

УДК 551.46 : 629.78 : 550.38

**О СВЕРХДОЛГОСРОЧНОМ ПРОГНОЗЕ НЕКОТОРЫХ ФОНОВЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК АБИОТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ВОСПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА ПО
КОЛЬСКОМУ МЕРИДИАНУ)****Е. В. Солянкин**

Величина биологической (а следовательно, и рыбопромысловой) продукции вод того или иного района Мирового океана испытывает флуктуации различной степени интенсивности, определяемые в значительной мере изменчивостью общих океанологических условий. Выявление закономерностей многолетних изменений условий среды, предсказание на их основе ожидаемого фона (среднего уровня или длительной тенденции) абиотических условий воспроизводства — один из возможных путей перспективной оценки биолого-промысловой продуктивности океанических вод.

Существующие методы сверхдолгосрочных прогнозов океанологических условий оценены ранее в основном применительно к Атлантической системе (Солянкин, 1974). Именно эта система (точнее один из индикаторов процессов этой системы — теплосодержание атлантических вод на разрезе по Кольскому меридиану) наиболее четко демонстрирует определяющее влияние условий среды на колебание численности (запасов) основных промысловых рыб (Ижевский, 1961, 1964).

Среди совокупности методов нами был выделен так называемый «генетический» метод прогноза долговременных изменений океанологических характеристик (Максимов, Смирнов, 1967; Максимов, 1970), в котором используются гипотетические положения о деформирующем воздействии на океаническую уровенную поверхность, а следовательно, и общую циркуляцию океанических вод некоторых космогеофизических сил (долгопериодного деклинационного прилива, деформирующих сил, связанных с нутациями полюса Земли, а также с изменениями солнечной активности в 11-летнем и вековом циклах). Этот метод позволяет использовать цикличность, т. е. неправильные квазипериодические колебания некоторых космогеофизических сил и обусловленных ими составляющих океанологических характеристик, прямо или косвенно отражающих интенсивность основных океанических течений. Конечно, метод нельзя считать совершенным хотя бы из-за слабой разработки механизма (даже гипотетического) формирования некоторых из указанных выше долговременных изменений, например типа векового хода. Поэтому его использование в настоящих условиях связано с эмпирическими построениями; название метода («генетический») также условно.

«Генетический» метод был применен к прогнозу температуры воды слоя 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану (Саруханян, Смир-

нов, 1970). Но прогностические связи, полученные авторами, несовершенны и нуждаются в существенном корректировании. Так, невыполнение условия предварительной фильтрации заметных низкочастотных колебаний («векового хода») должно привести к искажению оценки парциальных вкладов других компонентов суммарной аномалии температуры, а также в некоторых случаях к нарушению устойчивости полученных ранее статистических связей этих компонент с вызывающими их силами при продлении сопоставляемых рядов (например, в случае сопоставления хода солнечной активности — годовых чисел Вольфа — и обусловленных ею колебаний температуры). Вызывают возражения и некоторые другие моменты, в частности категоричное принятие определяющей роли векового хода солнечной активности в формировании так называемой вековой составляющей температурного хода, а следовательно и соответствующее прогностическое решение.

Поэтому необходимо вновь обратиться к оценке возможностей «генетического» метода в прогнозе долговременных изменений теплосодержания атлантических вод на разрезе по Кольскому меридиану как важного индикатора общих океанологических процессов в Атлантической системе (Богданов и др., статья опубликована в данном сборнике).

Чтобы оценить парциальные вклады различных детерминированных колебаний — составных частей реальных суммарных аномалий средней годовой температуры воды слоя 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану — рассмотрим сначала наиболее низкочастотную компоненту. В уже цитированной работе Сарухяна и Смирнова (1970) полученная в качестве остаточного члена относительно долговременная тенденция (тренд) падения температуры с 1950 по 1965 г. без каких-либо обоснований ассоциируется с вековым ходом; в дальнейшем же этот тренд, по сути дела, аппроксимируется расчетной (прогностической) кривой векового хода солнечной активности (Максимов, 1964). Столь существенный ход в предложенной схеме «генетического» прогноза нуждается в доказательствах.

Ранее мы также были склонны считать полученный тренд частью векового изменения теплосодержания атлантических вод (Солянкин, 1974). Это мнение подтверждалось потеплением воздуха в северном полушарии в конце прошлого века — первой половине настоящего (Будыко, Винников, 1973). Сопоставление выявило определенное сходство, особенно четко в «потеплении Арктики» 20—30-х годов, но вряд ли эта аналогия может считаться достаточно строгим обоснованием для более широких временных обобщений. Это потепление было наиболее четким на Крайнем Севере и в основном в ноябре и январе (Алисов, Полтараус, 1962). По А. Н. Крындицу (1970) многолетний ход сглаженных значений поверхностной температуры воды (1881—1890 и 1951—1960 гг.) в Северной Атлантике (по данным Смеда) представлен довольно сложными флуктуациями, имеющими подчас (особенно в центральной части района) мало общего с последовательным ростом аномалий температуры воздуха с конца прошлого века вплоть до потепления 20—30-х годов.

Таким образом, мы намерены пересмотреть ранее высказанные суждения о наличии векового изменения теплосодержания атлантических вод на примере разреза по Кольскому меридиану (Солянкин, 1974), чему способствовала проверка «правильности поведения» долговременных составляющих общих океанологических процессов в атлантической природной системе (на примере их индекса — аномалий теплосодержания слоя 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану), основанная на учете сопряженности (обратной в многолетнем аспекте связи)

с процессами в европейской континентальной системе, показателем которых могут быть многолетние флуктуации водности Волги (Ижевский, 1961, 1964).

При анализе более длительного по сравнению с разрезом по Кольскому меридиану ряда наблюдений над годовым стоком Волги (1881—1973 гг.) не было обнаружено вековой тенденции изменений, но были выявлены наряду с солнечно- и приливообусловленными колебаниями, находящимися в обратной связи с внешними (космическими) силами, также циклические колебания со средней продолжительностью около 35 лет (длительность их для рассматриваемого ряда варьирует от 33 до 40 лет). Именно эти долгопериодные колебания в сумме составляют фоновую картину колебаний водности Волги. Отсюда можно предположить существование 35-летних циклических колебаний и в многолетнем ходе годовых аномалий теплосодержания атлантических вод. Предположение это подтверждается статистической обратной связью значений 35-летнего цикла водности Волги и наиболее низкочастотной части спектра годовых аномалий температуры слоя 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану.

Таким образом, реальность векового цикла изменений теплосодержания атлантических вод сомнительна; соответственно надо оценивать и его прогностическую ценность. Ввод в прогностическую схему значений мнимого векового цикла может привести к существенным искажениям прогностического тренда вследствие значительности амплитуды колебаний составляющих низкочастотной части спектра.

Так как для наиболее низкочастотной части спектра не найдено адекватного «внешнего» аналога, то использовать ее в прогностических целях на изложенных выше принципах детерминированности колебаний природных характеристик трудно; по-видимому, ввод ее в прогностическую схему возможен на основе определенных эмпирических предпосылок. В предлагаемом исследовании выделенные низкочастотные колебания данного вида используются в основном в качестве фильтра пропускания более высоких частот для более точной оценки других составляющих колебаний термики, возможно связанных с внешними (космогеофизическими) силами.

Основой определения наиболее низкочастотного компонента вариации годовых аномалий температуры воды в слое 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану (при «норме» 4,02°С для 1921—1970 гг.) явилось графическое осреднение сглаженных по 11-летиям значений аномалий температуры (рис. 1).

Солнечнообусловленные составляющие колебаний температуры воды определяли путем вычитания из годовых аномалий температуры 11-летних сглаженных средних значений (т. е. фильтрацией наиболее низких частот спектра колебаний) и последующим сглаживанием по так называемой климатической формуле $\left(\frac{a_1 + 2a_2 + a_3}{4} \right)$ с целью

подавления короткопериодических флуктуаций; сглаживанию предшествовало также исключение выделяемых периодограмм-анализом Шустера 4—5-летних периодических колебаний. Отфильтрованные таким образом составляющие реальных колебаний температуры сопоставлялись далее с годовыми сглаженными числами Вольфа — показателями уровня солнечной активности (значения чисел Вольфа взяты из работ Ю. И. Витинского, 1963, 1973).

Под солнечнообусловленными составляющими колебаний температуры воды имеется в виду опосредованное влияние на интенсивность основных океанических течений, в данном случае течений системы Гольфстрим, изменений макромасштабных циркуляционных условий в

атмосфере. Такое понимание эффекта солнечной активности диктует дифференцированный подход к оценке статистических связей колебаний соответствующих компонент температуры с показателями солнечной активности для отдельных интервалов временных рядов наблюдений, учитывая различный характер проявления солнечной активности в атмосферных циркуляционных процессах (а следовательно, и океанической циркуляции) в зависимости от начального вида барического поля Земли в северном полушарии.

Чтобы выделить такие временные интервалы, были взяты годы с преимущественным развитием тех или иных основных барико-циркуляционных форм или «циркуляционные эпохи», согласно типизации Вангенгейма—Гирса (Гирс, 1971). Именно в этих интервалах (эпоха

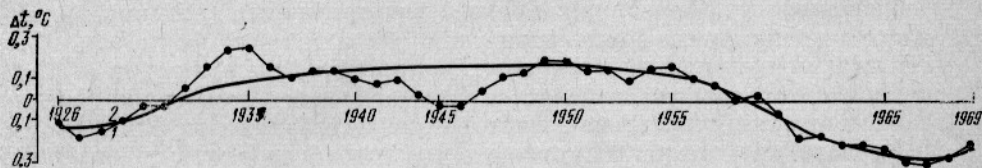


Рис. 1. Ход аномалий температуры воды на разрезе по Кольскому меридиану: 1 — сглаженные 11-летние средние значения; 2 — значения, полученные графическим осреднением.

восточной *E* циркуляции атмосферы, 1929—1939 гг.; эпоха меридиональной *S* циркуляции, 1940—1948 гг., эпоха комбинированной *E+S* циркуляции, 1949—1969 гг.) и оценивались характер и теснота связей колебаний выделенных компонент температуры с изменениями уровня солнечной активности. Различный характер преобразований форм атмосферной циркуляции в указанных выше «эпохах» на коротких отрезках времени в зависимости от изменений солнечной активности в 11-летнем цикле может, очевидно, приводить не только к вариациям тесноты связи, но и к изменениям знака связи. Это в корне исключает формальный статистический анализ временных рядов наблюдений.

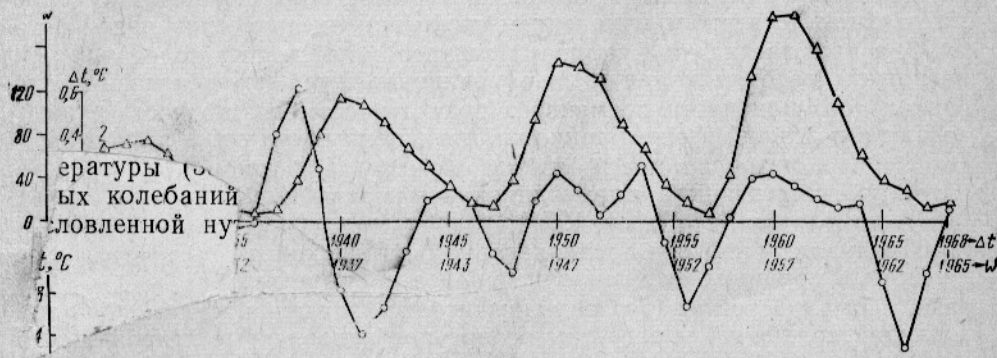


Рис. 2. Сопоставление годичных сглаженных чисел Вольфа (2) с солнечнообусловленными составляющими годовых аномалий температуры воды на разрезе по Кольскому меридиану (1).

Наиболее тесна связь при сдвиге показателей солнечной активности на 3 года назад. Сдвиг изменений выделенной составляющей температуры по отношению к ходу солнечной активности, по-видимому, вполне закономерен, если учесть запаздывание реакции атмосферных процессов в атлантико-европейском секторе северного полушария на изменения уровня солнечной активности (Гирс, 1956).

Статистические оценки тесноты связи выделенных составляющих колебаний температуры с солнечной активностью изменяются в зави-

симости от временных интервалов с различным фоном общих циркуляционных (атмосферных) условий (рис. 2). Если в эпоху 1929—1939 гг. теснота связи была низкой (коэффициент корреляции $r=0,15$), то в 1940—1948 и 1949—1969 гг. она при разнозначности связей была достаточно высокой для составления прогностических уравнений ($r=-0,71$ и $r=0,69$ соответственно). Уравнения регрессии имеют вид:

$$y = -4,7 \cdot 10^{-3} x + 0,12,$$

$$y = 2,6 \cdot 10^{-3} x - 0,22,$$

где y — прогностическое значение солнечнообусловленной составляющей $\Delta t_{10}^{\circ}\text{C}$;
 x — годовичное сглаженное значение числа Вольфа со сдвигом на 3 года назад.

Указанная дифференциация связей для различных временных интервалов с преимущественным развитием тех или иных форм атмосферной циркуляции проявляется также при рассмотрении такого эффективного интегрального показателя климатических изменений (прежде всего, циркуляционных) как многолетние колебания вод Волги.

Исследована также возможность приливообусловленных колебаний в формировании аномалий теплосодержания атлантических вод. На основании ряда работ (Максимов, Смирнов, 1967; Максимов, 1970; Саруханян, Смирнов, 1970) многолетние колебания температуры, связанные с проявлением 19-летней составляющей приливообразующей силы Луны, следует считать составным элементом фоновых изменений температуры. Авторами отмечено деформирующее воздействие внешних сил, включая долгопериодные приливы, на уровенную поверхность океана и, следовательно, циркуляцию основных океанических систем, но, к сожалению, совершенно не освещены сопутствующие процессы динамического и теплового взаимодействия океана с атмосферой.

Очевидно, формирующиеся в результате колебаний интенсивности крупных океанических систем термические аномалии поверхности океана могут приводить к повышению устойчивости или, напротив, к существенным изменениям барико-циркуляционных условий в атмосфере с соответственным изменением динамики океанических вод. Поэтому, на наш взгляд, при анализе приливообусловленных колебаний температуры необходим также дифференцированный поиск связей в пределах того или иного временного ряда с учетом возможности существенных различий фона барико-циркуляционных условий в различных временных интервалах. Мы также обратились к временным интервалам, соответствующим циркуляционным эпохам в ряде периодов приливной циркуляции (по Гирсу, 1971).

Техника выделения предполагаемой приливной составляющей температуры в принципе схожа с описанной в предыдущем разделе. Наиболее выраженные аномалии температур воды вычитались значения 35-летней составляющей колебаний и расчетные солнечнообусловленные колебания, далее отфильтровывались короткопериодические колебания. Для 1929—1939 гг. предполагаемая приливная компонента была представлена разностью 11-летних сглаженных значений аномалий температуры и 35-летней составляющей колебаний. Оценка статистических связей в указанных выше временных интервалах только для 1929—1939 гг. дала высокую тесноту связи ($r=0,71$), в 1940—1948 гг. и 1949—1968 гг. связь оказалась слабой ($r=-0,38$ и $r=0,32$ соответственно). Уравнение регрессии для эпохи восточной циркуляции (1929—1939 гг.) имеет вид:

$$y = 7,3 \cdot 10^{-5} x,$$

где x — значение долгопериодной составляющей потенциала приливообразующей силы Луны (для 70° с. ш.) со сдвигом на 3 года назад.

Значительный фазовый сдвиг довольно часто проявляется при сопоставлениях показателей изменений различных макромасштабных явлений. Подобные запаздывания можно предположительно связать с перестройкой и приспособлением поля масс и океанических течений к новым, изменившимся условиям баланса сил, а также перестройкой циркуляционного механизма атмосферной циркуляции в планетарном масштабе.

Возможны вариации температуры воды, связанные опосредованно с движениями полюса Земли (нутациями). Благодаря существованию 14-месячных и годовых колебаний полюса сезонные амплитуды гидрологических характеристик должны претерпевать цикл изменений продолжительностью 6—7 лет (Максимов, 1970). Чтобы выявить возможные связи температуры воды на разрезе по Кольскому меридиану нутациями, из годовых аномалий температуры вычитали значения 35-летней составляющей колебаний, расчетные солнечно- и приливообусловленные колебания, далее отфильтровывались короткопериодичные колебания. В качестве индекса нутационных явлений была использована прямоугольная координата X полюса Земли на 1 июля каждого года. Принятая характеристика достаточно репрезентативна и для года в целом, но что указывает, в частности, очень высокая степень связи ее с разностью значений координаты X на 1 июля и 1 января, характеризующей размах сезонных смещений полюса Земли.

К сопоставлению привлекались значения координаты X , вычисленные А. Я. Орловым (цит. по Куликову, 1962), и для последних лет данные ежемесячных бюллетеней Международной службы широты. Статистические связи между ходом температуры воды на разрезе по Кольскому меридиану и нутационными явлениями для указанных выше временных интервалов находили дифференцированно. Только для эпохи меридиональной S циркуляции (1940—1948 гг.) связь оказалась высокой при синхронном сопоставлении ($r=0,89$), для 1929—1939 и 1949—1968 гг. теснота связи незначительна. Уравнение регрессии для эпохи меридиональной циркуляции имеет вид:

$$y = 9 \cdot 10^{-3} x - 0,12,$$

где x — значение прямоугольной координаты X движения полюса Земли (в сотых долях секунд дуги).

Оценка суммарного вклада наиболее низкочастотной компоненты температуры (35-летней составляющей), солнечно- и приливообусловленных колебаний температуры, а также компоненты температуры, обусловленной нутационными явлениями, в формировании аномалий

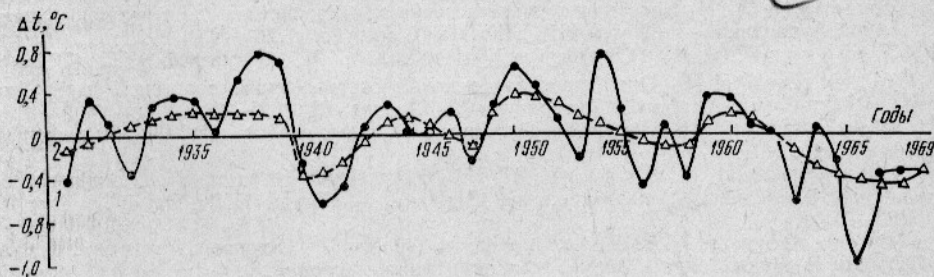


Рис. 3. Ход аномалий температуры воды на разрезе по Кольскому меридиану: 1 — фактические значения; 2 — расчетные значения.

температуры воды слоя 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану указывает на возможность использования совокупности долгопериодичных колебаний для характеристики фона тепловых условий в относительно длительных временных интервалах (рис. 3).

Выводы

1. В нашей интерпретации долгопериодных составляющих колебаний температуры и их связей с космогеофизическими силами исчезла такая компонента, как так называемый вековой ход, сочетаемый авторами генетического метода с вековым изменением уровня солнечной активности.

2. Выявилась значительная дифференцированность статистических связей выделенных компонент температуры с соответствующими космогеофизическими силами (солнечной активностью в 11-летнем цикле, долгопериодной частью потенциала приливообразующей силы Луны, нутационными явлениями) для различных временных интервалов с тем или иным преимущественным развитием форм макромасштабной атмосферной циркуляции.

3. Фон тепловых условий для 1949—1969 гг. в основном создается совокупностью солнечнообусловленных компонент аномалий температуры и значений наиболее низкочастотной части спектра (35-летней составляющей) колебаний температуры. Довольно затруднительно прогнозировать длительную тенденцию 35-летней составляющей колебаний, хотя тенденция роста наметилась примерно с 1967 г. Возможно, для получения более объективного и достоверного результата следует дополнительно учитывать системные связи природных процессов в северном полушарии (Ижевский, 1961) и, в частности, характер тенденции изменений водности Волги как интегрального показателя климатических изменений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Алисов Б. П., Полтараус Б. В. Климатология. М., Изд-во МГУ, 1962. 226 с.
- Будыко М. И., Винников К. Я. Современные изменения климата. — «Метеорология и гидрология», 1973, № 9, с. 3—13.
- Витинский Ю. И. Прогнозы солнечной активности. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1963. 150 с.
- Витинский Ю. И. Цикличность и прогнозы солнечной активности. Л., «Наука», 1973. 254 с.
- Гирс А. А. Многолетние преобразования форм атмосферной циркуляции и изменения солнечной активности. — «Метеорология и гидрология», 1956, № 10, с. 3—13.
- Гирс А. А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. Л., Гидрометеоиздат, 1971. 277 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., ВНИРО, 1964. 165 с.
- Крындин А. Н. Некоторые климатические характеристики температурного поля Северной Атлантики. — «Труды НИИАК», 1970, вып. 60, с. 26—42.
- Куликов К. А. Изменяемость широт и долгот. М., Физматгиз, 1962. 400 с.
- Максимов И. В. Опыт прогноза вековой составляющей солнечной деятельности. — «Проблемы Арктики и Антарктики», 1964, вып. 12, с. 21—32.
- Максимов И. В. Геофизические силы и воды океана. Л., Гидрометеоиздат, 1970. 447 с.
- Максимов И. В., Смирнов Н. П. Генетический метод прогноза многолетних колебаний климатических характеристик в океане. — «Труды ПИНРО», 1967, вып. 20, с. 323—335.
- О системном анализе природных явлений в Северной Атлантике и прилегающих полярных морях. Опубликована в данном сборнике. Авт.: М. А. Богданов, А. А. Елизаров, С. И. Потайчук, Е. В. Солянкин.
- Саруханян Э. И., Смирнов Н. П. О применении генетического метода к прогнозу многолетних колебаний температуры воды в Баренцевом море. — «Океанология», 1970, т. 10, вып. 4, с. 613—621.
- Солянкин Е. В. О закономерностях изменчивости океанологических показателей промысловой продуктивности (на примере Атлантической системы) и возможности их использования в прогностических целях. — «Труды ВНИРО», 1974, т. 98, ч. 2, с. 23—34.

On long-term forecasts of some background characteristics of abiotic conditions of reproduction with reference to the Kola section

E. V. Solankin

SUMMARY

An attempt is made to distinguish long-term components in the course of heat-content anomalies observed in the Atlantic water along the Kola section and to estimate their statistical relation with some space-geophysical forces (solar activity, long-term component of the lunar tide generating potential, nutations of the Earth pole). A differentiated character of the statistical relations of the solar activity and long-term component of the lunar tide generating potential, as well as nutation phenomena with corresponding components of water temperature for different time intervals with the development of some or other predominant forms of the macro-scale atmospheric circulation, are found. The totality of values of the solar and tide generating fluctuations in temperature as well as of nutation component may serve a basis for characterizing the background of thermal conditions within relatively long periods.