

УДК 551.583.7 551.583.13 551.799

РЕКОНСТРУКЦИЯ КЛИМАТА ГОРНОГО АЛТАЯ ПО ДАННЫМ ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОЗЕРА ТЕЛЕЦКОЕ

© 2012 г. А.В. Дарьин, И.А. Калугин¹

Институт геологии и минералогии им. В.С.Соболева СО РАН

Поступила в редакцию 22.02.2011 г.

Донные осадки озера Телецкое (Горный Алтай) исследованы методом сканирующего рентгено-флуоресцентного анализа на пучках синхротронного излучения со 100-микронным пространственным разрешением. Трансферная функция, связывающая литолого-геохимические данные с климатическими параметрами, откалибрована по инструментальным метеонаблюдениям за период последних 128 лет и аппроксимирована на всю глубину опробования керна (1500 лет назад). Полученная палеореконструкция использована для поиска природной периодичности и расчета прогноза температуры региона на период до 2050 г.

Введение. Одна из задач палеореконструкций климата позднего голоцена состоит в том, чтобы понять насколько уникально потепление двадцатого века, имеет ли оно аналоги в прошлом и оценить возможные сценарии ближайшего будущего. Несмотря на значительный прогресс в понимании изменчивости температуры в течение последних тысячелетий, спорный вопрос о том, насколько средневековое потепление отличается от наблюдаемого в настоящее время остается без ответа. В докладе межправительственной группы по изменениям климата (IPCC2007) [7] сделан вывод о том, что обзорные данные все еще являются слишком ограниченными и неравномерно распределенными по всему миру, чтобы можно было сказать с достаточной уверенностью о температурах в глобальном масштабе до 1600 г. н.э. Такое положение объясняется недостатком количественных региональных палеореконструкций высокого разрешения длиной более 300–500 лет, которые могут быть использованы при построении глобальных температурных реконструкций. Для этого они должны отвечать следующим требованиям: воспроизводимость исходных данных, высокое временное разрешение (год на тысячелетней шкале), количественная калибровка по метеонаблюдениям, реалистичная оценка погрешностей как временной шкалы, так и реконструируемых климатических параметров. Наличие палеореконструкций такого качества дает возможности

для поиска периодичности природных процессов и, как следствие, создания кратко- и среднесрочных климатических прогнозов, точность которых будет определяться точностью исходных реконструкций.

В данной статье авторы предлагают новый подход к климатическим палеореконструкциям, основанный на применении сканирующего рентгенофлуоресцентного анализа на пучках синхротронного излучения [3, 5] со 100-микронным пространственным разрешением для исследования непрерывных последовательностей озерных отложений.

Развитие высокопроизводительных аналитических методов лежит в основе создания новых направлений прикладных и фундаментальных научных исследований. Достаточно традиционные в палеоклиматических исследованиях объекты – керны донных осадков континентальных озер – становятся источниками новой информации более высокого качества. Полученные временные ряды литолого-геохимических данных используются для построения палеореконструкций климатических параметров региона. Для этого трансферные функции, связывающие вариации геохимического состава осадков с погодно-климатическими параметрами, калибруются по данным инструментальных метеонаблюдений на участке керна, соответствующем времени этих наблюдений (последние 100–150 лет) и аппроксимируются на всю глубину опробования. Количественные палеореконструкции, построенные на временной

¹ Работа выполнена при поддержке Интеграционного проекта СО РАН № 92, гранта РФФИ 09-05-13505-офи_ц.

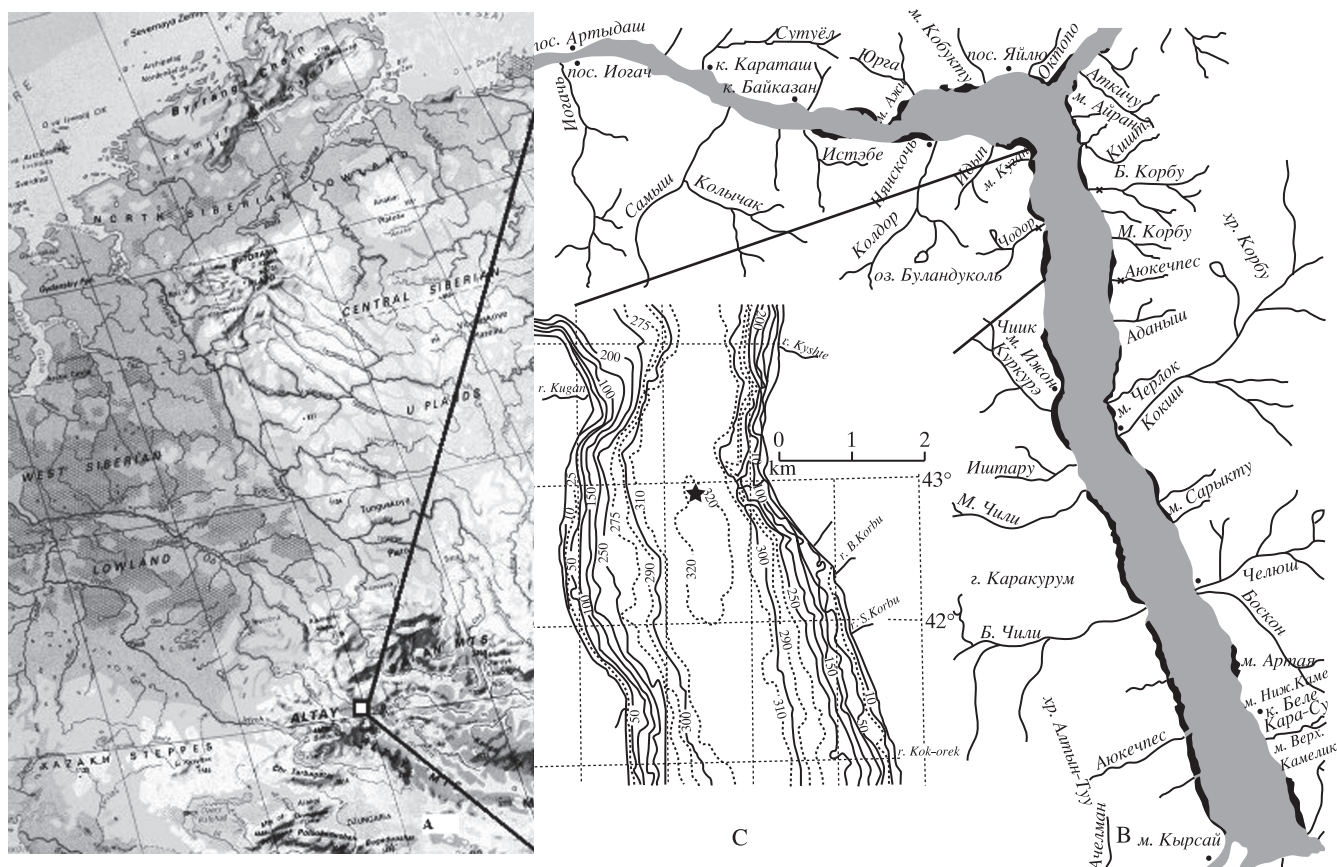


Рис. 1. Локализация объекта исследования (а) Алтайские горы, (б) озеро Телецкое, (в) место отбора кернов.

шкале с годовым шагом, используются для поиска природных климатических циклов различных периодов от 3–5 до нескольких тысяч лет. Вычисленные периоды природных климатических циклов используются для создания прогнозной функции, позволяющей проводить интерполяцию в будущее. Совокупность предлагаемых методик, реализованная на модельном объекте – озере Телецкое (Горный Алтай), дающая возможность получения палеоклиматической информации принципиально нового качества, может быть объединена общим названием – аналитическая микростратиграфия или микрохемостратиграфия озерных осадков.

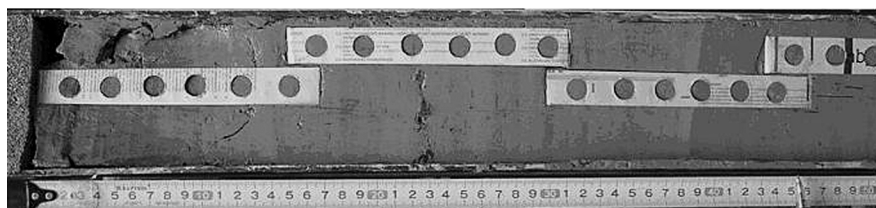
Объект исследования. Озеро Телецкое – благоприятный объект для создания региональных высокоразрешающих реконструкций природной среды. Озеро находится на территории Горного Алтая (рис. 1) на границе между лесостепной (на северо-западе) и аридной (на юго-востоке) климатическими зонами Центральной Азии. Территория водосбора оз. Телецкого не имеет значимого антропогенного загрязнения, которое могло бы исказить климатические отклики литолого-геохимических индикаторов.

Донные осадки представлены терригенными алевроитистыми глинами с небольшим содержанием органического детрита (1.14% общего углерода) и биогенного кремнезема (2.5%). Формирование осадка тесно связано с погодными условиями, так как поставка материала в бассейн совпадает по массе с его осаждением в течение года [8]. Отсутствие аутигенной минерализации и значимого аэрозольного привноса позволяет построить простую модель осадконакопления с двумя источниками осадочного материала:

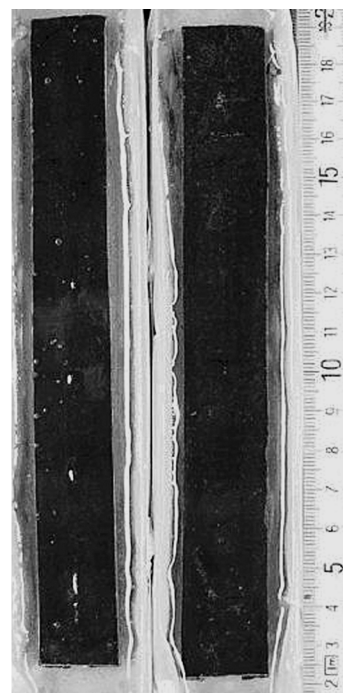
- терригенная компонента, в первую очередь связанная со стоком реки Чулышман, дающей 70% притока воды в озеро;
- органическое вещество как аллохтонного, так и автохтонного происхождения.

Вариации региональных погодных условий определяют интенсивность поступления как терригенного, так и органического материала, что фиксируется в составе и свойствах озерных донных отложений. Содержание Вг в осадках, коррелирующее с количеством органического вещества, отражает биопродуктивность на водосборе и в бассейне озера и прямо связано с температурой. Рентгеновская плотность осадков

а) наложение бокса из алюминиевой фольги на поверхность осадка и извлечение его из керна



б) боксы с влажным керном



в) твердые образцы, пропитанные эпоксидной смолой

Рис. 2. Изготовление твердых препаратов из керна донных осадков.

и содержание терригенных элементов (Ti, Zr, Nb) хорошо коррелируют с количеством атмосферных выпадений. Sr/Rb отношение характеризует количество обломочной фракции в осадке и связано с весенне-летней температурой, определяющей динамику таяния снега в прибрежной высокогорной зоне. Значимая корреляция состава и свойств озерных отложений с данными инструментальных метеонаблюдений дает основу для построения количественных палеореконструкций [9, 10].

Пробоотбор. Керны донных отложений длиной 200–230 см и диаметром 100 мм были отобрана в 2002, 2004 и 2010 гг. грунтовой трубкой в глубоководной впадине (326 м) в точке с координатами 51° 42.8' N, 87° 39.4' E. Ящичным пробоотборником отбирался блок верхних слоев ненарушенного осадка размерами 14 × 14 × 20 см³, используемый для построения временной модели осадконакопления за последние 150 лет.

Пробоподготовка. В лабораторных условиях керны разрезались на две половины. После фотографирования, литологического описания, измерения магнитной восприимчивости одна часть использовалась для традиционного пробоотбора с нарезкой керна на образцы с шагом 5 мм. Эти образцы использовались для измерения влажности, изотопного анализа, определения общего углерода (C_{tot}), потерь при прокаливании (LOI < 550 °C), других аналитических исследований.

Из второй половины керна были приготовлены образцы для сканирующего микроанализа. На основе описанных в литературе методик [4, 11] была разработана процедура изготовления твердых препаратов из влажного керна, включающая три этапа: вдавливание боксов из алюминиевой фольги размерами 20 × 50 × 170 мм³ внутрь поверхности осадка и извлечение их из керна с частью осадка без нарушения последовательности слоев; замораживание боксов в жидком азоте и сушка в лиофильной камере; пропитка полимером – смесью эпоксидной смолы и ацетона. Затем образцы выдерживали в сушильном шкафу при 60 °C в течение 3–4 сут. Полученные твердые препараты сохраняют текстуру и состав исходного керна, пригодны для длительного хранения, изготовления шлифов для изучения в оптическом микроскопе, для рентгеновских и других современных методов микроанализа (рис. 2).

Аналитическая микростратиграфия. Аналитические исследования образцов проводились в центре коллективного пользования “Сибирский центр синхротронного излучения” на экспериментальной станции “Элементный анализ” [15]. Установка входит в состав ускорительного комплекса ВЭПП-3 Института ядерной физики СО РАН, Новосибирск.

Измерение содержаний микроэлементов вдоль профиля образцов керна проводилось при энергиях возбуждения 18 и 24 кэВ, с шагом 100 и

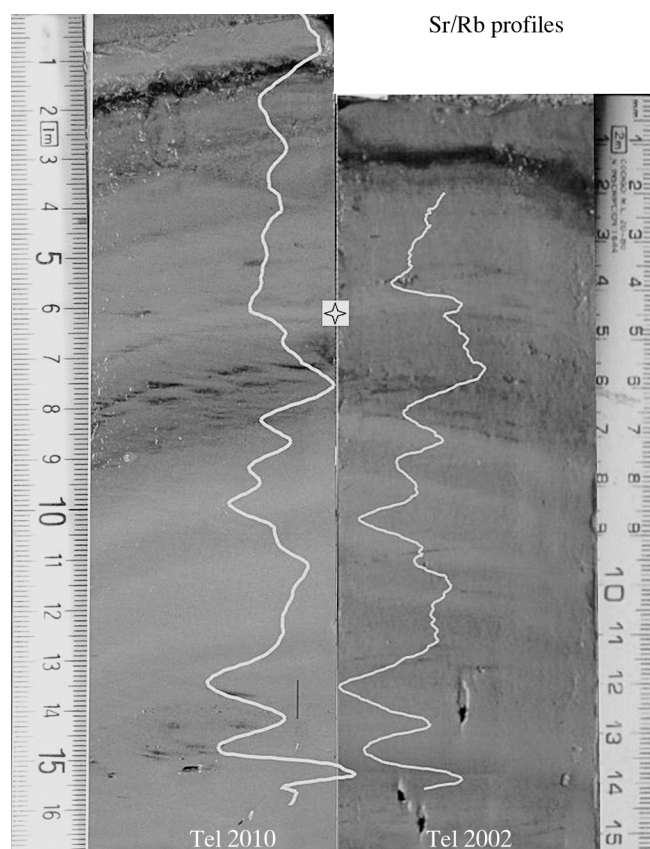


Рис. 3. Фотографии кернов осадков оз. Телецкое, отобранных в 2002 и 2010 гг., совмещенные по визуально выделяемым слоям и профилю Sr/Rb отношения. Виден прирост керн на 2010 относительно 2002 на ~20 мм. Звездочкой отмечен слой максимальной активности ^{137}Cs (1961–1963 гг.) в обоих кернах.

200 мкм. Время измерения в точке составляло от 5 до 25 с, в зависимости от уровня содержаний анализируемых элементов и решаемых задач. В каждой точке определялось от 15 до 25 элементов с пределами обнаружения $\sim 3\text{--}5 \cdot 10^{-5}$ вес.% [6]. Одновременно в каждой точке проводилось измерение рентгеновской плотности образца, как отношение упруго-неупругорассеянного на образце рентгеновского излучения [2].

Построение временных рядов. Скорость современного осадкообразования оценивалась по данным изотопных исследований распределения активности ^{137}Cs и ^{210}Pb в верхних слоях кернов. Искусственный изотоп ^{137}Cs маркирует в донных осадках начало атомных испытаний в атмосфере – конец сороковых годов прошлого века, а максимум активности приходится на период 1961–1963 гг. (т.н. глобальные выпадения, связанные с проводимыми в это время испытаниями ядерного оружия). Изотоп ^{210}Pb – продукт распада радиоактивного газа радон и в донные отложения попадает из воздуха с примерно постоянной скоростью.

Измерение активности этого изотопа по глубине керн позволяет оценить скорость осадконакопления на интервале от современности до $\sim 150\text{--}200$ лет назад. Измерение содержаний указанных изотопов в образцах осадков осуществлялось в Институте геологии и минералогии СО РАН методом низкофоновой полупроводниковой гамма-спектрометрии [1]. Скорость осадконакопления для интервала последних 150 лет составляла величину ~ 1.3 мм/год. Аналогичная оценка (с учетом влажности керн) получена сравнением величины прироста керн 2010 г. относительно 2002 г., совмещенных по визуально выделяемым слоям и геохимическим данным (Sr/Rb отношение) (рис. 3). Для построения временных рядов на всю глубину керн использованы радиоуглеродные датировки в средней и нижней частях керн [10].

Построение палеореконструкций. Для реконструкции палеотемператур региона был использован суммарный профиль литолого-геохимических данных, полученный сканированием кернов Tel-2004 и Tel-2010. Метеоряд был построен на основе данных метеостанции п. Яйлю, расположенной на берегу озера, за период 1932–2009 гг. Ряд инструментальных метео наблюдений был продлен до 1881 г. на основе инструментальных данных метеостанции г. Барнаул. Несмотря на разницу абсолютных значений среднегодовых температур Яйлю и Барнаула на $\sim 1.8^\circ\text{C}$ между ними наблюдается хорошая корреляция – для временного интервала 1932–1990 коэффициент корреляции составляет +0.89. По уравнению регрессии $T_{\text{Яйлю}} = T_{\text{Барнаул}} \cdot 0.6603 + 2.3648$ был вычислен метеоряд температуры Яйлю для интервала 1881–1932 гг., что позволило расширить временной интервал для обучения трансферной функции до 128 лет (1881–2009 гг.). Сравнение метеоданных и геохимических результатов, соответствующих этому временному интервалу, показало, что самую высокую связь с температурой имеют два параметра – содержание Bg и рентгеновская плотность (XRD) (коэффициенты корреляции +0.65 и –0.75) (рис. 4).

Для расчета трансферной функции кроме Bg и XRD были использованы данные по содержанию Ca, Ti, Fe, Rb, Sr, Y. По уравнению множественной регрессии была рассчитана реконструкция годовых температур региона Алтая на всю глубину опробования керн (1540 лет назад). Сравнение полученной реконструкции и интервала обучения (метео данные за 1881–2009 гг.) показало хорошее совпадение (коэффициент корреляции +0.86), что служит подтверждением точности подобранного уравнения регрессии.

Для оценки правильности полученной реконструкции было сделано сравнение хода температур-

ной кривой на интервале 700–2000 гг. (интервал последних 1300 лет) с плотностью распределения температурных реконструкций для Северного полушария, представленным в докладе IPCC-2007 [7] (рис. 5).

Полученная реконструкция соответствует мировым трендам и глобальным событиям последнего тысячелетия, хотя имеет свои региональные особенности. Хорошее соответствие наблюдается для временных интервалов средневекового потепления 1000–1100 гг., малового ледникового периода 1600–1700 гг. и современного потепления 1900–2000 гг. Температурный экстремум в интервале 1400–1450 гг. н.э. сравним по абсолютным величинам с современными значениями, но находится за верхней границей существующих реконструкций. Это может быть региональной климатической особенностью, но скорее связано с диапазоном расчетных погрешностей. Косвенно это подтверждается и отсутствием подобного экстремума в прогнозной функции (см. пояснения к рис. 7).

Поиск природных периодичностей климата.

Для поиска описанных в литературе природных климатических циклов нами был сделан обзор литературы 2000–2010 гг. выпуска (редакционные ограничения не позволяют привести полный список рассмотренных работ). Поскольку часть этих публикаций носит обзорный характер [12–14], то в рассмотрение попали и данные более ранних годов. Была составлена выборка периодичности природно-климатических событий (вариации температуры, засухи, наводнения и т.д.), регистрируемых в наблюдениях, извлекаемых из архивов или полученных в реконструкциях. Общий объем выборки составляет более 220 значений, которые группируются в 16 циклов с периодами от 8 до

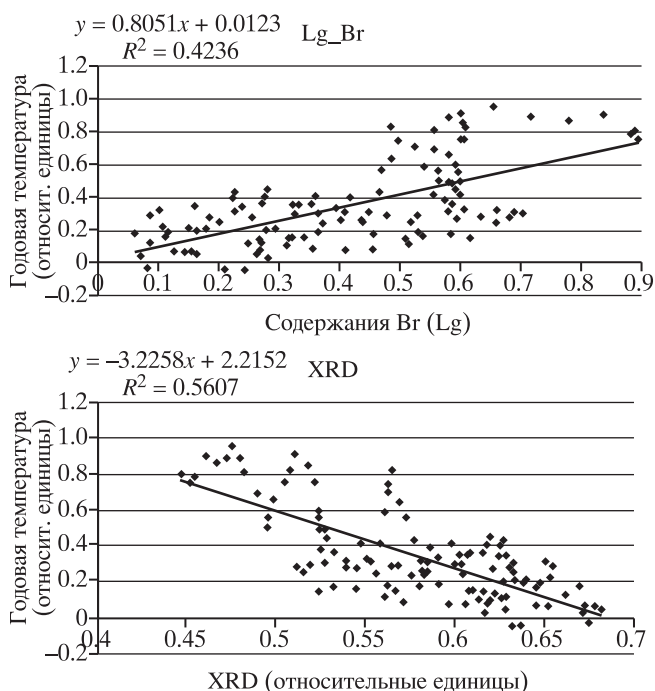


Рис. 4. Графики зависимости среднегодовой температуры региона Горного Алтая (T_{ann}) в период 1881–2009 гг., содежаний Br и рентгеновской плотности XRD в образцах осадка озера Телецкое, соответствующих этому временному интервалу.

2000 лет. Большая часть наблюдаемых короткопериодных циклов хорошо известна и вошла в историю науки под собственными именами, данные представлены на рис. 6.

Поскольку в рассмотрение были включены все территории Земли, то выделенные циклы имеют глобальный характер и общие причины. Если короткопериодные циклы достаточно изучены,

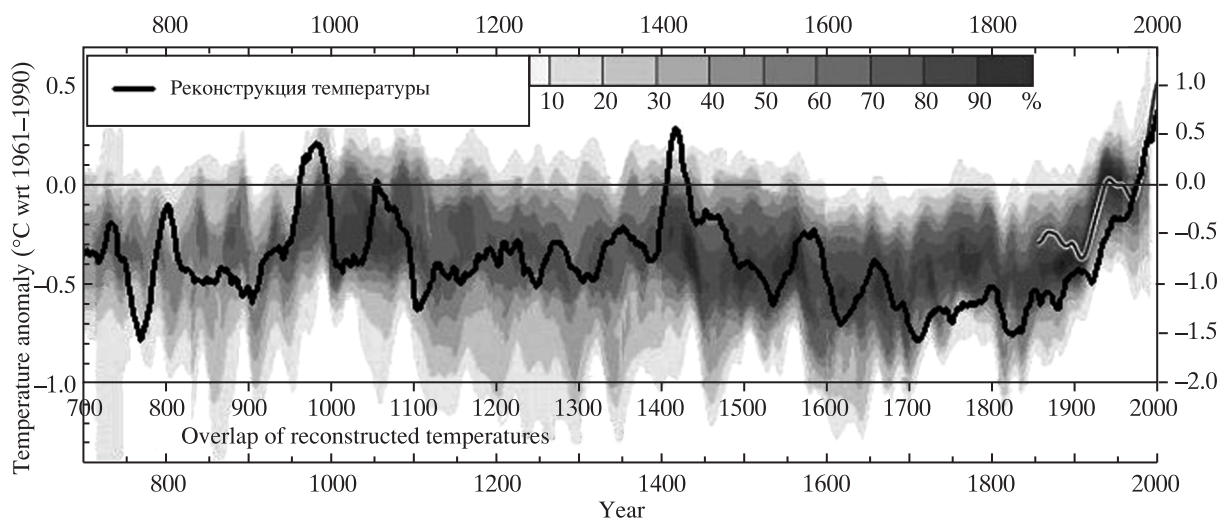


Рис. 5. График реконструированной температуры как отклонение от среднего за 1961–1990 гг. в градусах С (правая шкала), наложенный на температурные реконструкции для Северного полушария (левая шкала) за период 1300 лет (IPCC-2007).

Гистограмма периодов климатических вариаций Земли в интервале 8–2000 лет (по лит. данным)

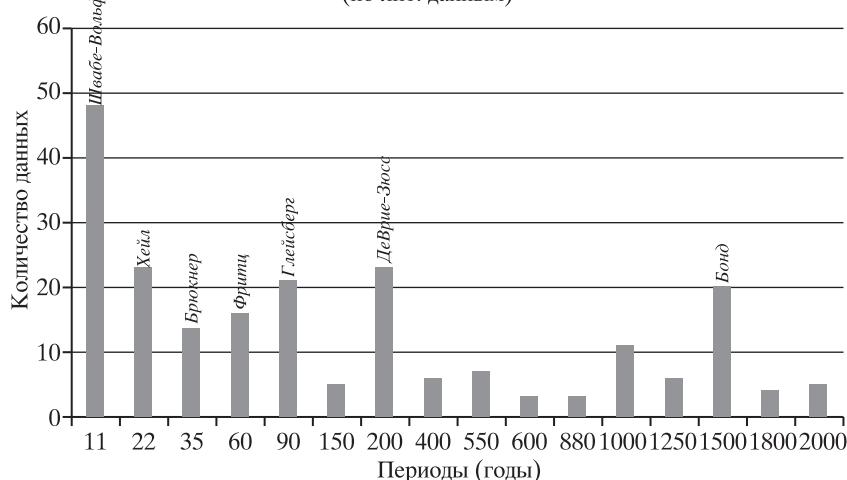


Рис. 6. Гистограмма периодов вариаций климата Земли в интервале 8–2000 лет (по лит. данным).

то наличие более длинных циклов, а особенно их влияние на климат Земли, остается темой научных дискуссий.

Не претендуя на объяснение вариаций глобальных климатических процессов, имеющих весьма сложный механизм, сформулируем простую аксиому: изменение климата последних тысячелетий на Земле имеет устойчивый циклический характер.

Отсюда следует практический вывод – ряд метеонаблюдений может быть разложен на сумму периодических функций (синусоид), разных периодов и амплитуд. Полученная таким образом функция будет зависеть только от времени, следовательно, является прогнозной.

Безусловно, авторы понимают, что все природные климатические циклы – квазипериодические и любые прогнозы с их использованием имеют как фазовую, так и амплитудную случайную погрешность, тем не менее построение прогнозной функции будет тем более точным, чем более длинным и точным будет ряд метеонаблюдений. На практике мы имеем длины рядов инструментальных метеонаблюдений не более 150–200 лет. Для такого временного интервала возможно вычисление периодов максимум до 100 лет. Следовательно, надо оперировать с реконструированными метеоданными. Для этого реконструкции должны быть количественными, достаточно длинными и с высоким временным разрешением (годовым). Этим признакам вполне соответствует построенная реконструкция температуры для озера Телецкое.

Построение прогнозной функции. Для построения прогнозной функции была использована полученная палеореконструкция, сглаженная

скользящим средним по 25 годам. Временной ряд был ограничен интервалом 498–1967 гг. Это ограничение позволило использовать сорокалетний ряд метеонаблюдений 1967–2008 гг. для проверки правильности и точности полученного прогноза.

В качестве начального набора взят ряд периодических функций (синусоид) с периодами: 20, 30, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 170, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 лет.

Процедура разложения реализована в виде комплекса программ для ПК и представляет собой следующее.

1. Производилась последовательная подгонка синусоид начиная с периода в 500 лет с шагом 5%. На каждом шаге варьировалась амплитуда функции и сдвиг фазы (начальная точка). Минимизация производилась по методу наименьших квадратов.

2. Минимизированная функция вычиталась из начального ряда, после чего процедура повторялась с поиском следующей синусоиды.

3. Если амплитуда функции (вклад в суммарную кривую) был меньше 3% она убиралась из рассмотрения.

Из начальных 20 циклов в конечную прогнозную функцию вошло 15, при этом основные вклады дают 7 из них, с периодами: 501 год (15.2%), 376 лет (9.1%), 215 лет (7.6%), 188 лет (7.6%), 116 лет (9.8%), 88 лет (9.1%) и 60 лет (7.6%). На рис. 7 представлена исходная реконструкция и построенная прогнозная функция. Коэффициент корреляции для интервала 500–1950 гг. составляет +0.7. Как математическая, так и визуальная оценка позволяют сделать вывод о достаточно хорошем соответствии двух кривых. Особо рассмотрим интервал 1400–1450 гг. В прогнозной

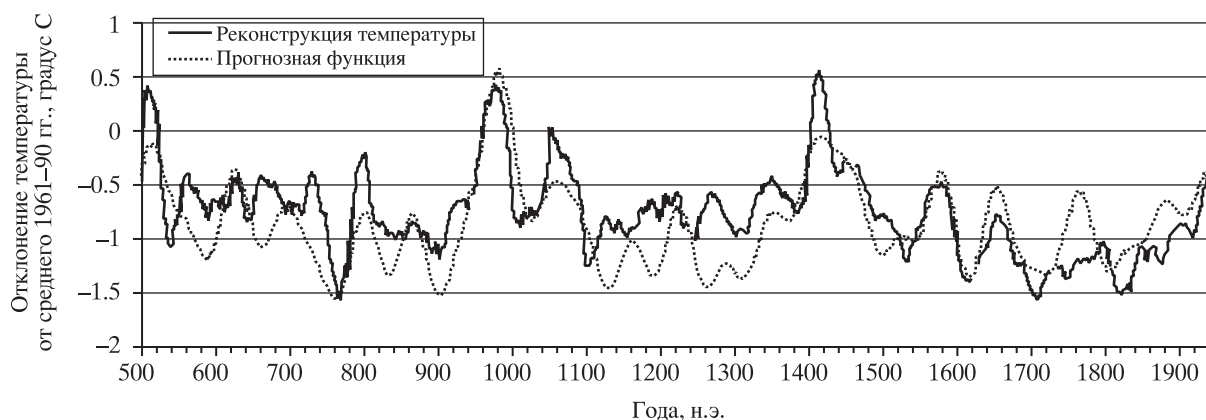


Рис. 7. Сравнение палеореконструкции и прогнозной функции на интервале 500–1950 гг. н.э.

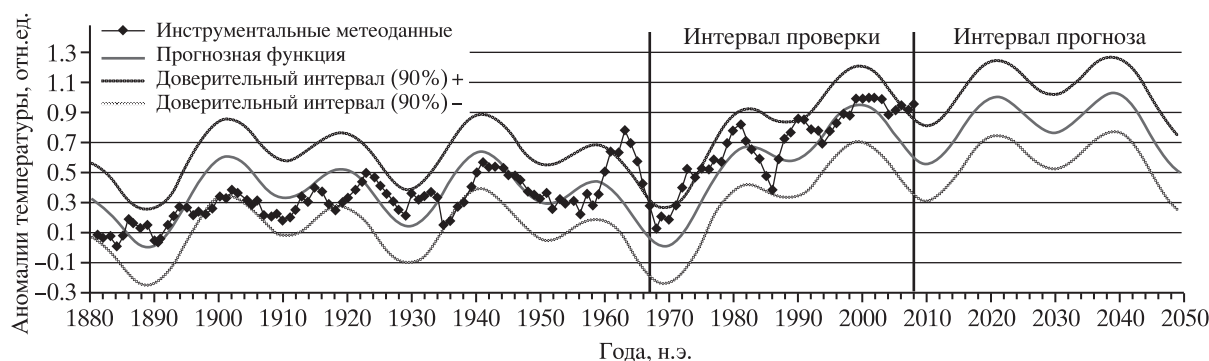


Рис. 8. Прогноз изменения среднегодовой температуры региона Горного Алтая на период до 2050 г. (пояснения в тексте).

кривой максимум температуры на полградуса ниже реконструируемой, т.е. выявленная природная периодичность может служить основанием для корректировки исходных реконструкций.

Функция, построенная как сумма периодических функций, может быть интерполирована в будущее, т.е. является прогнозной. На рис. 8 представлен расчет прогноза среднегодовых температур в п. Яйлю (оз. Телецкое) на период до 2050 г. Для большей детализации прогноза и возможности сравнения с данными метеонаблюдения в расчетную модель на интервале 1880–2050 гг. были введены функции с периодами 11 и 22 года. Как было отмечено выше, исходный временной ряд при расчете прогнозной функции был редуцирован до 1967 г. Таким образом, был создан временной интервал в 40 лет с 1968 по 2008 г., внутри которого мы могли провести оценку правильности и точности полученного прогноза. Для этого на интервале проверки было проведено сравнение расчета прогноза с данными метеонаблюдений за этот период. Была получена оценка точности прогноза на интервал длиной в 40 лет, она составила ~ 25 отн.%, для 90% вероятности (коэффициент корреляции +0.89).

Экстраполируя полученный результат на следующие 40 лет, мы получаем численную оценку погрешности полученного прогноза. Необходимо особо подчеркнуть, что данный прогноз сделан только для природных компонент вариации климата и может быть уточнен по мере получения новых знаний о природных циклах.

Заключение. Предложенный комплекс методик детально описывает и формализует исследовательский процесс как построения количественных реконструкций региональных палеоклиматических параметров на основе высококоразрешающих исследований озерных донных осадков, так и расчета кратко- и среднесрочного климатического прогноза. Согласно существующим климатическим теориям [7], вариации климата обусловлены как природными причинами, как правило, имеющими циклический характер, так и антропогенным влиянием, действующим в последние десятилетия однонаправленно. Возможность учета и правильного предсказания вариаций природной компоненты климата является очень важным фактором для подготовки погодно-климатических прогнозов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобров В.А., Калугин И.А., Клеркс Ж., Дучков А.Д., Щербов Б.Л., Степин А.С. Современная скорость осадконакопления в Телецком озере по данным гамма-спектрометрии (137 Cs) // Геол. и геофиз. 1999. Т. 40. № 4. С. 530–536.
2. Дарьин А.В., Гольдберг Е.Л., Калугин И.А., Федорин М.А., Золотарев К.В., Максимова Н.В. Отношение интенсивностей упруго- и неупругорассеянного на образце синхротронного излучения – климатически коррелированный палеосигнал в историческом слое (1860–1996 гг.) донных осадков оз. Телецкое // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2003. № 12. С. 53–55.
3. Baryshev V.B., Gavrilov N.G., Daryin A.V., Zolotarev K.V. et al. Scanning x-ray fluorescent microanalysis of rock samples // Rev. Scientific Instruments. 1989. V. 60. № 7. Pt II. P. 2456–2457.
4. Boes X., Fagel N. Impregnation method for detecting annual laminations in sediment cores: An overview // Sedimentary geology. 2005. V. 179. P. 185–194.
5. Daryin A.V., Baryshev V.B., Zolotarev K.V. Scanning X-ray fluorescence microanalysis of phosphorites from the underwater mountains of the Pacific // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 1991. V. 308. № 1, 2. P. 318–320.
6. Daryin A.V., Kalugin I.A., Maksimova N.V., Smolyaninova L.G. et al. Use of a scanning XRF analysis on SR beams from VEPP-3 storage ring for research of core bottom sediments from Teletskoe Lake with the purpose of high resolution quantitative reconstruction of last millennium paleoclimate // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2005. V. 543. № 1. P. 255–258.
7. IPCC, 2007: Climate Change 2007. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, N.Y., USA. 996 p.
8. Kalugin I. Recent bottom fill of the Teletsk basin // The physical and geological environment of Lake Teletskoye / Eds. Selegei V., Dehandschutter B., Klerks J. and Vysotsky E. Royal Museum of Central Africa, Ann. Sc. Geol. 105, Tervuren, Belgium. 2001. P. 263–282.
9. Kalugin I., Selegei V., Goldberg E., Seret G. Rhythmic fine-grained sediment deposition in Lake Teletskoye, Altai, Siberia, in relation to regional climate change // Quaternary Internat. 2005. № 136. P. 5–13.
10. Kalugin I., Daryin A., Smolyaninova L., Andreev A. et al. 800-yr-long records of annual air temperature and precipitation over southern Siberia inferred from Teletskoye Lake sediments // Quaternary Res. 2005. № 67. P. 400–410.
11. Lamoureux S.F. Embedding unfrozen lake sediments for thin section preparation // J. Paleolimnol. 1994. № 10. P. 141–146.
12. O'Sullivan P.E., Moyeed R., Cooper M.C., Nicholson M.J. Comparison between instrumental, observational and high resolution proxy sedimentary records of Late Holocene climatic change—a discussion of possibilities // Quaternary Internat. 2002. V. 88. № 1. P. 27–44.
13. Wagner G., Beer J., Masarik J., Muscheler R. et al. Presence of the solar de Vries cycle (similar to 205 years) during the last ice age // Geoph. Res. Letters. 2001. № 28. P. 303–306.
14. Yang B., Braeuning A., Johnson K.R., Yafeng S. General characteristics of temperature variation in China during the last two millennia // Geoph. Res. Letters. 2002. № 29. P. 1324.
15. Zolotarev K.V., Goldberg E.L., Kondratyev V.I., Kulipanov G.N. et al. Scanning SR-XRF beamline for analysis of bottom sediments // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2001. V. 470. № 1, 2. P. 376–379.

Climate Reconstruction of the Altai Mountains According to Lithological and Geochemical Studies of Bottom Sediments of Lake Teletskoye

A.V. Darin, I.A. Kalugin

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences

The authors propose a new approach to creating high-resolution paleoclimatic reconstructions based on lithological and geochemical study of lake sediments. Scanning X-ray analysis on synchrotron radiation with 100 micron spatial resolution is used to obtain the time series. Transfer function relating the variation of the geochemical composition of sediments with the climatic parameters is calibrated according to the instrumental meteorological observations (data for the last 100–150 years) and approximated by the all depth of core. Quantitative paleoreconstruction on a timeline with annual steps is used to search for natural climatic cycles of various periods ranging from several years to a few thousand years. Found climatic cycles are used to create a forecast function, which allows to carry out the interpolation in the future. The proposed method may be considered as analytical microstratigraphy of lacustrine sediments and is tested on a model object – Lake Teletskoye (Altai Mountains) and allows to obtain paleoclimatic information of high quality.