ГЕОДИНАМИКА АТЛАНТИКИ И КЛИМАТ ЕВРОПЫ

Уткин В.И., Демежко Д.Ю., Ситникова А.А. - Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург, voutkin@mail.ru

Аннотация. Представлен анализ данных по палеогеодинамике и современным движениям окружающих Атлантику континентов. Проведен анализ данных температурных измерений по глубоким и сверхглубоким скважинам Западной Европы и Европейского севера России, что позволило реконструировать долговременные (вековые и сверхвековые) изменения температуры земной поверхности в районе скважин, оценить амплитуду естественных колебаний палеотемператур и их пространственные вариации. Сопоставление данных по осцилляциям Атлантического течения, вызванным геодинамическими процессами, и данных по палеотемпературе позволяет оценить возможные изменения в направлениях движения атлантических палеоциклонов. Знание новейших относительных движений Северо-Американского материка и Европы позволяет провести оценку возможного сценария развития климатических изменений в Западной Европе и Европейской части России.

GEODYNAMICS OF ATLANTIC AND CLIMATE OF THE EUROPE

Outkin V.I., Demezhko D. Ju., Sitnikova A.A. - Institute of Geophysics UB of RAS, Ykaterinburg, voutkin@mail.ru

Abstract. The analysis of data on paleogeodynamics and modern movements of continents surrounding Atlantic is presented. The analysis of the temperature measurements data in deep and superdeep boreholes of the Western Europe and the European north of Russia has allowed to reconstruct long-term (century and supercentury) changes of temperature of terrestrial surface in area of boreholes, to estimate amplitude of paleotemperature natural fluctuations and their spatial variations. Comparison of data on the Atlantic current oscillations, caused by geodynamic processes, and data on paleotemperature allow to estimate possible changes in directions of Atlantic paleocyclones movement. The knowledge of the newest relative movements of the North-American continent and the Europe allows to lead an estimation of the possible scenario of development of climatic changes in the Western Europe and the European part of Russia.

В последние годы в связи с проблемой, так называемого, парникового эффекта на Земле, резко возрос интерес к общим проблемам изменения климата, особенно к последствиям антропогенного выброса в атмосферу газов, поглощающих инфракрасное излучение и, прежде всего, углекислого газа - продукта сжигания углеводородного топлива и угля. При этом обычно прогнозируются печальные последствия для климата нашей планеты: его резкое потепление и, как следствие этого, таяние ледниковых покровов, повышение уровня Мирового океана с затоплением густо населенных прибрежных регионов суши. Опасения аналогичных катастрофических явлений и давления экологических организаций заставляют Правительства разных стран выделять огромные средства на борьбу с последствиями потепления климата, якобы связанного с антропогенными выбросами в атмосферу "парниковых газов". Вместе с тем известные работы (например, О.Г. Сорохтин, 1991, 1996; Д.Ю. Демежко, 2003; *Demezhko D.Yu.,* 2003) по анализу изменения палеоклимата утверждают, что в истории нашей планеты были периоды потепления и похолодания, несравнимые по своим масштабам с наблюдаемыми сегодня.

Анализ соотношения естественных выбросов углекислого газа за счет вулканов и антропогенных (В.И.Уткин, 2000) показал, что выбросы антропогенного углекислого газа составляет не более 20% от естественных выбросов, связанных с вулканической деятельностью Земли. Кроме того, генератором углекислого газа является мировой океан, который мгновенно реагирует на изменение температуры и при ее повышении сбрасывает растворенный углекислый газ. Сопоставление временных изменений солнечной активности и концентрации углекислого газа в атмосфере показывает, что увеличение углекислого газа в составе

атмосферы практически всегда следует за увеличением температуры, а не наоборот. Следовательно, необходимо искать другие причины изменения климата.

В многочисленной литературе, в которой описываются глобальные изменения климата Земли практически не рассматривается один из важнейших вопросов современной геодинамики Земли - движение тектонических плит. Современные представления теории тектоники плит утверждает, что дно Атлантического океана в процессе спрединга раздвигается со скоростью до 100 мм в год.

Известно, что одним из определяющих факторов климата Европы и Европейской части России является течение Гольфстрим и его Северо - Атлантическоая ветвь, несущие громадные массы теплой воды на Север. При движении на север течение распадается на несколько ветвей, однако, общее движение на север сохраняется и для отдельных рукавов Гольфстрима. Исключение составляет южная ветвь, которая охлаждаясь спускается вдоль берегов Португалии к экватору и, нагреваясь, вновь вливается в главную струю у берегов Америки. Изменение расстояния между материками, связанное с глобальным движением плит, неминуемо должно со временем приводить к изменениям скорости движения и конфигурации ветвей Гольфстрима, а, соответственно, к региональным изменениям климата в Западной Европе и на европейской части Евразии. Поэтому оценка влияния новейших геодинамических движений на изменения климата нашего материка представляет актуальным.

Для решения поставленной цели проводился анализ данных по палеогеодинамике берегов Атлантики, а также анализ данных по современным движениям (на основе систем спутникового позиционирования – GPS) окружающих Атлантику континентов, анализ данных температурных измерений по глубоким и сверхглубоким скважинам Западной Европы и Европейского севера России, что позволило реконструировать долговременные (вековые и сверхвековые) изменения температуры земной поверхности в районе скважин, оценить амплитуду естественных колебаний палеотемператур и их пространственные и широтные вариации. Реконструкция температурных историй земной поверхности проводилась с помощью алгоритмов и программного обеспечения, разработанного в Институте геофизики УрО РАН (д.г.-м.н. Д.Ю.Демежко, 2001). Обработка измерений, полученных по глубоким скважинам дала возможность оценить амплитуды наиболее мощного плейсто - голоценового потепления (около 10000 лет тому назад) по различным регионам и сделать соответствующие выводы о «вековых» вариациях температуры в западной части Евразии.

Сопоставление данных по осцилляциям Атлантического течения, вызванным геодинамическими процессами, и данных по палеотемпературе позволило оценить возможные изменения в направлениях движения атлантических палеоциклонов. Знание новейших относительных движений Северо - Американского материка и Европы позволяет провести оценку возможного сценария развития климатических изменений в Западной Европе и Европейской части России.

О геодинамических моделях Северной Атлантики.

Анализ известных палеомагнитных данных (Диденко, 2001; Свяжина, 2001) показывает, что Евразия как целостный континент возникла в триасе и после достаточно сложных движений в предыдущее время стала двигаться на северо - восток, одновременно поворачиваясь по часовой

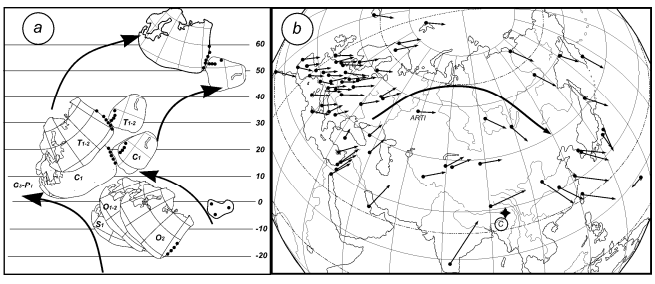

Рис.1. Схема унаследования движения Евразии: а - палеомагнитная реконструкция зоны сочленения Европы и Азии; б - современные движения континента по данным GPS-мониторинга.

стрелке (рис.1а).

Анализ современных движений Евразии на основе GPS- мониторинга показывает, что это движение, начавшееся в триасе, продолжается до сих пор (рис.1б, Уткин, 2002). На рисунке 1 представлена модель унаследованности описанного движения. Поэтому можно предполагать, что современные движения, связанные со спредингом дна Атлантики, также являются унаследованными, поскольку временные параметры этих движении существенно меньше.

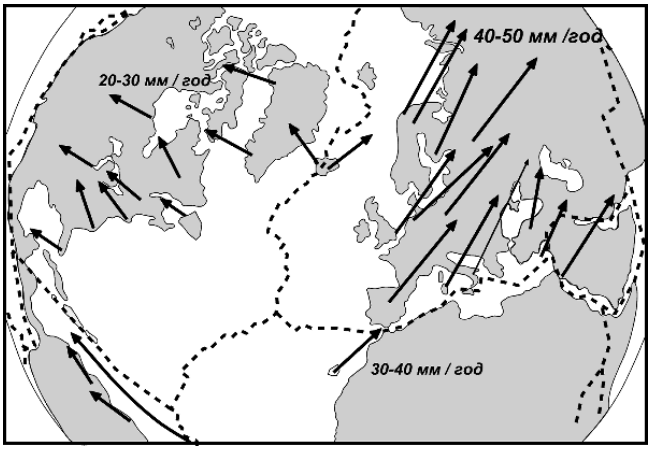

Рис.2. Схема современных движений береговой линии Северной Атлантики по данным GPS-мониторинга. Спрединг дна Атлантического океана вызывает расширение океана со скоростями до 100 мм/год.

В настоящее время GPS - мониторинг береговой линии Атлантики, Северной Америки и Европы достаточно хорошо отработан. Существующие станции позволяют с высокой точностью определить новейший дрейф континентов. В результате многолетних измерений определено, что Североамериканский континент движется в северо - западном направлении со скоростью 20 - 30 мм/год, а Евразия движется в северо - восточном направлении со скоростью 40 - 50 мм/год с одновременным вращением по часовой стрелке. Поэтому расширение океана на северных широтах более 50^0 происходит быстрее, чем на юге. На основании этих данных были построены несколько моделей палеодвижений континентов. Наиболее известный из них проект «PaleoMap», представленный на сайтах NASA и NOAA.

Существующие палеомодели показывают, что приблизительно до 15 - 20 млн. лет тому назад в принципе было невозможно возникновение теплого Северо - Атлантического течения в связи с закрытостью северо - восточного прохода в Северной океан. По данным многих моделей (Диденко А.Н., Scotese Ch.R. и др.) необходимые условия для возникновения Северо - Атлнтического течения создались около 10 млн. лет тому назад. При этом представляется, что собственно течение сформировалось значительно позднее, ввиду достаточно большой инерционности водных масс Атлантики.

На основании этих же данных можно предположить, что последнее вюрмское оледенение было разрушено только при возникновении достаточно мощного потока Северо - Атлантического течения. Комплексная палеореконструкция, учитывающая различные стороны исторического развития континентов, показывает, что еще 18 тысяч лет тому назад оледенение охватывало большую часть северного сектора Евроазиатского континента.

Проведенный анализ показывает достаточно необычную ситуацию. Существует большая вероятность того, что Северо - Атлантическое течение - достаточно молодое образование, которое имеет определяющее значение при формировании климата западной и северной частей Евразии. Изменения, вариации этого течения, вероятно, связаны как с геодинамическими процессами спрединга дна, так и глобальными изменениями климата планеты. С другой стороны это течение само определяет климат большой части континента.

Результаты палеотемпературных исследований.

С целью детального изучения температурной истории Евразии был проведен анализ данных температурных измерений по

скважинам Восточно - Европейской платформы, Южного, Среднего и Северного Урала; Центральной Европы и Гренландии. Была проведена оценка амплитуд естественных колебаний палеотемператур и их пространственные и широтные вариации. При анализе использовались данные геотермии в глубоких и сверхглубоких скважинах с целью восстановления распределения палеотемператур до временного среза 18000 лет..

Расположение выбранных для анализа скважин представлено на рис.3 (цветная вкладка).

В целом все палеотемпературные кривые подтвердили известную зависимость глобального изменения температур с минимумами 18000 и 450 - 500 лет тому назад. При определении предельных значений изменения температур оказалось, что за последние 10000 лет наибольшие изменения температуры наблюдались в северных широтах. Например, в Гренландии амплитуды потепления составляют по различным оценкам от 23^0 до 30^0 С, в то время как в центральной Европе (Германия, Чехия, Словения) - оцениваются в 6 - 15^0 С. В Канаде эти изменения составили около 6^0 С.

Наиболее полные данные по широтной вариации голоценового потепления получены для Урала, где имеется большое количество исследованных глубоких скважин практически вдоль Уральских гор, около 60^0 вост.долготы. Количество обработанных данных по Уралу достаточно велико, чтобы составить надежный широтный профиль сопоставления современных среднегодовых температур земной поверхности и реконструированных (палеотемператур) для конца вюрма (приблизительно 10000 лет тому назад). Полученные данные представлены на рис.4 (цветная вкладка).

Как видно из кривых рис.4. (Демежко, 2001), тенденция существенного изменения (потепления) температур за последние 10000 лет от средних широт к северу сохраняется для больших пространств (от Атлантического океана до Урала).

Дальнейший анализ палеотермических данных показал, что в пределах Урала за последние 450 - 500 лет годовые изменения температур малого ледникового периоды также неравномерны в меридиональном направлении (Рис.4, 5, б, цветные вкладки).

На севере (61^0 - 62^0 с.ш.) и юге (51^0-52^0 с.ш.) эти изменения невелики, но в пределах широт 55^0 - 58^0 достигают величин 5^0 - 6^0 К. Следовательно, в последние 450 - 500 лет основной поток тепла, приносимый атлантическими циклонами, сместился к югу.

Полученные данные возможно проинтерпретировать следующим образом. Современное плато температур в интервале 51^0 - 62^0 с.ш. обусловлено влиянием Атлантики и интенсивной зональной циркуляцией. Северо - западные, юго - западные и просто западные циклоны, смещаясь на восток через умеренные широты, несколько нивелируют температурные различия между югом и севером. Вероятно, в конце вюрма западная циркуляция была заметно ослаблена и широтные различия на Урале в большей степени определялись чисто радиационными (широтными) факторами

На основании представленных данных возможно представить вероятные изменения направлений атлантических циклонов в последние 450 - 500 лет (Рис.5, цветная вкладка). Формы меридиональных изменений палеотемператур вдоль Урала (Рис.4, цветная вкладка) дают основание для предположения, что разрушение последнего оледенения проходило не с юга на север, а, наоборот, с севера на юг, что еще раз свидетельствует о громадной роли тепломассопереноса вод Северной Атлантики вдоль северного побережья Евразии.

Другим геотермическим свидетельством в пользу решающей роли Северной Атлантики в смене ледниковых и межледниковых периодов являются геотермические данные, записанные на Украине (Р.И.Кутас), которые были проанализированы нами в 2003 г. (Демежко Д.Ю., 2003). Оценки плейстоцен - голоценового потепления, полученные по различным методикам, укладываются в диапазон 12^0 - 15^0 К, что довольно много для столь низких широт. Если предположить реальность этих

оценок, можно провести по крайней мере одну изолинию амплитуды потепления через две точки: 60° с.ш., 60° в.д и 48°30' с.ш, 32° в.д. Нормаль к ней как раз указывает на Северную Атлантику. Этот вывод подтверждается известной реконструкцией отклонений летних температур поздневюрмского криохрона 18 тыс.л.н. от современных.

Таким образом, палеотемпературные реконструкции, проведенные по геотермическим данным, свидетельствуют о возможном существенном изменении циркуляции Северо - Атланического течения в северном проходе между Исландией и Великобританией за последние тысячу лет.

Анализ возможных осцилляций Северо - Атлантического течения как основной части Гольфстрима.

Известно, что Гольфстрим, как течение, начинающееся вблизи экватора и пересекающее громадные расстояния, отличается заметной изменчивостью потока, то есть в основном течение носит вихревой характер. Обычно такие вихри четко отмечаются в средней части течения после «отрыва» его от берегов Северной Америки (Рис.6, цветная вкладка). На наш взгляд такое турбулентное течение должно сопровождать постоянно движение водных масс через водную среду при взаимодействии с противотечениями, а также с береговой линией океанических островов, в частности, Исландией, Великобританией и Гренландией.

Для турбулентных течений характерна крайняя неустойчивость потока. Поэтому можно предположить, что даже небольшие изменения условий течения (в нашем случае – расстояния между островами за счет спрединга океанического дна) могли вызывать существенные вариации в направлении потока океанической массы. Несомненно, что увеличение расстояния между островами Исландией и Великобританией должно несколько изменить направление общего потока течения, смещая его к северу.

Предполагаемое изменение «русла» Северо - Атлантического течения при увеличении расстояния между береговыми линиями островов Исландии и Великобритании представлено на рис.7(цветная вкладка).

Изменение «русла» течения неминуемо должно привести к следующим заметным изменениям параметров потока:

во - первых, это ведет к существенному потеплению северного фланга течения или, другими словами, наиболее теплая часть течения должна сместиться к северу;

во - вторых, при увеличении размеров поперечного сечения «русла» течения, скорость течения должна уменьшаться, но при этом переносится большая масса воды, что вызывает общее увеличение количества тепла, транспортируемого на восток и, соответственно, потепление северного побережья восточной Европы;

в - третьих, в районе о. Новая Земля, в южной и центральной части его западного побережья должно наблюдаться аномально (относительно средних) высокие значения температуры, а ветвь течения, отклоняющаяся на север, должна интенсивно растапливать льды Северного ледовитого океана;

в - четвертых, при замедлении общей скорости течения, отклоняющаяся к югу часть Гольфстрима, так называемое «Португальское» течение, должно иметь пониженную, относительно средневековых, температуру, поскольку отклонение от основного течения происходит на более высоких широтах.

Наиболее полные данные по изменению температуры в Северном полушарии имеются на сайтах NASA и NOAA. Эти данные приведены на рис.8, 9(цветная вкладка) и рис.10.

Результаты измерений температуры течения в последние годы действительно показывают смещение «русла» течения на север (Рис.8), что может быть следствием, как говорилось ранее, изменения условий протекания за счет спрединга дна океана. Кроме того, наблюдаются предполагаемые ранее «застойные» зоны с аномально высокой температурой в районе о. Новая Земля, что может быть также следствием геодинамических изменений дна Атлантического океана.

На рис. 8 также видно, что наблюдается аномальное понижение температур в Западной Европе, особенно в центральной ее части и на Пиринейском полуострове.

Анализ данных по расположению границы «летней» (сентябрь) изотермы 0^0 вдоль северного побережья Восточной Европы за последние 20 лет (спутниковые измерения) показал, что за последние годы изотерма сместилась на 70^0 на восток. Если в начале 80 - х годов (начало измерений) изотерма находилась на уровне 60^0- 65^0 в.д., то к началу 21-го века она сместилась до полуострова Таймыр и далее, достигая 140^0 в.д. На рис.9(цветная вкладка) показаны изменения этой границы для двух крайних случаев 1982 и 1999гг.

Изменение границы «нулевой» изотермы за последние 25 лет представлено на рис. 10. Из графиков видно, что плавное увеличение восточной границы изотермы после 1995 года сменилось резким перемещением ее положения в течение двух - трех лет на уровень 140^o восточной долготы. В то же время «зимняя» граница изотермы практически не изменилась за это время. Приведенные данные свидетельствуют о существенном перераспределении приносимом Гольфстримом тепла в летнее время.

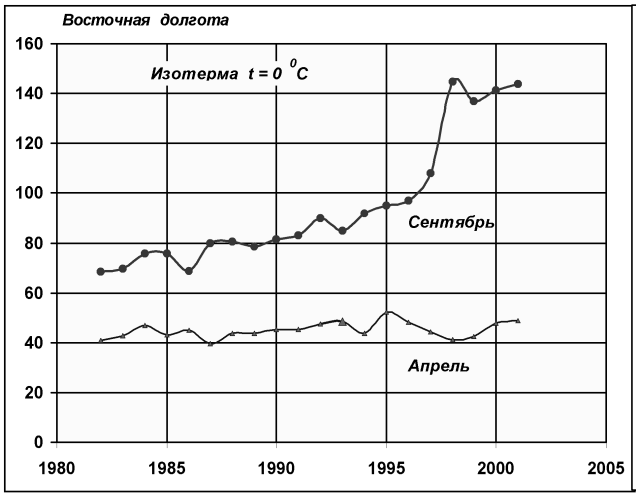

Рис.10. Изменение во времени восточной границы «летней» (сентябрь месяц, красная кривая) и «зимней» (апрель месяц, синяя кривая) изетермы за последние 20 лет наблюдений.

По спутниковым измерениям наблюдается интенсивное таяние льдов Северного ледовитого океана в летнее время в области вихревой струи, отклоняющейся к северу от о.Новая Земля.

Имеются в печати также краткие сообщения о замедлении движения течения Гольфстрим и о некотором снижении температуры Португальского течения. Косвенным подтверждением этого может служить факт снижения продолжительности туманов в проливе Ла - Манш, в южной части Англии (в частности, в Лондоне). Снижение температуры Португальского противотечения приводит к рождению зон неустойчивой атмосферной циркуляции и изменению основных направлений движения Атлантических циклонов. Зона максимально высокой температуры прибережных вод Ледовитого океана в настоящее время распространяется до восточного побережья полуосторова Таймыр, вызывая так называемую инверсию зимних температур: на северном побережье Европейской части температура выше, чем в континентальных районах, расположенных южнее.

Заключение

Приведенные данные свидетельствуют о значительной роли, которую играла и играет Северная Атлантика в глобальных климатических изменениях кайнозоя. При этом тектонические явления (типа спрединга) определяют постепенные изменения, временной масштаб которых - миллионы лет, а изменения океанической циркуляции - с периодами около 100 тыс. лет. Создается впечатление, что изменения океанической циркуляции происходят не эволюционно в геологическом масштабе времен, а достаточно быстро, в течении нескольких тысяч, а может быть и сотен лет.

Анализ климатических изменений в плиоцене и четвертичном периоде показывает, что за это время наблюдалось около 18 циклов похолодание - потепление. При этом похолодания происходили гораздо медленнее потеплений и неоднократно прерывались кратковременными потеплениями. Однозначного мнения о причинах такой регулярной повторяемости в настоящее время не существует. Однако возмож-

но предложить гипотезу долговременных осцилляций (около 100 тыс.лет), связанных с изменением геометрии материков при их движении в разные стороны, и кратковременных, связанных с возникновением гидродинамических вихрей в Северной Атлантике на уровне Исландии – Великобритании, где происходит отделение от главной струи Гольфстрима Исландской струи на север и Португальской в южном направлении.

Предлагаемая гипотеза о новейшей геодинамике не претендует на полное объяснение всех наблюдаемых вариаций климата, хотя позволяет объяснить многие из наблюдаемых сегодня фактов по изменению регионального климата северных и отчасти западных областей Европы. Тем не менее, представленные материалы показывает, что современные движения континентов могут быть важным фактором при решении некоторых прогностических проблем изменения климата.

Работа выполнена при поддержке программ Президиума РАН №13 «Изменение окружающей среды и климата: природные катастрофы» и № 14 «Мировой океан: геология, геодинамика, физика, биология» по теме «Исследования современной геодинамики океанической коры».

Литература

1. *Демежко Д.Ю.* Геотермический метод реконструкции палеоклимата (на примере Урала). Екатеринбург:УрО РАН, 2001. ISBN 5-7691-1106-2. 143 с.

2. *Демежко Д.Ю., Голованова И.В*. Интервальные оценки палеоклимата последнего тысячелетия по геотермическим данным. Уральский геофизический вестник №4, УрО РАН. Екатеринбург: 2003, с. 4 - 9.

3. *Демежко Д.Ю., Голованова И.В., Щапов В.А., Рывкин Д.Г.* Исследование климатических изменений, происходивших за последнее тысячелетие, в свете проблемы глобального потепления. Деп ВИНИТИ 18.08.03 №1598-В2003, 34 стр.

4. *Демежко Д.Ю., Голованова И.В.* Глобальное потепление на Урале – антропогенная аномалия или естественное развитие климатической системы? Мат - лы конф. «Экологические проблемы промышленных регионов».УрО РАН. Екатеринбург: 2003, с. 22 - 23.

5. *Диденко А.Н., Куренков С.А., Руженцев С.В., Симонов В.А. и др*. Тектоническая история Северного Урала. (Тр.ГИН РАН; Вып.531) – М.: Наука. 2001. – 191 с.

6. *Свяжина И.А.*, Пучков В.Н., Иванов К.С., Петров Г.А. Палеомагнетизм ордовика Урала. Екатеринбург. Институт геофизики УрО РАН. 2003. 133 с.

7. *Сорохтин О.Г., Ушаков С.А*. Глобальная эволюция Земли. М.: Изд-во МГУ. 1991.- 446 с.

8. *Сорохтин О.Г., Ушаков С.А.* Адиабатическая теория парникового эффекта атмосферы. Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 5, География. 1996, № 2, с. 27 - 37.

9. *Уткин В.И.* Естественные и искусственные газы - токсиканты в атмосфере Земли. Соросовский образовательный журнал, 2000, № 6. с. 34 - 36.

10 *Уткин В.И.* Новейшая геодинамика и наследованное движение Евро - Азиатского континента. Уральский геофизический вестник № 5, УрО РАН. Екатеринбург: 2003, с. 78 - 83.

11. *Уткин В.И., Демежко Д.Ю., Ситникова А.А.* Современная геодинамика и проблемы изменения климата Европы // Кн. Материалы Всеросс.конф. с межд.участием «Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов», ИЭПС УрО РАН, Архангельск, т.1. 2004, с. 78 - 83.

12. *Уткин В.И*. Природные катастрофы – проблемы и решения. Кн. Ядерная геофизика. Геофиз.исследования литосферы. Геотермия. Вторые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича. Материалы. Ин - та геоф. УрО РАН. Екатеринбург: 2003, с. 109 - 110.

13. *Demezhko D.Yu., Duchkov A.D., Golovanova I.V., Huang S., Pollack H.N., Shchapov V.A. and Smerdon J.E.* Surface temperature trends in Russia over the past five centuries reconstructed from borehole temperatures. J. Geoph. Res., 108(B4), 2180. doi: 10. 1029/2002JB002154, 2003.

К статье Уткина В.И., Демежко Д.Ю., Ситниковой А.А. " Геодинамика Атлантики и климат Европы"

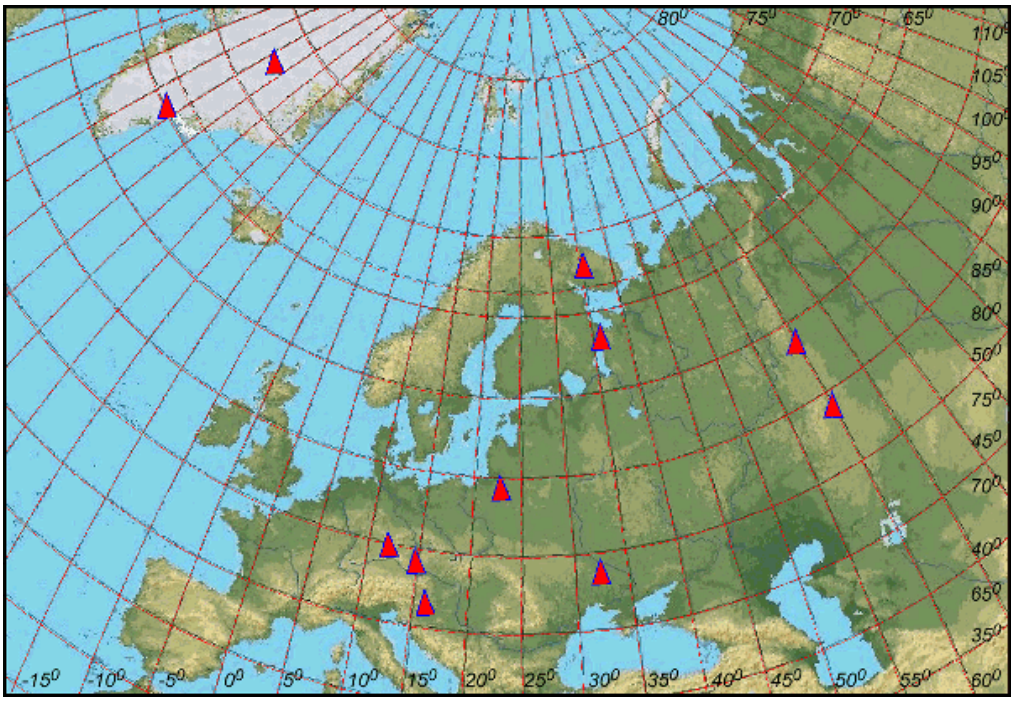

Рис.3. Расположение глубоких и сверхглубоких скважин, в которых были проведены детальные термометрические измерения и по которым была восстановлена палеотемпературы поверхности континента с глубиной по

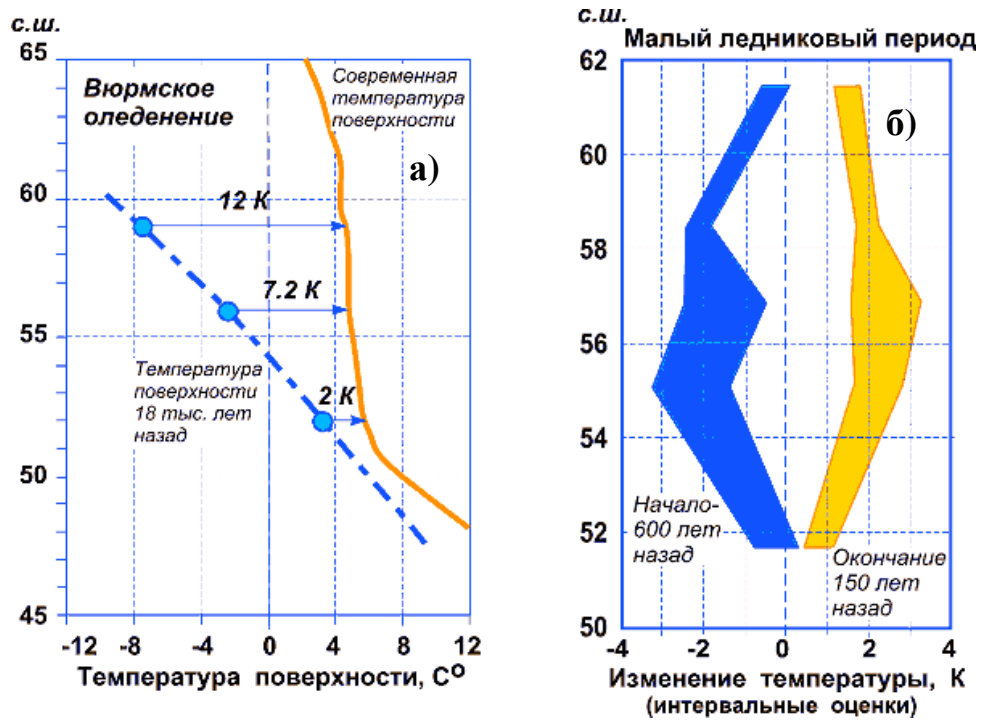

Рис.4. Меридиональное изменения палеотемператур вдоль Уральской складчатой структуры (60^0 в.д.); а – от вюрмского оледенения до настоящего времени (18000 лет); б – за последние 450 лет.

К статье Уткина В.И., Демежко Д.Ю., Ситниковой А.А. "Геодинамика Атлантики и климат Европы"

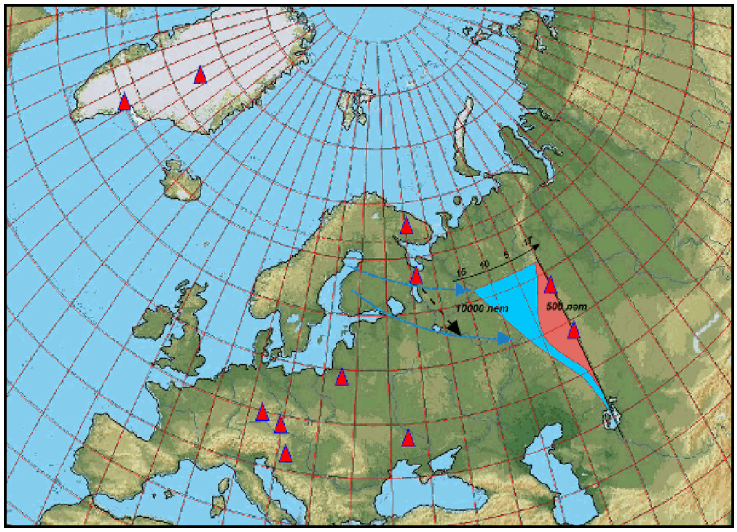

Рис.5. Прогнозное изменение направления атлантических циклонов за последние 450 - 500 лет на основе данных меридионального палеотемпературного профиля по Уралу и данным по глубоким скважинам Европы (выделены треугольниками).

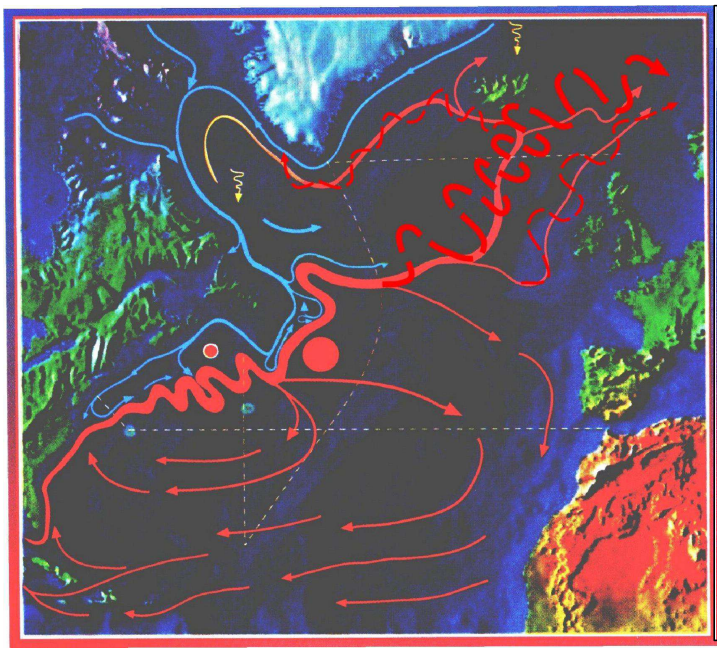

Рис.6. Общая схема циркуляции поверхностных вод в Северной Атлантике по Кн. «Актуальные проблемы океанологии». Прерывистой линией нанесены предполагаемые вихри. возникающие при турбулентном течении вод в «северном» проходе.

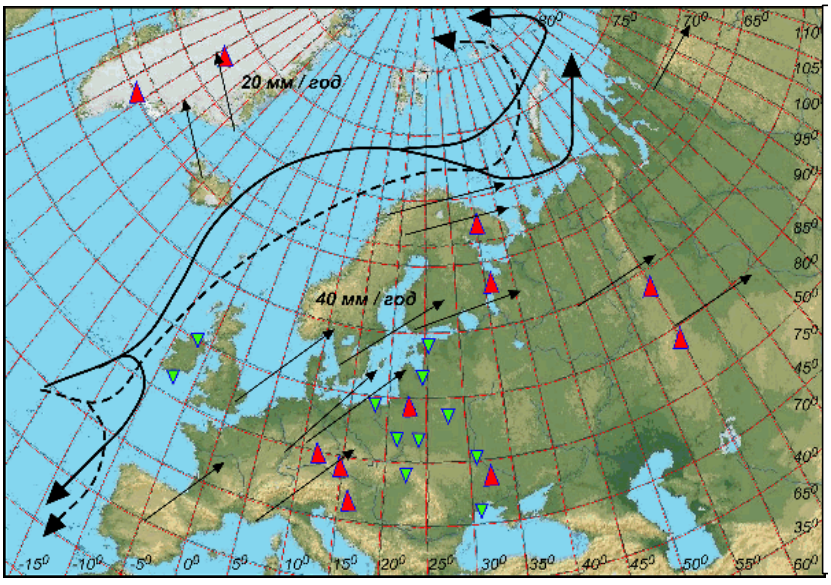

Рис.7. Предполагаемое возможное изменение «русла» Северо-Атлантического течения при увеличении расстояния между береговыми линиями островов Исландии и Великобритании.

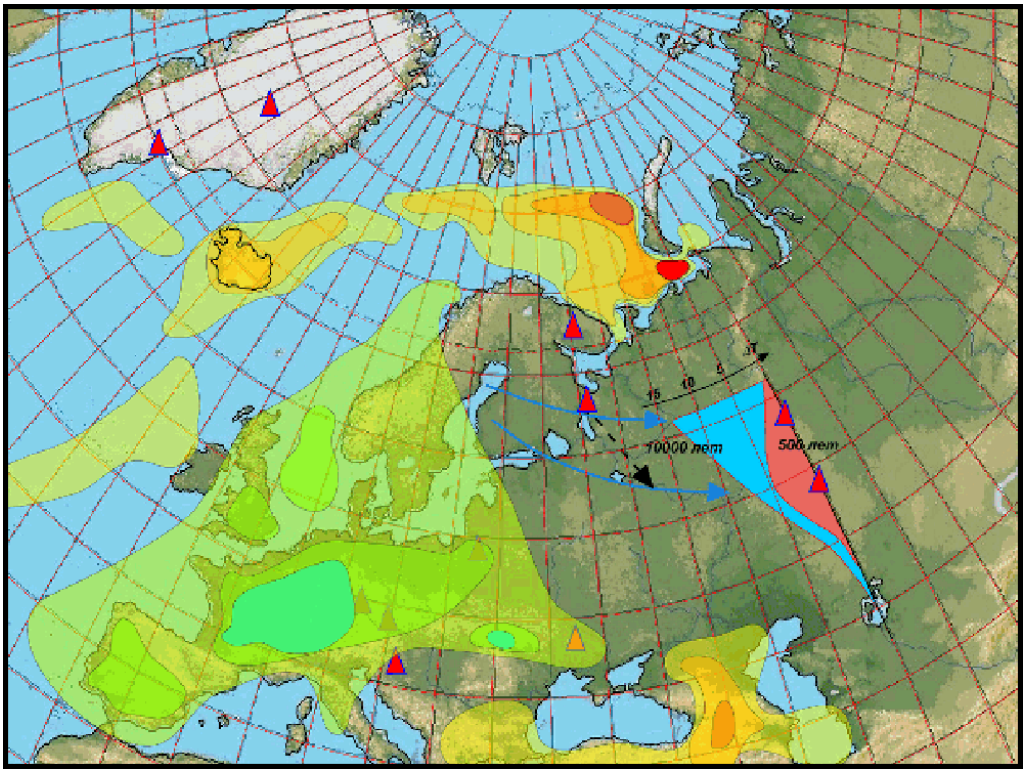

Рис.8. Экспериментальные данные по аномальному изменению температуры (данные NASA и NOAA). Красным тоном выделены области аномально повышенных температур, сине - зеленым тоном - аномально пониженных температур.

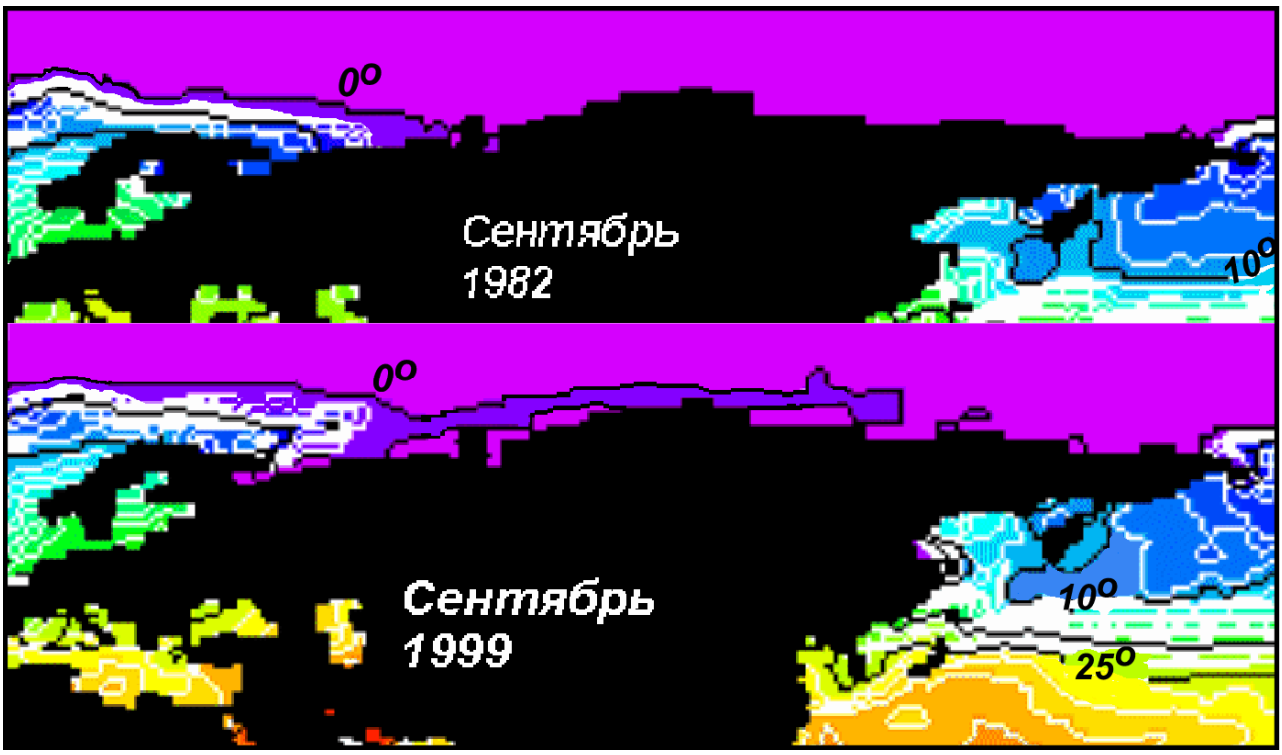

Рис.9. Аномальное продвижение на восток вдоль северного побережья Евразии летней изотермы 0^0 (выделена фиолетовым цветом).