнее колебание (уже не в столь явном виде) было обнаружено в циркуляции и погоде умеренных широт как в стратосфере, так и в тропосфере (Кац, 1968; Покровская, 1969). Правда, в послед-

нее время появилась новая гипотеза, связывающая существование квазидвухлетней смены ветра в экваториальной стратосфере с циклическим характером атмосферных процессов во внетропических широтах Земли, где сосредоточены большие запасы энергии (Погосян, Павловская, 1977).

Существует несколько гипотез относительно причин квазидвухлетнего цикла зональных составляющих ветра в экваториальной стратосфере (Кац, 1968; Покровская, 1969). В числе возможных причин называют: естественное колебание внутри атмосферы, модуляцию колебаний в системе взаимодействия атмосферы и подстилающей поверхности (отмечается важная роль такой подстилающей поверхности, как поверхность океана), внешние воздействия, например воздействие солнечной активности. Хотя механизм квазидвухлетнего цикла и недостаточно ясен, однако очевидно, что открытие квазидвухлетнего чередования воздушных потоков как элемента общей циркуляции атмосферы способствует пониманию многочисленных примеров квазидвухлетнего колебания различных метеорологических характеристик, а также, по-видимому, и общих гидрологических характеристик, например водности рек, тех или иных показателей интенсивности океанических течений, их термического режима, в формировании которых могут участвовать именно макромасштабные атмосферные циркуляционные условия.

Некоторые авторы отводят квазидвухлетней цикличности в атмосфере роль стимулятора подобных циклических вариаций в циркуляционных и термических процессах в океане (Кац, 1971). Согласно гипотезе А. Л. Каца, различным фазам квазидвухлетнего цикла зональных составляющих воздушных потоков в экваториальной стратосфере соответствует различная интенсивность меридионального воздухообмена в стратосфере внетропических широт, что в конечном итоге сказывается на приземном барико-циркуляционном поле и переносе вод (тепла) океаническими течениями. Обратное влияние термодинамических процессов в океане на атмосферу должно приводить к ситуации в приземной барике и поле переноса вод, аналогичной начальному моменту воздействия квазидвухлетнего цикла в экваториальной стратосфере.

При всей логичности изложенной схемы не следует, видимо, искать достаточно четких совпадений (согласованности) в циклических вариациях (квазидвухлетних) тех или иных показателей (прямых или косвенных) интенсивности океанических течений с индексами атмосферных циркуляционных условий. Несогласованность может возникнуть, например, из-за существования автоколебаний в самом океане, изолированно рассматриваемом, либо в системе океан — атмосфера, которые могут приводить также к квазидвухлетнему циклу, но с теми или иными временными сдвигами относительно фаз квазидвухлетнего цикла в экваториальной стратосфере. Так, если корреляция экстремальных значений квазидвухлетнего цикла временных рядов аномалий числа дней с западной формой *W* атмосферной циркуляции в атлантико-европейском секторе северного полушария (Гирс, 1971) с аномалиями водности Волги указывает на существование определенной связи ($r = 0,40$), то подобное сопоставление с термическими аномалиями атлантических вод (по данным наблюдений на Кольском разрезе) такой связи не обнаруживает ($r = 0,07$).

Для иллюстрации глобальности проявления квазидвухлетнего цикла в различных природных процессах анализировались многолетние изменения крупномасштабных природных явлений северного полушария — термического состояния атлантических вод (на примере средних температур слоя — 0—200 м на разрезе «Кольский меридиан»), выноса айсбергов (общего количества) Лабрадорским течением южнее 48° с.ш., стока Волги, положения оси Куросно к югу от о-ва Хонсю. На примере данных гидрологических характеристик нами была показана роль де-

терминированных низкочастотных колебаний в формировании фона реальной многолетней изменчивости природных явлений.

Квазидвухлетний цикл в многолетнем ходе указанных характеристик выявляется при помощи полосового фильтра «1—3», т. е. вычитанием из аномалий годовых значений этих характеристик средних значений, полученных скользящим осреднением по трехлетиям. Во всех рассматриваемых случаях повторяемость квазидвухлетнего цикла (циклы продолжительностью 2 и 3 года) свидетельствует о сравнительно высокой устойчивости этого цикла в многолетних колебаниях гидрометеорологических характеристик (табл. 3).

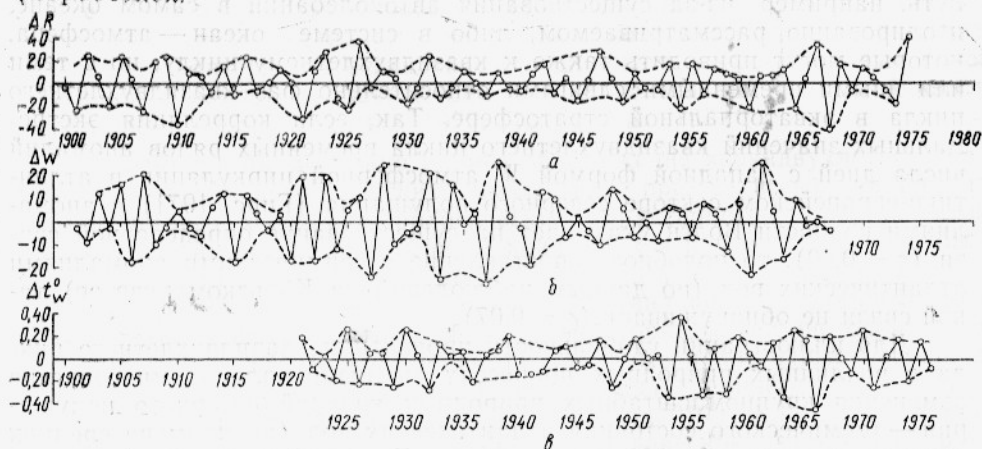
Таблица 3

Повторяемость квазидвухлетнего цикла в многолетних колебаниях гидрометеорологических характеристик

Гидрометеорологические характеристики	Повторяемость, %	
	по максимумам	по минимумам
Сток Волги (1899—1975)	79	76
Средняя годовая температура воды на Кольском разрезе (1921—1976)	89	89
Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике к югу от 48° с. ш. (1912—1975)	91	87
Положение оси Куроиси к югу от о-ва Хонсю (1924—1974)	75	80
Западная W форма циркуляции атмосферы, по Вангенгейму — Гирсу (1900—1968)	88	88

При рассмотрении указанных выше временных рядов какой-либо закономерности в чередованиях циклов продолжительностью в 2 и 3 года не прослеживается, что, естественно, создает трудности, пожалуй, непреодолимые для использования квазидвухлетнего цикла в прогностических моделях.

Подобного же рода случайный характер изменений проявляется в колебаниях амплитуды квазидвухлетнего цикла (рисунок). Изменения амплитуд существенны, их величины могут возрастать до максимальных отклонений, превышающих примерно вдвое средние значения, либо значительно уменьшаться — до полного исчезновения. Изменения эти столь неправильны, что вряд ли могут быть учтены в прогностических разработках.



Колебания амплитуд квазидвухлетнего цикла в многолетнем ходе годовых аномалий:

а — стока Волги; б — повторяемости западной формы атмосферной циркуляции; в — температуры воды в слое 0—200 м на Кольском разрезе.

Учитывая возможность прогностического использования прежде всего средних статистических значений амплитуд колебаний квазидвухлетнего цикла, приведем некоторые статистические параметры цикла (табл. 4).

Таблица 4

Некоторые статистические параметры амплитуд колебаний квазидвухлетнего цикла

Гидрометеорологические характеристики	Средние и экстремальные значения	Средние квадратические отклонения	$A_{\text{ср}}/A_{\text{абс}}$
Сток Волги	$\frac{16 [34,4]}{-17 [-3; -41]}$	$\frac{8}{10}$	15
Среднегодовая температура на Кольском разрезе	$\frac{0,17 [0,37; 0,02]}{-0,21 [0,03; 0,44]}$	$\frac{0,09}{0,12}$	19
Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике	$\frac{170 [440,0]}{-160 [5; -390]}$	$\frac{120}{100}$	26
Положение оси Куроисио	$\frac{0,2 [0,5; 0,0]}{-0,2 [0,0; -0,5]}$	$\frac{0,16}{0,18}$	11
Повторяемость (аномалии в днях) формы W	$\frac{12 [26,0]}{-13 [-1; -25]}$	$\frac{8}{7}$	20

Примечание. Числитель — для пиков, знаменатель — для впадин квазидвухлетнего цикла соответственно, в квадратных скобках — экстремумы.

Из табл. 4 видно, что отношение средней для всего временного ряда амплитуды $A_{\text{ср}}$ колебаний квазидвухлетнего цикла к абсолютному размаху $A_{\text{абс}}$ реальных величин рассматриваемых гидрометеорологических характеристик близко к 20%, но это отношение может возрастать в отдельных временных интервалах (атмосферных эпохах) до 30—40%. Заметим, что для различных эпох величины $A_{\text{ср.эп}}$ сравнительно мало различаются, будучи близкими по величине к $A_{\text{ср}}$ всего временного ряда.

Таким образом, даже использование средних статистических значений амплитуд колебаний квазидвухлетнего цикла могло бы существенно усилить прогностическую ценность сверхдолгосрочного фоновго прогноза. Об этом можно судить также по заметному ослаблению разброса отклонений расчетных фоновых значений гидрологических характеристик от их истинных величин при условии учета не только реальных колебаний квазидвухлетнего цикла, но и его средних параметров (табл. 5).

Таблица 5

Средние квадратические отклонения расчетных значений гидрологических характеристик (годовых аномалий) от фактических

Гидрологические характеристики	Расчетные фоновые значения	Фоновые значения плюс реальные колебания двухлетнего цикла	Фоновые значения плюс средние параметры двухлетнего цикла
Сток Волги	33	21	25
Среднегодовая температура t°_{w} на Кольском разрезе	0,32	0,13	0,22
Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике	290	160	220
Положение оси Куроисио	0,8	0,6	0,7

Пока улучшению сверхдолгосрочного прогноза посредством учета осредненных значений амплитуд колебаний квазидвухлетнего цикла препятствует неправильное чередование циклов продолжительностью 2 и 3 года. Случайный характер изменений продолжительности колебаний квазидвухлетнего цикла сужает возможности его прогностического использования в фоновых расчетах до шага на год вперед (годовая заблаговременность) и то только при условии развития в предыдущие годы определенного фазового состояния этого цикла.

Заключение

Сравнительный анализ изменчивости гидрологических показателей различных природных систем северного полушария указывает на широкое распространение таких структурных особенностей, как долговременные детерминированные колебания, обусловленные космогеофизическими факторами, внутривековые колебания со средней продолжительностью около 35 лет (так называемые климатические колебания) и квазидвухлетние циклические колебания.

Для многолетнего хода гидрологических показателей различных систем характерна определяющая роль в формировании фона (среднего уровня) реальных изменений гидрологических характеристик совокупности их детерминированных и так называемых климатических составляющих. Эта особенность может служить основой для составления сверхдолгосрочного качественного прогноза фона или степени аномальности гидрологических условий в той или иной природной системе.

Заметна роль квазидвухлетнего колебания в формировании реальных изменений гидрологических характеристик, но учет этого колебания в прогностических фоновых разработках даже в виде средних статистических значений амплитуд для длительных временных рядов (реальные изменения амплитуд носят довольно сложный, неправильный характер) затруднен из-за отсутствия четко выраженной закономерности в смене циклов продолжительностью 2 и 3 года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев А. П., Пенин В. В. Некоторые результаты океанографических исследований в Норвежском и Гренландском морях в 1952—1972 гг. — *Океанология*, 1973, т. 13, вып. 4, с. 563—568.
- Богданов М. А., Солянкин Е. В. Прогноз фоновых показателей абиотических условий воспроизводства в Северной Атлантике, морях Европейского Севера и юга ЕТС. — *Рыбное хозяйство*, 1978, № 7, с. 20—26.
- Бугаев В. А., Кац А. Л. Квазидвухлетняя цикличность и эволюция циркуляции и погоды в атлантико-евразийском секторе полушария в 1968—1970 гг. — В кн. *Квазидвухлетняя цикличность и циркуляция в атмосфере и океане*. Л., 1971, с. 25—40.
- Гирс А. А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1971. — 277 с.
- Ижевский Г. К. Океанологические основы формирования промышленной продуктивности морей. — М.: Пищепромиздат, 1961. — 213 с.
- Ижевский Г. К. Системная основа прогнозирования океанологических условий и воспроизводства промысловых рыб. — М.: ВНИРО, 1964. — 165 с.
- Калинин Г. П. Проблемы глобальной гидрологии. — Л.: Гидрометеоиздат, 1968. — 400 с.
- Кац А. Л. Циркуляция в стратосфере и мезосфере. — Л.: Гидрометеоиздат, 1968. — 204 с.
- Кац А. Л. Характерные черты циркуляции атмосферы и макромасштабного взаимодействия ее с Атлантическим океаном на меридиане 30° з. д. в IV—VI 1970 г. — В кн.: *Квазидвухлетняя цикличность и циркуляция в атмосфере и океане*. Л., 1971, с. 41—61.
- Книпович Н. М. Гидрология морей и солоноватых вод. — М.-Л.: 1938. — 492 с.
- Максимов И. В. Геофизические силы и воды океана. — Л.: Гидрометеоиздат, 1970. — 447 с.
- Мустель Э. Р. Солнечная активность и тропосфера — В кн.: *Влияние солнечной активности на нижние слои земной атмосферы и связанные с этим явления в биосфере*. 1971, с. 32—57.

О системном анализе природных явлений в Северной Атлантике и прилегающих полярных морях/[М. А. Богданов, А. А. Елизаров, С. И. Потайчук, Е. В. Солянкин]. — Труды ВНИРО, 1976, т. 112, с. 7—15.

Природные системы атлантико-евразийского сектора северного полушария и прогнозы абиотических условий воспроизводства/[М. А. Богданов, А. А. Елизаров, С. И. Потайчук, Е. В. Солянкин]. Рыбное хозяйство, 1976, № 7, с. 32—34.

Погосян Х. П., Павловская А. А. Аномалии атмосферной циркуляции, приземного давления и температуры в связи с квазидвухлетней цикличностью. — Л.: Гидрометеоздат, 1977. — 79 с.

Покровская Т. В. Синоптико-климатологические и гелиогеофизические долгосрочные прогнозы погоды. — Л.: Гидрометеоздат, 1969. — 254 с.

Покровская Т. В. Солнечная активность и климат. — В кн.: Влияние солнечной активности на нижние слои земной атмосферы и связанные с этим явления в биосфере. 1971, с. 12—31.

Потайчук С. И. Некоторые результаты статистического анализа долгопериодной изменчивости температуры воды в Северной Атлантике. — Труды ВНИРО, 1972, т. 75, с. 125—134.

Солянкин Е. В. О закономерностях изменчивости океанологических показателей промысловой продуктивности (на примере Атлантической системы) и возможностях их использования в прогностических целях. — Труды ВНИРО, 1974, т. 98, с. 23—34.

Солянкин Е. В. О сверхдолгосрочном прогнозе некоторых фоновых характеристик абиотических условий воспроизводства (на примере Кольского разреза). — Труды ВНИРО, т. 112, 1976, с. 22—29.

Солянкин Е. В. К вопросу о детерминированных составляющих многолетних колебаний стока Волги. — Водные ресурсы, 1978, № 2, с. 74—82.

Шнитников А. В. Внутривековая изменчивость компонентов обидей увлажненности. — Л.: Наука, 1969. — 245 с.

Cyclic fluctuations in certain indices of abiotic conditions of reproduction of fish in various natural systems of the North hemisphere

Solankin E. V.

S U M M A R Y

Long-term fluctuations caused by cosmic-geophysical factors, long-term climatic fluctuations lasting, on the average, about 35 years and quasi-two-year cyclic fluctuations are analysed on the basis of long-term series of four hydrographic characteristics in various systems of the North hemisphere (the mean annual temperature in the 0—200 m layer on the Kola Meridian section, total number of icebergs brought out with the Labrador current to the south of 48°N, position of the Kuroshio axis to the south of Honshu and natural annual discharge of the Volga River).

It is shown that islated long-term harmonic curves may be a satisfactory basis for making superlong-term forecasts of hydrographic conditions in a certain natural system. Although the role of the quasi-two-year cycle in the variability of hydrographic characteristics is quite obvious, it cannot be taken into account in long-term forecasts because of the absence of any evident regularity in the shift of the range and frequency of the cycles.

УДК 551.463.1:574.55(261)

ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОСТРАНСТВЕННУЮ НЕРАВНОМЕРНОСТЬ БИОПРОДУКТИВНОСТИ ВОД НА ПРИМЕРЕ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

Ю. Л. Демин, А. А. Елизаров, А. Д. Щербинин

Биопродукция в океанических водах распределена неравномерно: максимальные величины первичной продукции превышают 3 г С/сут, минимальные — около 0,05 г С/сут, т. е. производительность наиболее продуктивных вод на один-два порядка выше производительности наименее продуктивных (Steeman — Nielsen, 1958).