

О ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Е. В. Солянкин

Задачи перспективного прогноза состояния океанических сырьевых запасов требуют от океанографов быстрого и качественного решения проблемы научного предвидения тенденции развития гидрологических условий в различных районах Мирового океана и морских водоемах. Первым шагом на этом пути может быть попытка создания сверхдолгосрочного фонового прогноза состояния гидрологических условий, т. е. оценка среднего уровня и направленности изменений тех или иных показателей этих условий. Сама постановка задачи свидетельствует о важности познания структуры многолетних колебаний гидрологических характеристик и, прежде всего, долговременных составляющих многолетних изменений. Наличие таких составляющих подтверждают результаты довольно многочисленных исследований спектра колебаний гидрологических характеристик в различных районах Мирового океана (Максимов, 1970; Монин и др., 1974; Потайчук, 1972 и др.), а также результаты многочисленных исследований структуры различных гидрометеорологических характеристик морских водоемов и суши (речной сток, температура воздуха, индексы атмосферной циркуляции и т. п.). В качестве примеров выделенных долговременных скрытых периодичностей в многолетних колебаниях гидрометеорологических характеристик укажем на 2—3, 4—6 и 10—12-летние циклы колебаний температуры поверхностного слоя вод Северной Атлантики (Потайчук, 1972), 2—3, 5—7 и 10—12-летние циклы в колебаниях стока различных рек северного полушария (Калинин, 1968), подобные же циклы колебаний в многолетних изменениях показателей интенсивности и положения исландского минимума (Абрамов, 1967).

Выделяются теми или иными приемами статистического и графического анализа также колебания большей продолжительности, например 30—35 лет в флуктуациях поверхностной температуры вод Северной Атлантики (Потайчук, 1972), от 20 до 50 лет в колебаниях речного стока, уровня озер и других показателей водности (Калинин, 1968; Шнитников, 1969).

Таким образом, можно сделать вывод о наличии довольно широкого спектра колебаний различных природных характеристик, в том числе колебаний весьма большой временной продолжительности.

Современные представления о многолетних колебаниях большей части гидрометеорологических характеристик сводятся к стохастическому процессу, в котором случайные колебания сочетаются с детерминированными изменениями. Представляет интерес поиск детерминированных изменений, поскольку решение проблемы их прогноза воз-

можно с использованием законов классической физики без привлечения сложного математического аппарата. Однако выявление детерминированных изменений, познание физических причин изменчивости гидрометеорологических явлений — сложная задача. Пока нет бесспорных теорий о физических корнях изменчивости. К сожалению, преобладают довольно многочисленные попытки объяснения возможных физических причин изменчивости, исходя из простого подобия спектров колебаний той или иной гидрометеорологической характеристики и частот колебаний тех или иных физических факторов, часто даже без учета их фазовых состояний.

Разумеется, анализ спектрального состава колебаний может способствовать началу поиска возможной физической природы тех или иных колебаний, но не более того. Следует также иметь в виду, что выявление скрытых периодичностей и расчет их основных параметров (в том числе амплитуды колебаний) не всегда помогают правильно оценить вклад этих гармоник в реальные многолетние изменения гидрометеорологических характеристик, так как дают представление о средней для исследуемого временного ряда амплитуде колебаний. В то же время известно, что так называемые циклы (периоды и т. п.) являются большей частью мнимоциклическими колебаниями с изменяющимися продолжительностью, амплитудой (вплоть до ничтожно малых значений) и в отдельных случаях фазой колебаний (Максимов, 1970; Пармузина, 1968; Потайчук, 1972 и др.). Мнимоциклическостью большей части колебаний и объясняется огромное число выделенных циклов различной продолжительности в связи с увлеченностью формальной стороной статистического их воспроизводства при использовании различных по продолжительности временных рядов гидрометеорологических характеристик. Этим же, видимо, можно объяснить сомнения некоторых исследователей относительно возможности познания физической природы всякого рода циклов (Алехин, 1975). Следует, конечно, иметь в виду то обстоятельство, что даже индуцированные какими-либо физическими факторами (с относительной циклическостью колебаний) флуктуации природных характеристик в отдельных случаях могут быть ослаблены или даже затушеваны в результате наложения других колебаний. Все это свидетельствует о необходимости строжайшего отбора выявленных циклов, статистическую достоверность которых во многих случаях трудно определить.

На наш взгляд, необходима разработка рабочих гипотез с возможно более строгой физической интерпретацией тех или иных компонентов многолетних колебаний гидрометеорологических характеристик и последующей их экспериментальной проверкой для решения проблемы изменчивости.

Появившиеся в последние годы серьезно аргументированные рабочие гипотезы, к которым, на наш взгляд, относятся известные гипотезы И. В. Максимова и его последователей (1970) о воздействии космогеофизических сил на уровенную поверхность океанов и циркуляцию их вод, а также на барикоциркуляционное поле Земли, не могут не привлекать внимания исследователей. Эти гипотезы, разработанные главным образом применительно к океану, рассматривают изменения средней уровенной поверхности океана, а следовательно, циркуляцию его вод как результат деформирующего воздействия долгопериодной части потенциала многолетнего лунного прилива, сил деформации, возникающих из-за свободных и вынужденных колебаний оси вращения Земли (нутационных сил), и многолетних изменений уровня солнечной активности. И. В. Максимов (1970) в вопросе о воздействии солнечной активности склонен более подчеркивать морскую природу солнечнообусловленных флуктуаций океанических течений, но именно гипотеза о

деформирующем эффекте солнечной активности менее всего обоснована.

В соответствии с современными представлениями о солнечно-земных связях (Покровская, 1969; Сазонов, Логинов, 1969; Мустель, 1971 и др.) мы, прежде всего, видим роль солнечной активности в ее воздействии непосредственно на атмосферную циркуляцию, изменения форм и интенсивности которой отражаются на циркуляции океанических вод и соответствующих гидрометеорологических характеристиках. Изменения в переносе вод и тепла основными океаническими течениями и, прежде всего, системой течений Гольфстрим в северной части Атлантического океана, а также системой течений Куроисио в северо-западной части Тихого океана можно рассматривать в качестве основного фактора формирования термических аномалий в океане и последовательно аномалий барико-циркуляционного поля не только над океаном, но и над Евразийским континентом (Lamb, 1973). Это позволяет использовать гипотезу о космогеофизическом фоне реальных колебаний уровня и циркуляции вод в океане не только в исследованиях многолетних изменений океанологических параметров (циркуляционных и термических), но и в определении некоторых гидрологических характеристик стока на суше, в частности долговременных колебаний стока Волги — интегрального показателя климатических флуктуаций.

В настоящей работе на основе указанной выше гипотезы сделана попытка выделить долговременные детерминированные составляющие многолетних колебаний некоторых косвенных показателей интенсивности течений системы Гольфстрим, Лабрадорского течения в Северной Атлантике, системы течений Куроисио, а также стока Волги (отражающего опосредованно циркуляционные и термические изменения в Атлантике) с целью определения значения детерминированных изменений в формировании реальных многолетних колебаний гидрологических характеристик. Исходя из априорных представлений о детерминированных составляющих, которые уже по природе сил, их вызывающих, должны быть мнимоциклическими, мы положили в основу их экспериментального исследования выявление связей между космогеофизическими факторами и выделенными в результате предварительной фильтрации временных рядов гидрологических характеристик соответствующими долговременными составляющими. Но при этом возникла проблема учета начальных условий, отражающих конкретные особенности барико-циркуляционного поля, на фоне которых различно должны проявляться эффект солнечной активности и воздействие изменившейся под влиянием деформирующих внешних сил интенсивности океанической циркуляции на состояние теплозапаса поверхностного слоя океана и, следовательно, состояние атмосферы, равно как и обратный ее отклик, обратное ее воздействие на океан.

Таким образом, даже при однозначности механизма воздействия деформирующих сил на океан (или атмосферу) в результате взаимодействия системы океан—атмосфера (на фоне последовательной смены различных типов атмосферной циркуляции) конечное проявление космогеофизических сил может быть далеко не одинаковым в тех или иных временных интервалах с различным состоянием атмосферы, в некоторых случаях оно может вообще маскироваться. Поэтому нам представляется принципиально неверным искать статистические связи космогеофизических сил с гипотетическими детерминированными колебаниями гидрологических характеристик без дифференциации временных рядов, т. е. без учета начальных условий, как это выполнено в ряде работ (Максимов, Смирнов, 1967; Саруханян, Смирнов, 1970, 1971).

Не претендуя на глубокое рассмотрение механизма взаимодействия океана и атмосферы, мы полагаем, что основные различия этого взаи-

модействия могут быть опосредованно учтены путем ввода начальных условий в виде тех или иных преобладающих состояний атмосферы. Для данных целей, на наш взгляд, наиболее эффективно использовать выделенные А. А. Гирсом (1971, 1974) атмосферные циркуляционные эпохи, характеризующиеся аномальной повторяемостью в том или ином интервале лет (эпохах) одного или двух типов атмосферной циркуляции. Напомним, что последовательность эпох в атлантико-евразийском секторе северного полушария такова: эпоха западной циркуляции *W* охватывает период с 1900 по 1928 г., эпоха восточной циркуляции *E* — 1929—1939 гг., эпоха меридиональной циркуляции *C* — 1900—1948 гг., эпоха комбинированной циркуляции *E+C* — 1949—1972(73) гг. Эти интервалы лет были взяты нами в качестве выборок для испытания статистических связей долговременных составляющих некоторых гидрологических характеристик с космогеофизическими факторами; выборка для комбинированной эпохи ограничена 1968 г. из-за уменьшения временных рядов гидрологических характеристик в процессе подготовки данных (их фильтрации) для сопоставления с показателями космогеофизических сил. Поскольку в настоящем случае временные выборки для выполнения линейной корреляции нельзя рассматривать как случайные, то применение обычной статистической теории к полученным для относительно коротких интервалов времени коэффициентам корреляции может привести к неправильным выводам. Несомненную помощь в оценке реальности полученных зависимостей может оказать сравнительный географический (региональный) анализ аналогично полученных результатов для разных гидрологических характеристик, учитывая планетарный характер проявления космогеофизических сил.

Нами для экспериментального исследования взяты разнообразные океанологические характеристики, которые можно рассматривать как опосредованные показатели напряженности основных океанических течений Северной Атлантики и северо-западной части Тихого океана, а также, в качестве гидрологической характеристики, сток Волги, тесно связанный с состоянием океана и атмосферы в Северной Атлантике. Рассматриваемые океанологические показатели следующие: 1) средняя годовая температура слоя 0—200 м на разрезе Кольский меридиан ($33^{\circ}30'$ в. д., $70^{\circ}30'$ — $72^{\circ}30'$ с. ш.); 2) общее число айсбергов, выносимых Лабрадорским течением южнее 48° с. ш.; 3) положение оси Куроиси южнее острова Хонсю (Япония).

Расчеты теплового баланса в Северной Атлантике (Архипова, 1960) и юго-западной части Баренцева моря (Серяков, 1968) показали, что решающим фактором формирования температурного режима вод в рассматриваемых районах можно считать адвекцию тепла течениями системы Гольфстрим. Поскольку наблюдения за температурой вод регулярны, то естественно обращение исследователей при статистическом анализе флуктуаций течений к термическим характеристикам, отражающим косвенно эти изменения.

Косвенной характеристикой межгодовых колебаний интенсивности Лабрадорского течения может служить общее число айсбергов, достигающих Большой Ньюфаундлендской банки (Dinsmore, 1972). В цитируемой работе показано, что изменения в количестве айсбергов, выносимых южнее 48° с. ш., обусловлены прежде всего флуктуациями расходов вод Лабрадорского течения.

Положение оси Куроиси к югу от Японии, видимо, также может рассматриваться в качестве косвенного показателя напряженности Куроиси. Смещения положения оси Куроиси в значительной степени связаны с развитием или ослаблением квазистационарного, циклонического вида, меандра Куроиси южнее берегов Японии. По результатам полевоженных наблюдений над характеристиками Куроиси и теоретическим расчетом волн Россби и пр. (Hideo, 1975), наличие крупных ме-

андров течения в районе мористее Энсю-нада сопровождается низкой скоростью Куросио; с ослаблением интенсивности Куросио появляется тенденция смещения оси течения от берега.

И наконец, годовой сток Волги также опосредованно связан с процессами усиления или ослабления переноса атлантических вод и тепла в северные широты Атлантики.

Выбор именно этих гидрологических характеристик помимо указанного факта их связи и зависимости от океанических и атмосферных циркуляционных процессов (а рабочие гипотезы акцентируют именно циркуляционную сторону космогеофизического воздействия) был обусловлен также тем обстоятельством, что эти характеристики могут рассматриваться как индикаторы гидрологических и биологических процессов в так называемых природных системах северного полушария. Ранее был установлен факт сопряженности многолетних изменений гидрологических характеристик природных систем северного полушария (Ижевский, 1961, 1964; Богданов и др., 1975). Это позволяет с большей объективностью посредством сравнительного геофизического анализа оценивать реальность статистических связей космогеофизических сил с гидрологическими показателями.

Временные ряды исследуемых гидрологических характеристик различны по своей продолжительности. Конечным годом во всех случаях является 1974 г. Наиболее продолжителен (с 1879 г.) ряд наблюдений над стоком Волги, наименее продолжительны ряды наблюдений на Кольском разрезе и в районе Куросио (соответственно с 1921 и 1924 гг.). Естественно, что в двух последних случаях совершенно выпадает из рассмотрения эпоха *W*.

Средние годовые значения температуры атлантических вод в слое 0—200 м на Кольском разрезе получены на основе ежемесячных данных стандартных наблюдений (в предвоенные годы наблюдениями были охвачены не все месяцы года и поэтому использовались месячные значения температуры, восстановленные сотрудником ААНИИ А. А. Зверевым). Данные за военные годы восстановлены по связям с температурами поверхности моря в прибрежном норвежском пункте Инге. Среднее годовое многолетнее значение (норма) температуры воды слоя 0—200 м на Кольском разрезе за 1921—1970 гг. составляет 4,02°С. В дальнейшем все расчеты велись с аномалиями относительно указанной нормы. Анализ изменчивости аномалий применялся и в отношении других гидрологических характеристик.

При определении положения оси Куросио у южного побережья острова Хонсю для февраля, мая, августа и ноября каждого года учитывалось положение динамической оси основного потока Куросио (по динамическим расчетам поля течений) либо положение изотермы 15°С на горизонте 200 м, примерно совпадающей с динамической осью течения на поверхности. В исходном материале преобладали данные температурных наблюдений. Источниками исходных данных явились работы японских авторов, ежемесячные отчеты по океанографическим съемкам японскими судами промысловых районов у побережья Японии, данные ТИНРО по программе Международных исследований Куросио. Обработанные данные в виде многолетнего хода аномалий положения оси Куросио для указанных выше реперных месяцев отдельных сезонов (среднее многолетнее положение примерно 32° с. ш.) были любезно представлены нам научным сотрудником ТИНРО В. П. Павлычевым. Отдельные пропуски данных в военные годы восстановлены интерполяцией. Значения средних годовых аномалий положения оси Куросио получены в виде средних арифметических величин аномалий для указанных 4 мес. Положительные аномалии, в нашем случае, указывают на сдвиг положения оси Куросио к северу от 32° с. ш., отрицательные — на сдвиг к югу.

Сведения за 1900—1970 гг. об общем числе айсбергов, выносимых ежегодно (в основном с марта по июнь) Лабрадорским течением в район Большой Ньюфаундлендской банки (южнее 48° с. ш.), приведены в работе Динсмора (Dinstmore, 1972). Данные о наблюдениях за айсбергами в 70-е годы заимствованы из материалов специальной службы Международного ледового патруля (МЛП) (Safety Sea Int., 1976). В связи с неясностью степени репрезентативности материалов наблюдений за айсбергами до начала функционирования МЛП мы сочли целесообразным начало временного ряда наблюдений за айсбергами отнести к 1913 г. Среднее годовое многолетнее число айсбергов, выносимых южнее 48° с. ш., за 1913—1970 гг. составляет около 340.

За основу временного ряда значений годового стока Волги были приняты наблюдения водомерного поста у Волгограда. Данные о расходах воды взяты из справочника «Водные ресурсы поверхностных вод СССР» и гидрологических ежегодников. Эти данные в ряде случаев несколько модифицированы вследствие смены постов. Для 1935 г. использовались данные наблюдений у Волгограда, для 1936—1937 гг. расходы брались по Горно-Водяному; с 1938 по 1952 г., в связи с переносом поста в Дубовку, где расходы воды более высокие, чем у Волгограда из-за оттока вод в Ахтубу, принимались в расчет наблюдения в вершине дельты у Верхнего Лебяжьего с коррекцией на естественные потери стока при добегании вод до дельты (Рыбак, 1973); с 1953 г. использовались данные у Волгограда. С 1937 г. данные по стоку подвергались ретрансформации вследствие нарушения естественного режима стока. Величины безвозвратных отъемов воды на промышленные и сельскохозяйственные нужды, заполнение водохранилищ взяты по данным Гидропроекта; расчетные значения испарения с поверхности водохранилищ — по данным местных отделений Гидрометеослужбы СССР. В связи с сезонным перераспределением стока представляется более корректным оценивать величину годового стока не за календарный год, а с апреля текущего года по март включительно последующего года, так как изъятые из оборота весной воды, как правило, сбрасываются к апрелю следующего года. С целью сохранения однородности временного ряда годовой сток Волги для более ранних лет оценивался также с апреля по март следующего года (при среднем квадратическом отклонении от календарного года для 1881—1940 гг. около 7 км^3). За норму годового стока Волги принято среднее многолетнее значение для 1900—1970 гг., равное 250 км^3 .

Используемые материалы, к сожалению, нельзя считать во всех случаях безукоризненными. Уже при качественной их оценке, исходя из методов наблюдений и их обработки, более корректными представляются температурные данные по Кольскому разрезу и данные по стоку Волги. Большая уязвимость данных наблюдений за айсбергами в Северо-Западной Атлантике и расчетных положений оси Куроиси связана: 1) с известными трудностями обсчета айсбергов в тяжелых метеорологических условиях рассматриваемого района, 2) с разнородностью исходного материала при определении положения оси Куроиси и относительно небольшим числом наблюдений над гидрологическими характеристиками, явившимися основой для определения средних месячных положений оси Куроиси.

Для статистических сопоставлений с гидрологическими характеристиками использовались показатели космогеофизических сил.

В качестве показателя солнечной активности использовались относительные числа солнечных пятен, так называемые числа Вольфа, их годичные сглаженные значения, опубликованные в работах Ю. И. Витинского (1963, 1973).

Для характеристики многолетнего (со средним периодом около 19 лет) лунного деклинационного прилива использовались значения

долгопериодной составляющей потенциала приливообразующей силы Луны, рассчитанные для 70° с. ш. по формуле

$$W = -0,03276 G_0 (1 - 3 \sin^2 \varphi) \cos N',$$

где $N' = -N$ и обозначает долготу восходящего узла орбиты Луны, изменяющейся с периодом 18,613 лет;

G_0 — гравитационный коэффициент, равный $26\,160 \text{ см}^2/\text{с}^2$.

В качестве индекса нутационных явлений использована прямоугольная координата x полюса Земли на 1 июля каждого года. Эта характеристика репрезентативна и для года в целом, о чем свидетельствует очень высокая степень связи ее с разностью значений x на 1 июля и 1 января, характеризующей размах сезонных смещений полюса Земли. К сопоставлениям привлекались значения координаты x , вычисленные А. Я. Орловым (цитируются по Куликову, 1962), и для последних лет — данные ежемесячных бюллетеней Международной службы широты (значения координаты x представлены в сотых долях секунд дуги).

Предваряя выявление связей между указанными выше показателями космогеофизических сил и возможными, обусловленными ими изменениями гидрологических характеристик, мы попытались выделить в исследуемых рядах более длительные колебания типа вековых или трендов значительной протяженности с целью их предварительной фильтрации. Идея выявления вековых колебаний возникла в связи с акцентированием И. В. Максимовым и его последователями (1970) среди возможных солнечнообусловленных колебаний так называемого векового цикла (в среднем 80—90 лет). По Максиму, вековой ритм солнечной активности — «самое крупное из всех известных климатообразующих явлений». Но этот тезис не подкрепляется автором строгими доказательствами. Среди гипотез о деформационной природе колебаний природных характеристик именно гипотеза о проявлении векового ритма солнечной активности менее всего обоснована. Тем не менее нельзя отбрасывать идею о возможности того или иного проявления вековых изменений среднего уровня солнечной активности. Необходимо, видимо, проводить экспериментальные проверки даже на первый взгляд несостоятельных гипотез. В ряде работ почти безоговорочно, без каких-либо серьезных проверок, авторы склонны не только видеть наличие векового хода (отдельных его стадий) в многолетних колебаниях различных гидрологических характеристик (термика атлантических вод, речной сток и т. д.), но и их якобы четкую связь с соответствующим вековым циклом солнечной активности (Дружинин и др., 1966; Саруханян, Смирнов, 1970, 1971 и др.). Мы не могли не учесть высказываемые положения о значительности проявления векового цикла и не попытаться на имеющемся у нас материале проверить возможное проявление векового колебания. Лучшие возможности (хотя, конечно, ограниченные) представляют в этом аспекте среди рассматриваемых нами природных характеристик наиболее продолжительные ряды наблюдений над стоком Волги. При скользящем осреднении аномалий годового стока Волги по 11-летиям (результаты осреднения отнесены к середине избранных интервалов) и последующем графическом сглаживании не было выявлено какой-либо тенденции к вековому ходу, но довольно четко обнаружилось колебание со средней продолжительностью для данного конкретного временного ряда около 35 лет. Продолжительность этих колебаний (по экстремумам разных знаков) в пределах исследуемого временного ряда варьирует от 30 до 43 лет, существенно изменяется и амплитуда колебаний. Колебания с подоб-

ным временным масштабом, но с различными фазовыми сдвигами (различие физико-географических районов) намечаются и для других гидрологических характеристик (рис. 1, а, б). Естественно, возникает вопрос о реальности этих колебаний, о возможности их проявления в будущем, а следовательно, и возможности учета наметившихся трендов этих колебаний в сверхдолгосрочном прогнозе. Нам представляется, что ответ должен быть положительным, принимая во внимание широкое распространение подобного рода внутривековых колебаний (от 20

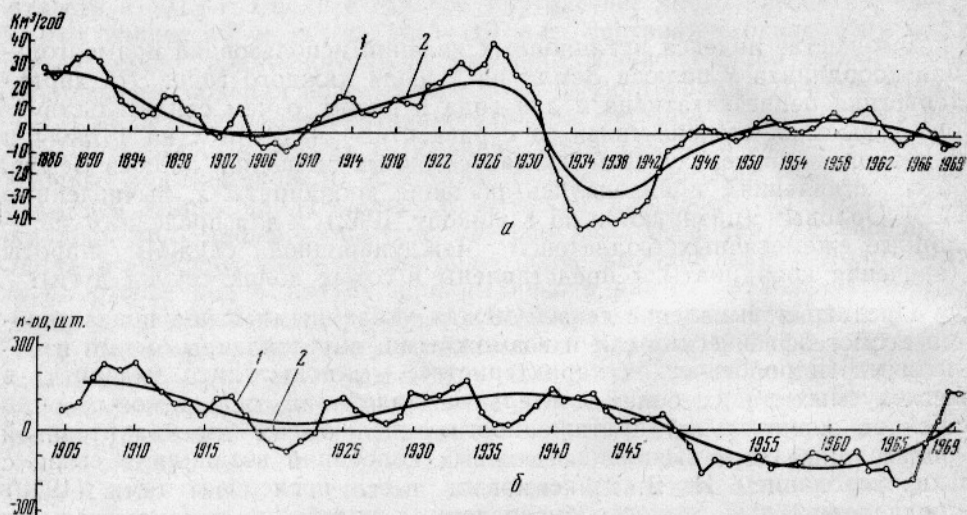


Рис. 1. Многолетние изменения водности Волги (а) и общего числа айсбергов, выносимых Лабрадорским течением южнее 48° с. ш. (б):

1 — значения, полученные скользящим осреднением по 11-летиям; 2 — графическое осреднение.

до 50 лет со средней продолжительностью 35 лет) различных показателей водности в различных географических районах Евразийского материка, как это показано (в ряде случаев — с привлечением исторических сведений) в работах А. В. Шнитникова (1969). Эти колебания пока не идентифицируются с какими-либо физическими факторами. А. В. Шнитников связывает их с климатическими флуктуациями, аналогичными выделенным Брикнером колебаниям климатических элементов (температуры, воздуха, осадков) в северном полушарии. Наличие заметно выраженных внутривековых колебаний гидрологических характеристик следует учитывать при поиске предполагаемых детерминированных колебаний стока и других гидрологических характеристик.

Если же говорить о вековом ритме солнечной деятельности как климатообразующем факторе, то, видимо, более приемлема гипотеза А. А. Гирса (1971) о роли изменений среднего уровня солнечной активности в формировании атмосферных циркуляционных эпох, своеобразии которых должно сказываться в эффекте проявления космогеофизических сил в океане и атмосфере.

Разумеется, при сопоставлениях гидрологических характеристик с космогеофизическими факторами требуется предварительно освободить исходные ряды не только от длительных трендов (отдельных ветвей 35-летнего колебания), но и от колебаний, порожденных иными геофизическими факторами или свойственными самой рассматриваемой физической среде. При этом в каждом отдельном случае мы ориентировались на факт реальных колебаний рассматриваемых нами космогеофизических сил как гипотетических факторов формирования соответствующих составляющих многолетних колебаний гидрологических харак-

теристик: изменений солнечной активности со средней продолжительностью колебаний 11 лет, многолетнего лунного прилива — около 19 лет и нутаций полюса Земли (вследствие биения 14-месячной и годовой волн) порядка 6—7 лет.

Предполагаемые солнечнообусловленные составляющие многолетних колебаний гидрологических характеристик выделялись следующим образом: из аномалий средних годовых значений вычитались 11-летние скользящие средние значения, т. е. исключались флуктуации и тренды большой продолжительности (свыше 11 лет), далее исключались выявленные методом периодограммного анализа в остаточном ряду значений те или иные доминантные гармоники, и, наконец, последняя операция

сглаживания по формуле $\frac{y_1 + 2y_2 + y_3}{4}$ с целью подавления возможных

квазидвухлетних и случайных колебаний.

Несколько замечаний следует сказать о доминантных гармониках, выявленных периодограммным анализом Шустера. Известно, что большинство скрытых периодичностей принадлежит по сути к мнимоциклическим колебаниям; поэтому с целью учета возможных изменений продолжительности колебаний и главное — их амплитуды периодограммный анализ выполняется отдельно для двух-трех интервалов исследуемых рядов. Выявленные скрытые периодичности несколько отличны для временных рядов различных гидрологических характеристик. Для изменений термичности атлантических вод и стока Волги характерны 4—5-летние гармоники, и в обоих случаях их учет и фильтрация не влияют существенно на конечный результат — коэффициенты корреляции и уравнения регрессии. При анализе временного ряда наблюдений над айсбергами наряду с указанными выше колебаниями выявляются циклы 7—8 лет. В изменениях положения оси Куроиси обнаруживаются только циклические колебания 6—8 лет. Циклические колебания такого порядка не исключались при выделении нутационных составляющих колебаний, поскольку многолетний цикл нутаций близок к 6—7 годам.

При некоторых различиях групп периодичностей для рядов различных гидрологических характеристик общим является тот факт, что в целом фильтрация указанных гармоник не изменяет принципиально конечных результатов — характера и величины связей космогеофизических сил с обусловленными ими изменениями гидрологических характеристик. В некоторых случаях предварительная фильтрация способствовала увеличению тесноты связей.

Предварительно отфильтрованные ряды гидрологических характеристик сопоставлялись в пределах временных интервалов-эпох с показателями солнечной активности при различных временных сдвигах. Во всех случаях наиболее тесная связь наблюдалась при сдвиге показателей солнечной активности на 3 года назад. Этот сдвиг можно связать в известной степени с перестройкой общей циркуляции атмосферы и глобальной системы океанических течений. Статистические оценки связей в виде коэффициентов корреляции и соответствующие уравнения регрессии для расчета солнечнообусловленных (равно, как и других детерминированных) колебаний аномалий различных гидрологических характеристик приведены в табл. 1. Очевидна значительная изменчивость тесноты и даже знака связи в зависимости от характера атмосферной циркуляционной эпохи. Наиболее четко выражена связь (обратного характера) в эпоху западной циркуляции ($r = -0,75$) и в эпоху меридиональной циркуляции С почти для всех гидрологических характеристик за исключением стока Волги. В эпоху западной циркуляции обратная связь изменений стока Волги с солнечной активностью обусловлена, видимо, нарушениями зонального переноса масс воздуха с Атлантики при

Статистические связи космогеофизических сил с обусловленными ими составляющими различных гидрологических характеристик

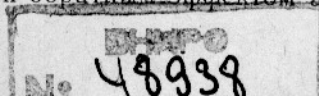
Эпоха, годы	Гидрологические показатели	Солнечная активность	Многолетний лунный прилив	Нутации полюса Земли
W, 1900—1928	Сток Волги	$r=-0,75$ $y=-0,96x+36,7$	$r=-0,03$	$r=-0,03$
	Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике (южнее 48° с. ш.)	$r=0,58$ $y=3,7x-182$	$r=-0,31$	$r=0,70$ $y=13,1x-84$
E, 1929—1939	Сток Волги	$r=0,28$	$r=-0,76$ $y=-1,27 \cdot 10^{-2}x-2,2$	$r=-0,11$
	Средняя годовая t_w° слоя 0—200 м на Кольском разрезе	$r=-0,15$	$r=0,71$ $y=7,3 \cdot 10^{-5}x$	$r=0,32$
	Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике (южнее 48° с. ш.)	$r=-0,37$	$r=0,04$	$r=0,40$
	Положение оси Курсио	$r=0,70$ $y=1,9 \cdot 10^{-2}x-0,84$	$r=0,30$	$r=-0,54$
C, 1940—1948	Сток Волги	$r=-0,36$	$r=-0,58$	$r=-0,78$ $y=-1,29x+15$
	Средняя годовая t_w° слоя 0—200 м на Кольском разрезе	$r=-0,71$ $y=-4,7 \cdot 10^{-3}x+0,1$	$r=-0,38$	$r=0,89$ $y=9 \cdot 10^{-3}x-0,12$
	Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике (южнее 48° с. ш.)	$r=-0,83$ $y=-5,9x+366$	$r=-0,45$	$r=0,65$ $y=7,2x-31,2$
	Положение оси Курсио	$r=-0,86$ $y=-8 \cdot 10^{-3}x+0,38$	$r=-0,42$	$r=0,84$ $y=1,4 \cdot 10^{-2}x-0,01$
E+C, 1949—1968	Сток Волги	$r=-0,63$ $y=-1,84 \cdot 10^{-1}x+15,2$	$r=-0,32$	$r=0,28$
	Средняя годовая t_w° слоя 0—200 м на Кольском разрезе	$r=0,69$ $y=2,6 \cdot 10^{-3}x-0,22$	$r=0,32$	$r=0,06$
	Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике (южнее 48° с. ш.)	$r=-0,24$	$r=-0,20$	$r=0,19$
	Положение оси Курсио	$r=-0,65$ $y=-6 \cdot 10^{-3}x+0,52$	$r=-0,24$	$r=0,56$

усилении солнечной активности. Именно для данной эпохи расчетные солнечно-обусловленные вариации водности Волги являются наибольшими. Видимо, в эпоху *W* при общем пониженном среднем уровне солнечной активности даже сравнительно невеликие возмущения солнечной активности нарушают зональный перенос воздушных масс в тропосфере и приводят к заметно выраженным отрицательным аномалиям водности Волги. Можно предположить, что в эпоху западной циркуляции межгодовые изменения солнечной активности вызывали однозначные колебания интенсивности притока теплых атлантических вод в северные широты. В эпоху же меридиональной циркуляции *C* обратный знак связи изменений большинства гидрологических характеристик с колебаниями солнечной активности можно объяснить следующим: усиление солнечной активности способствует повышенной устойчивости характерных для этой эпохи форм барического поля, при которых ветровая циркуляция ослабляет перенос как атлантических вод к северу, так и вод полярного происхождения к югу. Одинаковый (в сравнении с Атлантикой) знак связи солнечной активности с изменениями положения оси Куроисио, вероятно, обусловлен специфическими особенностями барико-циркуляционного поля над северо-западной частью Тихого океана. Невысокую степень связи солнечной активности со стоком Волги можно объяснить повышенной повторяемостью в эту эпоху выхода средиземноморских циклонов на юг Европейской территории Союза (ЕТС), способствующих увеличению осадков; этот процесс должен уменьшить негативный эффект ослабления зонального переноса воздушных масс с Атлантики.

Связь изменений гидрологических характеристик с солнечной активностью (в отличие от других геофизических сил планетарного характера) проявляется в той или иной степени чуть ли не во все эпохи (см. табл. 1). Можно предположить, что вклад солнечной активности (ее среднего уровня) является основным в формировании повышенной повторяемости определенных форм атмосферной циркуляции в больших интервалах времени — эпохах. Не противоречит этому положению и отсутствие значимой связи с солнечной активностью гидрологических характеристик атлантико-европейского сектора северного полушария в эпоху *E*. В этот интервал времени, когда средний уровень солнечной активности мало отличался от предыдущей эпохи *W*, основной вклад в формирование повышенной повторяемости циркуляционных процессов, характерных для эпохи *E*, могли внести положительные изменения интенсивности переноса вод и тепла в северные широты, обусловленные долгопериодными вариациями приливообразующей силы Луны (см. табл. 1).

Следует отметить, что методика выделения во временных рядах гидрологических характеристик гипотетических приливообусловленных колебаний в основном сходна с описанной ранее методикой выделения солнечнообусловленных вариаций. Из аномалий средних годовых значений гидрологических характеристик вычитались значения 35-летних составляющих колебаний и расчетные солнечнообусловленные колебания, далее по указанной выше схеме отфильтровались относительно короткопериодичные колебания. В случаях невыраженной связи с солнечной активностью предполагаемая приливная компонента определялась как разность 11-летних сглаженных средних величин и значений 35-летней составляющей колебаний.

Что касается характера связей выделенных составляющих с долгопериодной частью потенциала приливообразующей силы Луны, то в большинстве случаев (см. табл. 1) эта связь не прослеживается. Видимо, вызываемые многолетним лунным приливом изменения в интенсивности основных океанических течений недостаточно велики и затухают или обратным эффектом атмосферных циркуляционных усло-



вий, или вследствие интерференции с другими колебаниями океанической системы. В трактовке роли долговременных приливных колебаний мы заметно расходимся с И. В. Максимовым (1970), а также с Г. К. Ижевским (1961), выделявшими приливы колебания как одни из основных в формировании общего фона многолетних колебаний гидрологических (и биологических) характеристик различных природных систем северного полушария. Значимая статистическая связь приливных долговременных изменений термики атлантических вод и стока Волги ($r=0,76$ и $r=-0,71$ соответственно) имела место только в эпоху восточной циркуляции *E*. Ранее мы уже высказали предположение, что формирование характерных для эпохи *E* особенностей барикоциркуляционного поля в атлантико-европейском секторе северного полушария связано с положительным импульсом долгопериодного лунного прилива, выразившимся в усилении адвекции вод и тепла в северные широты. С повышенным тепловым фоном поверхностных вод Северной Атлантики в свою очередь связывается образование блокирующего западный перенос стационарного высотного гребня над Европой и преобладание над ЕТС антициклонального характера погоды, приводящего к дефициту атмосферных осадков и уменьшению водности Волги.

Отсутствие значимой связи долговременных изменений выноса айсбергов Лабрадорским течением в эпоху *E* с долгопериодным лунным приливом становится понятным, если учесть сопряженный в общем характер изменений напряженности выноса атлантических вод в северные широты и компенсирующего потока полярных вод из Арктического бассейна. Таким образом, при усилении потока атлантических вод на север должен усилиться и поток полярных вод к югу, но сам приливный эффект в это же время в области Лабрадорского течения должен приводить к его ослаблению. В результате подобных противоположно направленных процессов и маскируется в данном конкретном случае приливная компонента многолетних колебаний интенсивности Лабрадорского течения (и выноса им айсбергов южнее 48° с. ш.).

Полученные выше статистические связи колебаний гидрологических характеристик с долгопериодными вариациями приливообразующей силы Луны имеют место при сдвиге в 3 года. Столь значительный фазовый сдвиг довольно часто проявляется при сопоставлениях изменений различных макромасштабных явлений. Подобные запаздывания можно предположительно связать с перестройкой механизма атмосферной циркуляции в планетарном масштабе, а также с перестройкой и приспособлением поля масс и океанических течений к новым, изменившимся условиям баланса сил.

Ранее уже высказывалось предположение о существовании составляющих многолетних колебаний гидрологических характеристик, связанных опосредованно с движениями полюса Земли (нутациями). Поскольку многолетний цикл колебаний полюса Земли (6—7 лет) создается биением 14-месячной и годовой нутационных волн, то, очевидно, колебания нутационных показателей прежде всего должны характеризовать изменчивость сезонных амплитуд гидрометеорологических характеристик, и в выявлении возможных связей нутаций полюса Земли с вызванными ими колебаниями гидрологических характеристик следует исходить из нулевого временного сдвига.

Техника выделения нутационной компоненты многолетних колебаний гидрологических характеристик принципиально сходна с описанными ранее методиками выделения других детерминированных колебаний и сводится к вычитанию из аномалий средних годовых значений гидрологических характеристик значений 35-летней составляющей, расчетных солнечно- и приливообусловленных колебаний, далее к отфильтровыванию относительно короткопериодичных колебаний.

РССР

Значимая связь для всех гидрологических показателей в рассматриваемом случае наблюдалась только в эпоху меридиональной циркуляции С. Весьма показателен обратный характер связи нутационных сил с термикой атлантических вод и стоком Волги. Однозначный эффект проявления нутационных сил в Северной Атлантике и северо-западной части Тихого океана, в районах, отстоящих один от другого примерно на 180° широты, может показаться странным в связи с противоположностью фаз планетарной нутационной волны, созданной силой деформации в океане. Объяснить эту кажущуюся неувязку можно наличием в атмосфере нутационной барической волны, впервые обнаруженной И. В. Максимовым (1970). Нутационные по происхождению колебания атмосферного давления должны иметь противоположный знак в рассматриваемых географических районах (например, барический гребень и ложбина соответственно). Но при этих формах барического рельефа соответствующий характер циркуляции атмосферы должен приводить к однозначному эффекту воздействия на поток атлантических вод в Северо-Восточной Атлантике и Норвежском море, с одной стороны, и на поток теплых вод, движущихся из субтропиков на север в западной части Тихого океана, с другой. Следует полагать, что эффект атмосферного воздействия, обусловленного нутационными силами, превосходит в данном случае последствия деформационного изменения урovenной поверхности океана.

Уравнения регрессии, приведенные в табл. 1, использовались для расчета детерминированных составляющих аномалий годовых величин указанных выше гидрологических характеристик в пределах временных интервалов, идентифицируемых с атмосферными циркуляционными эпохами. Видимо, эти уравнения можно использовать для прогностических расчетов и за пределами эпох, явившихся основой для их построения, но для временных интервалов с аналогичным барико-циркуляционным фоном. Интересно, что даже их применение (на примере стока Волги) к отдельным стадиям других эпох (по работе А. А. Гирса, 1974), а именно к стадиям с формой циркуляции, совпадающей по знаку с эпохой, для которой выведено уравнение, способствовало определенному уточнению общей суммарной оценки расчетных колебаний.

Расчетные оценки детерминированных составляющих многолетних колебаний гидрологических характеристик (табл. 2) свидетельствуют о значительной изменчивости вклада каждой из них в формирование реальных колебаний этих характеристик. Наибольший вклад вносят составляющие колебаний всех рассмотренных гидрологических характеристик, связанных с эффектом солнечной активности. Интересно отметить, что относительный вклад солнечнообусловленных колебаний (как, впрочем, и других детерминированных составляющих) в пределах конкретных эпох оказывается весьма близок для гидрологических характеристик различных физико-географических районов северного полушария. Менее всего количественно выражено влияние приливообусловленных колебаний, но их проявление связано с эпохой *E* (1929—1939), когда действие других детерминированных колебаний было вовсе затушевано.

Анализ реального многолетнего хода указанных гидрологических характеристик и многолетних изменений суммарных значений расчетных детерминированных колебаний с учетом колебаний так называемого 35-летнего цикла (рис. 2) приводит к выводу о том, что детерминированные долговременные составляющие вкупе с 35-летним колебанием определяют фон (средний уровень и длительную тенденцию изменений) многолетних колебаний различных гидрологических характеристик. Этот вывод, на наш взгляд, свидетельствует о возможности использования выявленных космогеофизических составляющих многолет-

них колебаний гидрологических характеристик при разработке сверх-долгосрочных прогнозов гидрологических условий в различных районах Мирового океана.

Таблица 2

Оценка вклада солнечнообусловленных (1), приливообусловленных (2) и нутационных (3) составляющих в формирование многолетних колебаний гидрологических характеристик ($A/A_{абс}$ в % для каждой эпохи)

Эпоха, годы	Гидрологические показатели	$A_{абс}$	1	2	3
W, 1900—1928	Сток Волги (км ³ /год)	217	42	—	—
	Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике (южнее 48° с. ш.) *	690	—	50	75
E, 1929—1939	Сток Волги	129	—	18	—
	Средняя годовая t_W° слоя 0—200 м на Кольском разрезе	1,18	—	11	—
	Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике (южнее 48° с. ш.)	1250	—	—	—
	Положение оси Куроисио	1,8	77	—	—
C, 1940—1948	Сток Волги	122	—	—	40
	Средняя годовая t_W° слоя 0—200 м на Кольском разрезе	0,92	50	—	37
	Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике (южнее 48° с. ш.)	1100	55	—	25
	Положение оси Куроисио	1,5	53	—	33
E+C, 1949—1968	Сток Волги	109	31	—	—
	Средняя годовая t_W° слоя 0—200 м на Кольском разрезе **	1,92 (1,35)	24 (35)	—	—
	Число айсбергов в Северо-Западной Атлантике (южнее 48° с. ш.)	910	—	—	—
	Положение оси Куроисио	1,0	100	—	—

* Для 1914—1928 гг.

** Без исключительно экстремального 1966 г.

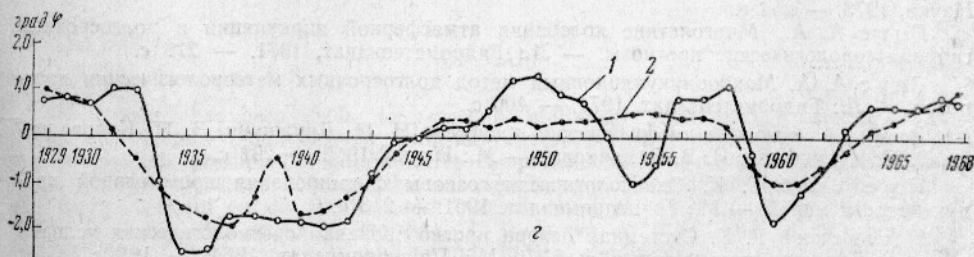
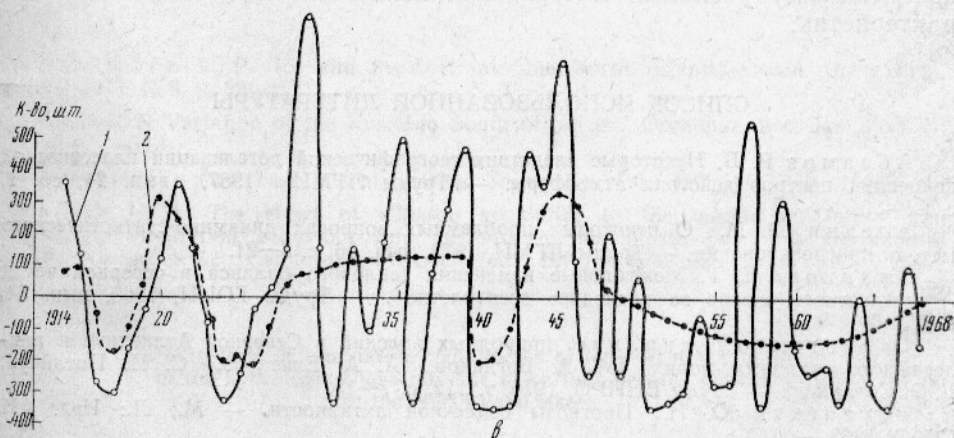
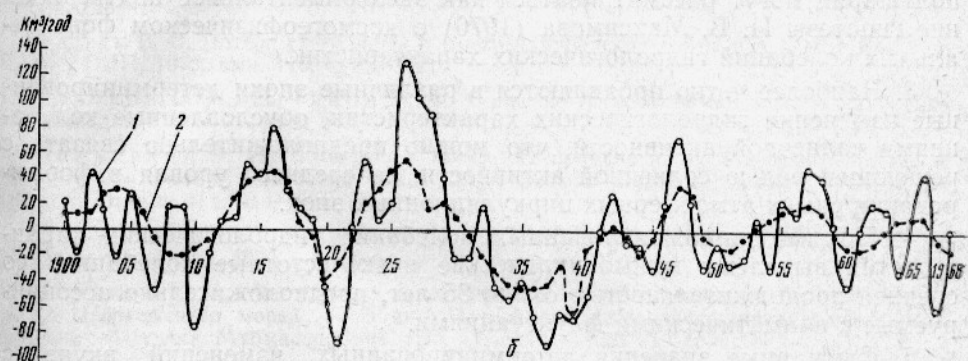
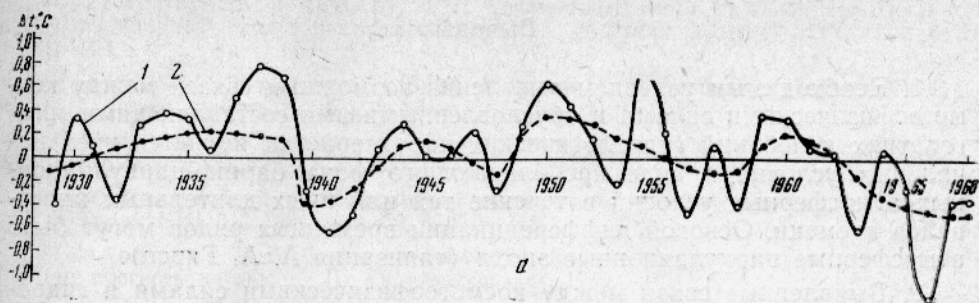


Рис. 2. Многолетний ход аномалий средней годовой температуры воды слоя 0—200 м на Кольском разрезе (а), аномалий годового стока Волги (б), общего числа айсбергов в Северо-Западной Атлантике южнее 48° с. ш. (в), положения оси Куросо южнее острова Хонсо (г):

1 — по наблюдениям; 2 — расчетные данные.

Выводы

1. Необходимым условием выявления возможных связей между космогеофизическими силами и обусловленными ими составляющими многолетних колебаний гидрологических характеристик является учет начальных условий в виде преобладающего фона барико-циркуляционных атмосферных условий в течение тех или иных длительных интервалов времени. Основой дифференциации временных рядов могут быть атмосферные циркуляционные эпохи (типизация А. А. Гирса).

2. Выявленные связи между космогеофизическими силами и гидрологическими характеристиками различных природных систем северного полушария могут рассматриваться как экспериментальное подтверждение гипотезы И. В. Максимова (1970) о космогеофизическом фоне реальных колебаний гидрологических характеристик.

3. Наиболее четко проявляются в различные эпохи детерминированные изменения гидрологических характеристик, обусловленные колебаниями солнечной активности, что можно предположительно связать с решающей ролью солнечной активности, ее среднего уровня в формировании самих атмосферных циркуляционных эпох.

4. Помимо детерминированных колебаний гидрологических характеристик выявлены мнимоциклические низкочастотные колебания со средней продолжительностью около 35 лет, предположительно ассоциируемые с климатическими флуктуациями.

5. Суммарные значения детерминированных изменений вкупе с 35-летним колебанием хорошо отражают фон (средний уровень и направленность) реальных многолетних колебаний гидрологических характеристик.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Абрамов Р. В. Некоторые следствия географической детализации классической концепции центров действия атмосферы. — Труды ЛГМИ, 1967, вып. 24, сб. 1, с. 22—30.

Алехин Ю. М. О некоторых проблемных вопросах динамико-статистического метода прогнозирования. — Труды ЛГМИ, 1975, вып. 56, с. 3—21.

Архипова Е. Г. Межгодовые изменения теплового баланса в северной части Атлантического океана за последнее десятилетие. — Труды ГОИН, 1960, вып. 54, с. 35—60.

О системном анализе природных явлений в Северной Атлантике и прилегающих полярных морях [М. А. Богданов, А. А. Елизаров, С. И. Потапчук, Е. В. Солянкин]. — Труды ВНИРО, 1975, т. 112, с. 7—15.

Витинский Ю. И. Прогнозы солнечной активности. — М.; Л.: Изд. АН СССР, 1963. — 149 с.

Витинский Ю. И. Цикличность и прогнозы солнечной активности. — Л.: Наука, 1973. — 254 с.

Гирс А. А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. — Л.: Гидрометеоздат, 1971. — 277 с.

Гирс А. А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. — Л.: Гидрометеоздат, 1974. — 400 с.

Речной сток и геофизические процессы [И. П. Дружинин, З. П. Коноваленко, В. П. Кукушкина, Н. В. Хамьянова]. — М.: Наука, 1966. — 292 с.

Ижевский Г. К. Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей. — М.; Пищепромиздат, 1961. — 213 с.

Ижевский Г. К. Системная основа прогнозирования океанологических условий и воспроизводства промысловых рыб. — М.: Пищепромиздат, 1964. — 165 с.

Калинин Г. П. Проблемы глобальной гидрологии. — Л.: Гидрометеоздат, 1968. — 377 с.

Куликов К. А. Изменяемость широт и долгот. — М.: Физматгиз, 1962. — 400 с.

Максимов И. В. Геофизические силы и воды океана. — Л.: Гидрометеоздат, 1970. — 400 с.

Максимов И. В., Смирнов Н. П. Генетический метод прогноза многолетних колебаний климатических характеристик в океане. — Труды ПИНРО, 1967, вып. 20, с. 323—335.

Монин А. С., Каменкович В. М., Корт В. Г. Изменчивость Мирового океана. — Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 261 с.

Мустель Э. Р. Солнечная активность и тропосфера. В кн.: Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. М., 1971, с. 32—56.

Пармузина Т. А. Атмосферные ритмы и их изучение в морской климатологии. — Труды НИИАК, 1968, вып. 50, с. 113—119.

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

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

Рыбак В. С. Потери стока воды в Волго-Ахтубинской пойме и в дельте Волги. — Труды ГОИН, 1973, вып. 116, с. 82—96.

Сазонов Б. И., Логинов В. Ф. Солнечно-тропосферные связи. — Л.: Гидрометеиздат, 1969. — 113 с.

Саруханян Э. И., Смирнов Н. П. О применении генетического метода к прогнозу многолетних колебаний температуры воды в Баренцевом море. — Океанология, 1970, вып. 4, с. 614—621.

Саруханян Э. И., Смирнов Н. П. Многолетние колебания стока Волги. — Л.: Гидрометеиздат, 1971. — 165 с.

Серяков Е. И. Многолетние колебания компонентов теплового баланса Баренцева и Норвежского морей. — В кн.: Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. Мурманск, 1968, вып. 11, с. 121—132.

Шнитников А. В. Внутривековая изменчивость компонентов общей увлажненности. — Л.: Наука, 1969. — 243 с.

Dinsmore, R. P. Ice and its drift into the North Atlantic Ocean. Spec. Publ. ICNAF, 1972, N 8, p. 89—127.

Hideo, N. Variation of the Kuroshio South of Japan. J. Oceanogr. Soc. Jap., 1975, 31, N 4, p. 154—173.

International Ice Patrol Service. Safety Sea Int., 1976, N 87, p. 18—20.

Lamb, H. H. The effect of climatic anomalies in the oceans on long-term atmospheric circulation behaviour and currents in the North Sea and surrounding regions. North Sea Sci., Cambridge, Massachusetts, 1973, p. 153—182.

**On long-term determinative components of long-term fluctuations
in the hydrologic characteristics of various natural systems
in the North hemisphere**

SOLANKIN E. V.

SUMMARY

An attempt has been made to ascertain statistical relationships ^{between} among space-geophysical factors (solar activity, long-term lunar tide, nutations of the earth poles) and appropriate presumably determinative components of long-term fluctuations in various hydrographic characteristics (thermal conditions of the Atlantic waters, the number of icebergs brought out by the Labrador current, flood of the Volga River, the position of the Kuroshio axis south of Honshu). It is shown that in order to ascertain such relationships it is necessary to understand initial conditions, that is dominating trends of the baric-circulation conditions within long periods of time (or circulation epoches described by Girs). The statistical characteristics of the relationships revealed (correlation factors for various epoches, regression equations) are presented. The estimates of determinative components of fluctuations in the hydrographic characteristics indicate a wide variability in the contribution of each characteristic to the formation of actual fluctuations.