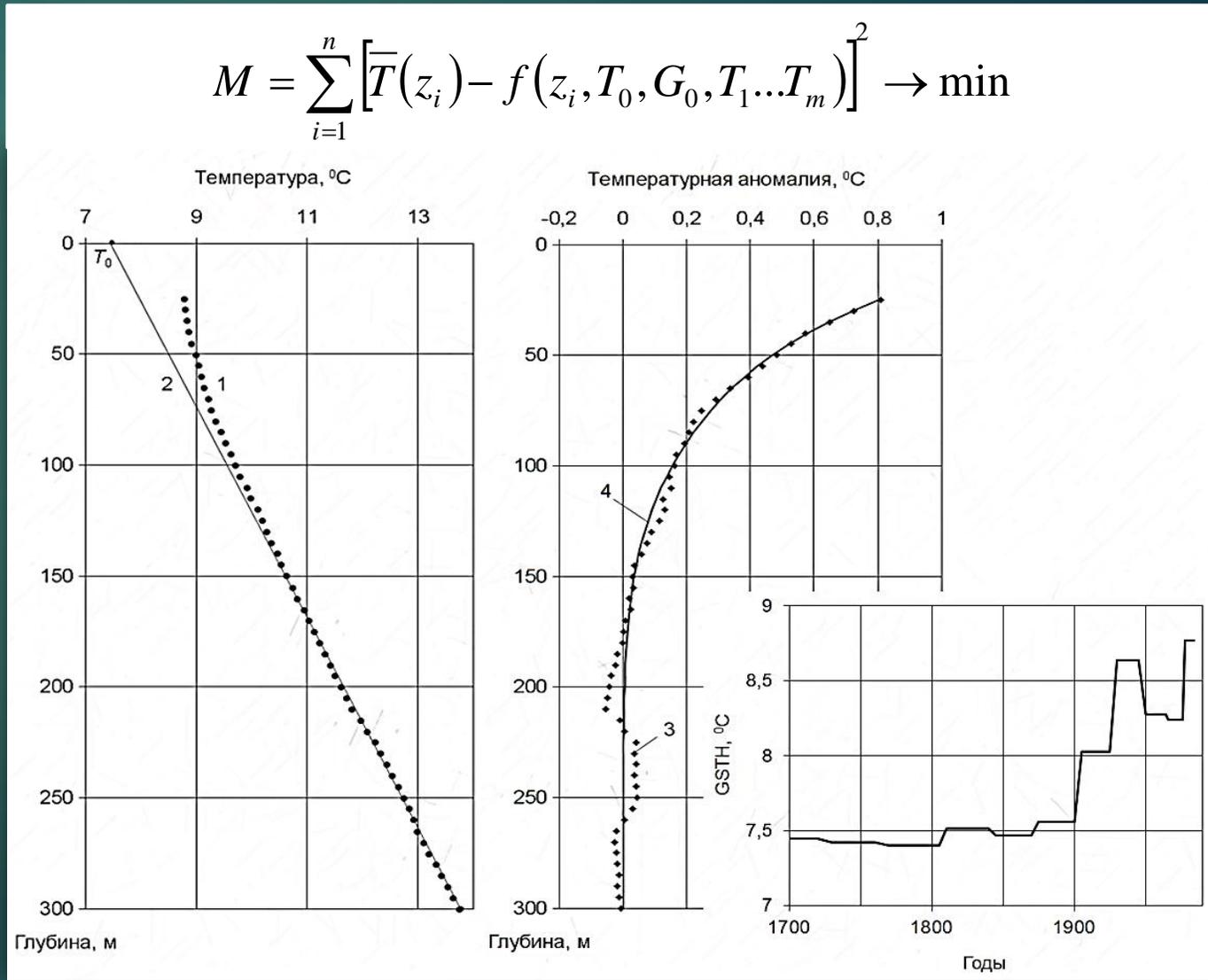
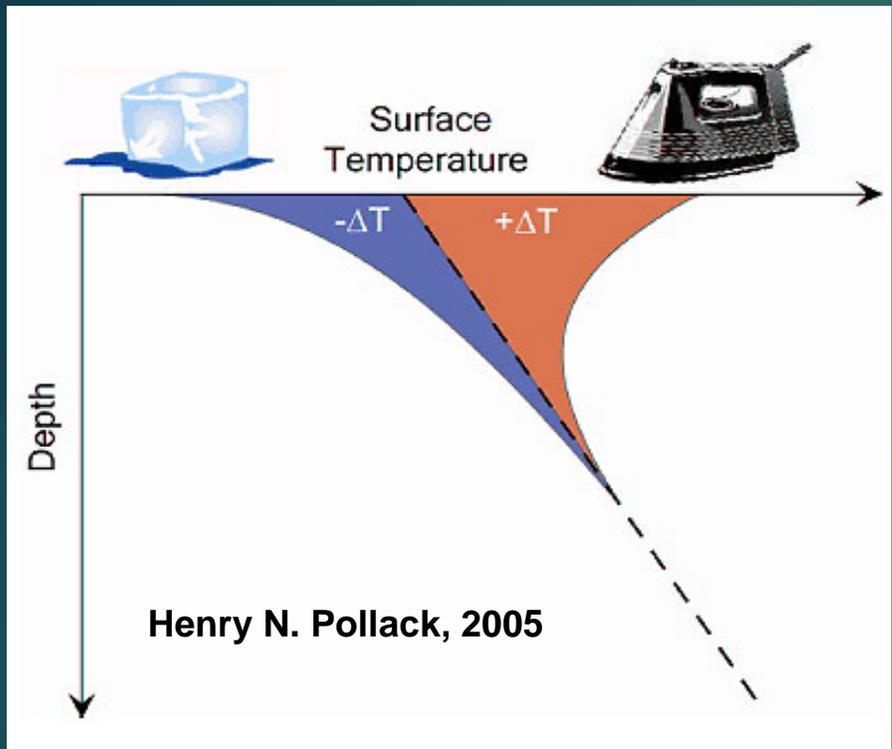


Школа-конференция молодых ученых  
Изменение климата и окружающей среды Северной  
Евразии: анализ прогноз адаптация

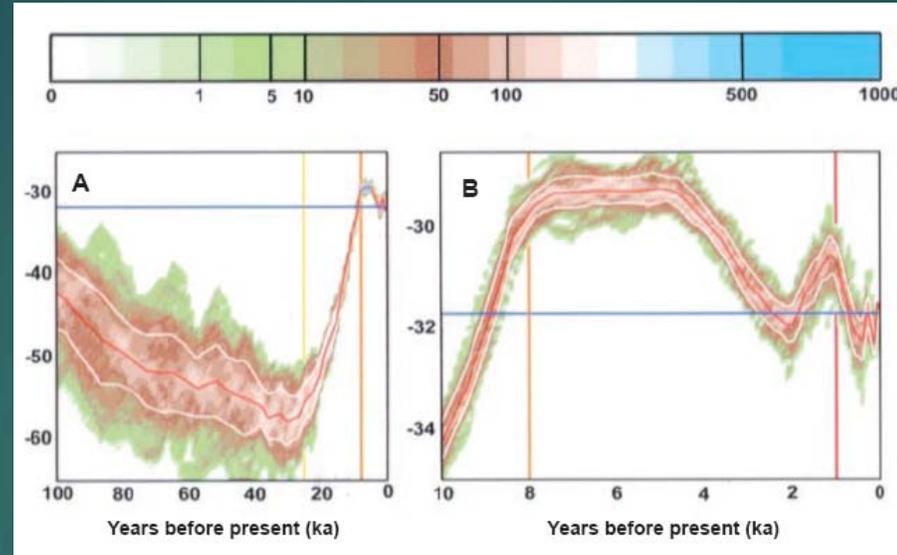
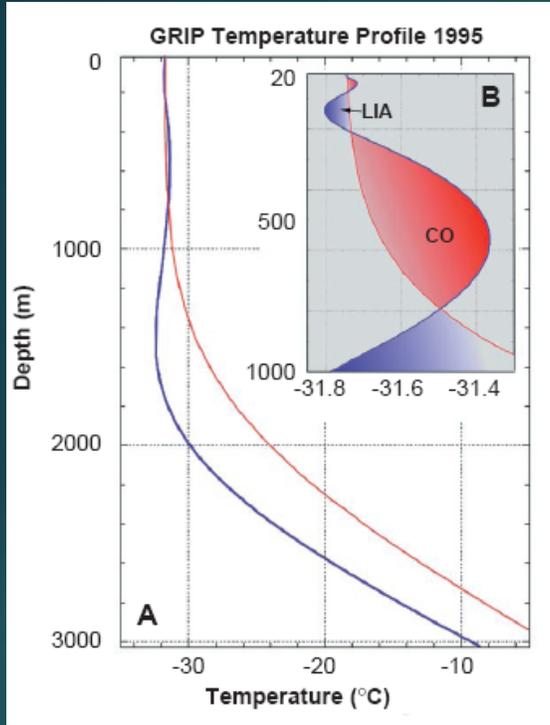
# МЕТОДИКА СИНХРОНИЗАЦИИ ВРЕМЕННЫХ ШКАЛ ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ ПАЛЕОКЛИМАТА НА ОСНОВЕ ОЦЕНОК ИЗМЕНЕНИЙ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ЧЕРЕЗ ЗЕМНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Горностаева А.А., Антипин А.Н.  
Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург  
Научный руководитель д. г.-м. н. Демежко Д.Ю.

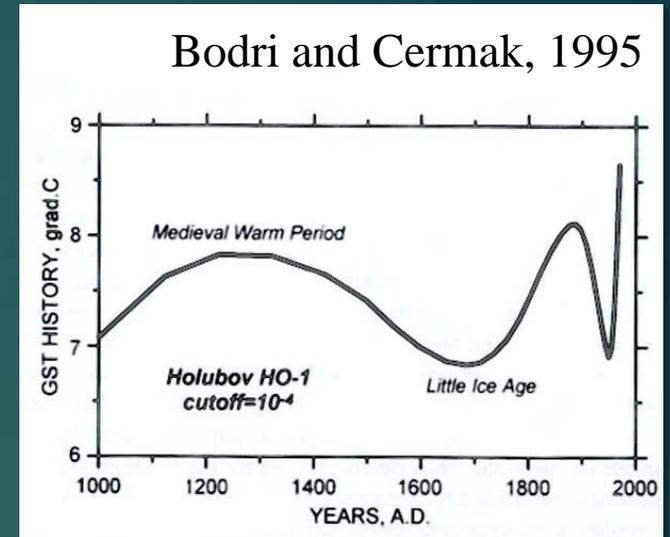
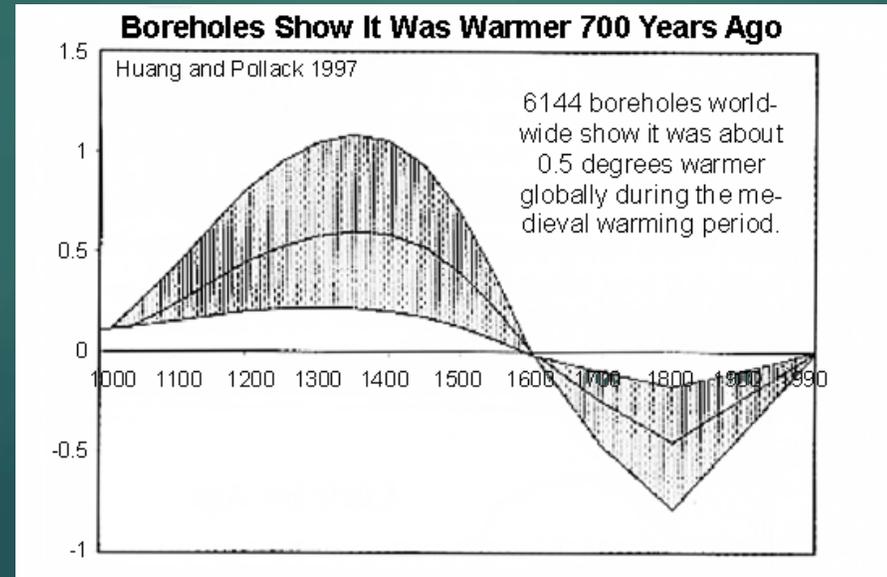
# Геотермический метод реконструкции палеоклимата



# Геотермические палеотемпературные реконструкции



Dahl-Jensen et al, 1998



# Синхронизация изотопной $\delta^{18}\text{O}$ -хронологии, полученной по ледовым кернам, с длительной изотопной древесно-кольцевой $\delta^{18}\text{O}$ -хронологией

4/12

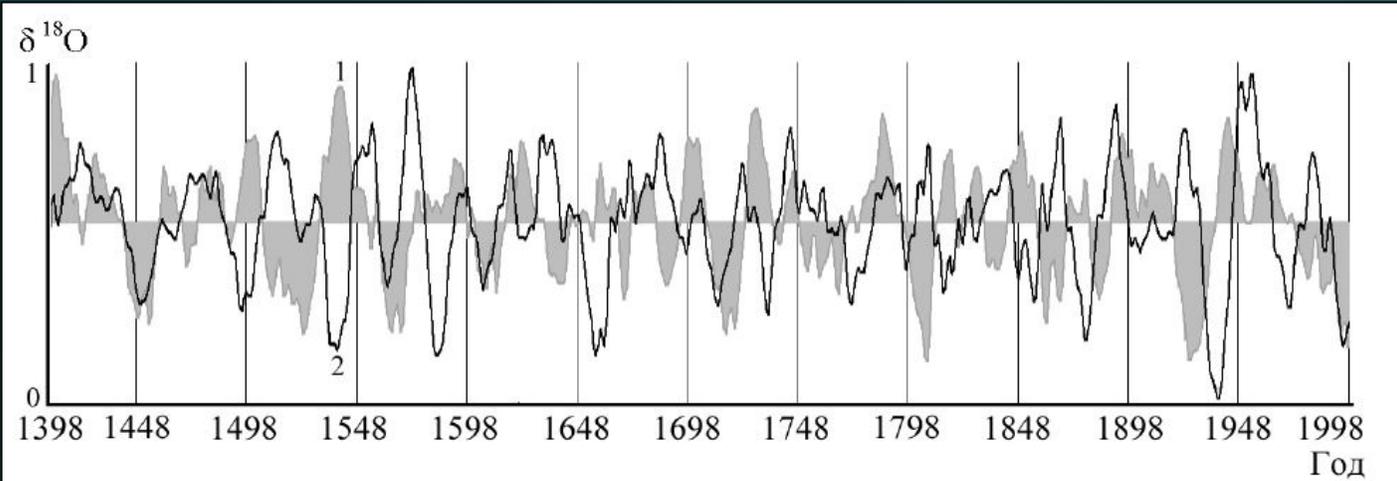


Рис. 1. Одиннадцатилетние нормированные средние значения концентраций изотопа кислорода  $\delta^{18}\text{O}$ : 1) древесина (силуэт); 2) лед (сплошная линия)

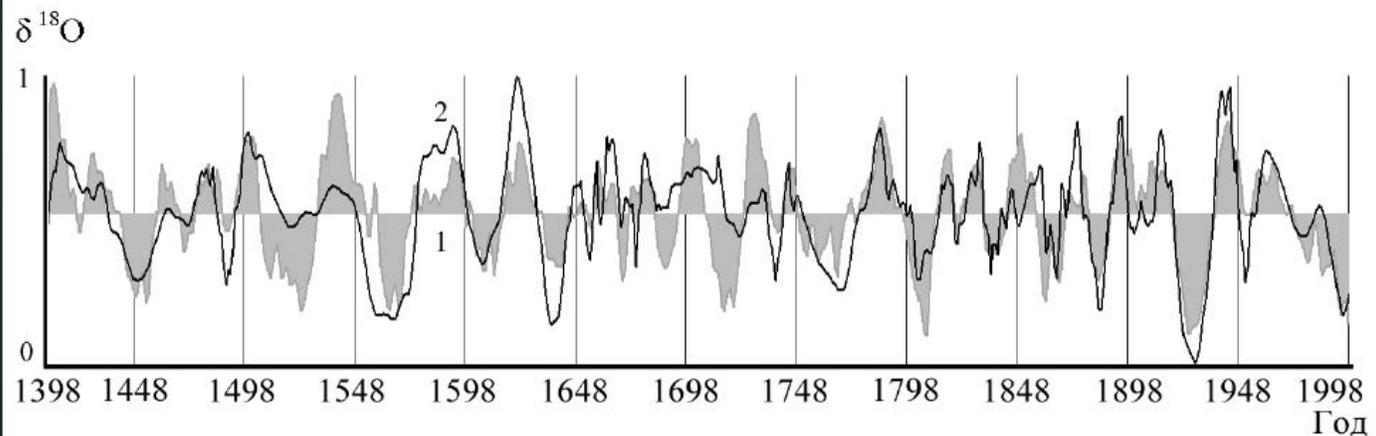


Рис. 4. Одиннадцатилетние нормированные средние значения концентраций изотопа  $\delta^{18}\text{O}$  для 1) древесины (силуэт); 2) льда (сплошная линия)

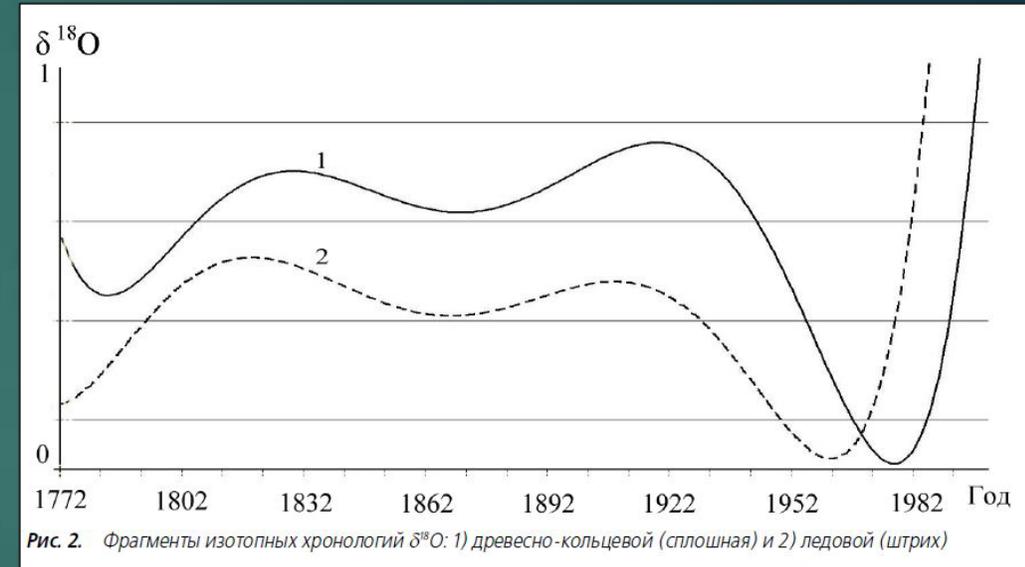
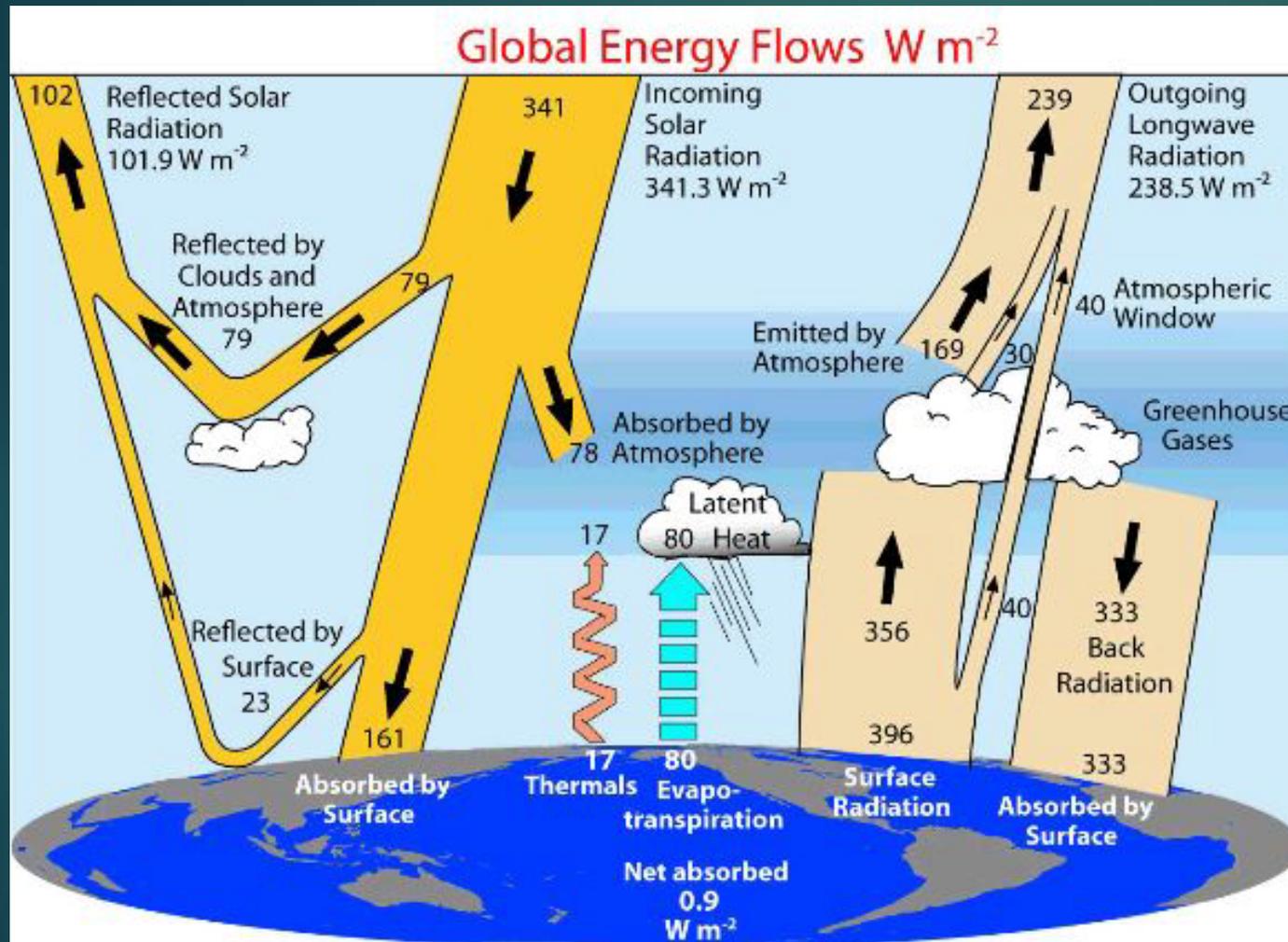


Рис. 2. Фрагменты изотопных хронологий  $\delta^{18}\text{O}$ : 1) древесно-кольцевой (сплошная) и 2) ледовой (штрих)

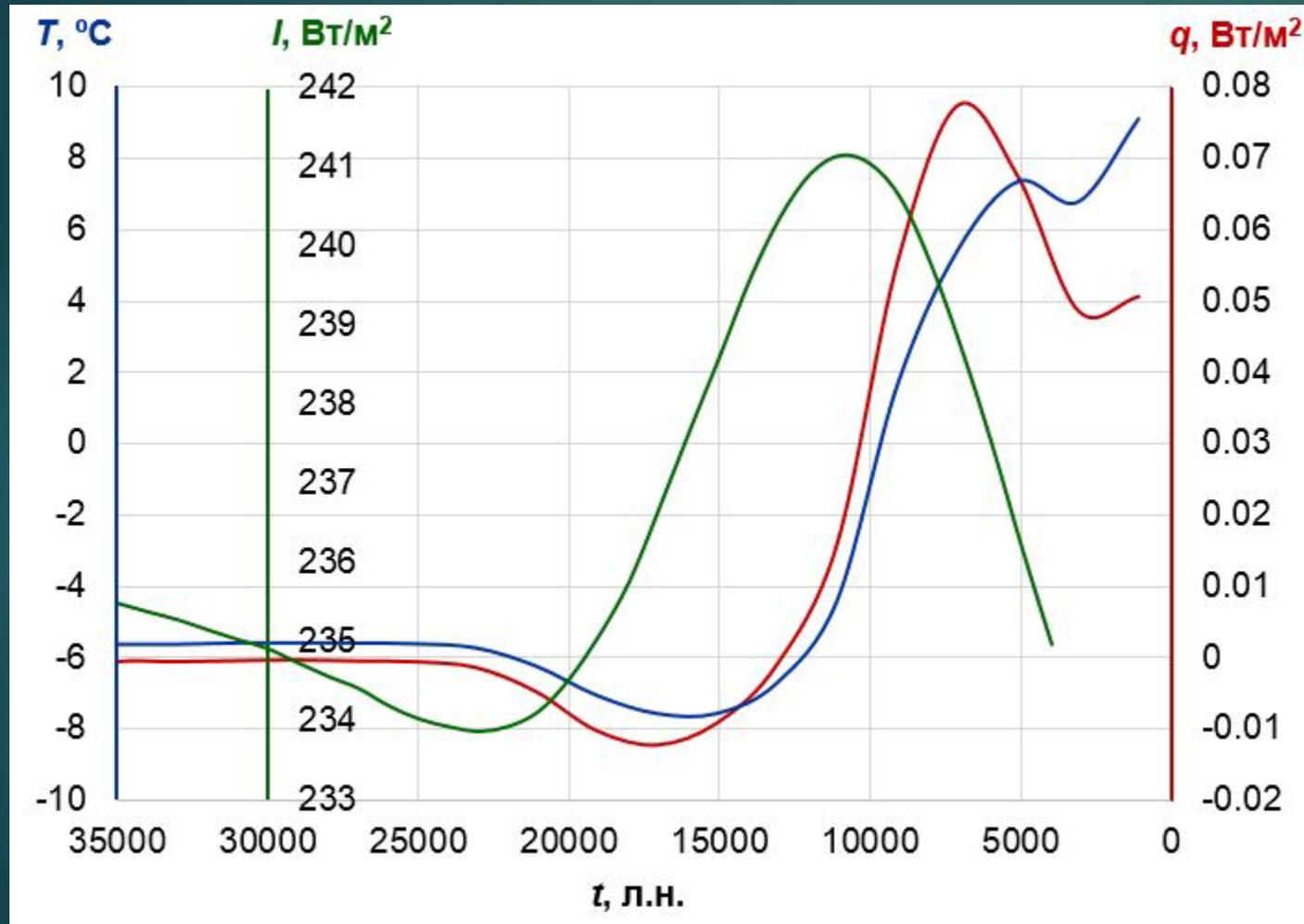
Волков, Тартаковский, 2009



Геотермические данные позволяют реконструировать не только изменения температуры земной поверхности, но и климатически обусловленные изменения теплового потока через земную поверхность  $q(0, t) = R_n - H - E$ , где  $R_n$  – чистая радиация,  $H$  и  $E$  – потоки явного и скрытого тепла.

# Сопоставление реконструкций температурной и тепловой истории земной поверхности на Урале с данными об изменении инсоляции на широте 60° с. ш.

6/12



$q$  и  $T$  – истории изменение теплового потока (красная кривая) и температуры (синяя кривая), реконструированные при эффективной температуропроводности  $a = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

$I$  – кривая изменение инсоляции на широте 60° с. ш. [Berger, Loutre, 1991], сглаженная в скользящих окнах переменной ширины (зеленая кривая)

# Алгоритм синхронизации

1. Реконструкция  $T(0,t)$  и  $q(0,t)$  по термограмме для исходного значения температуропроводности (например,  $a = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ).
2. Сглаживание кривой изменения внешнего радиационного воздействия в скользящих окнах переменной ширины в соответствии с разрешающей способностью геотермического метода.
3. Перевод реконструированных рядов в логарифмическую шкалу. Равномерная оцифровка реконструированных рядов и кривой изменения внешнего радиационного воздействия на логарифмической шкале.

# Алгоритм синхронизации

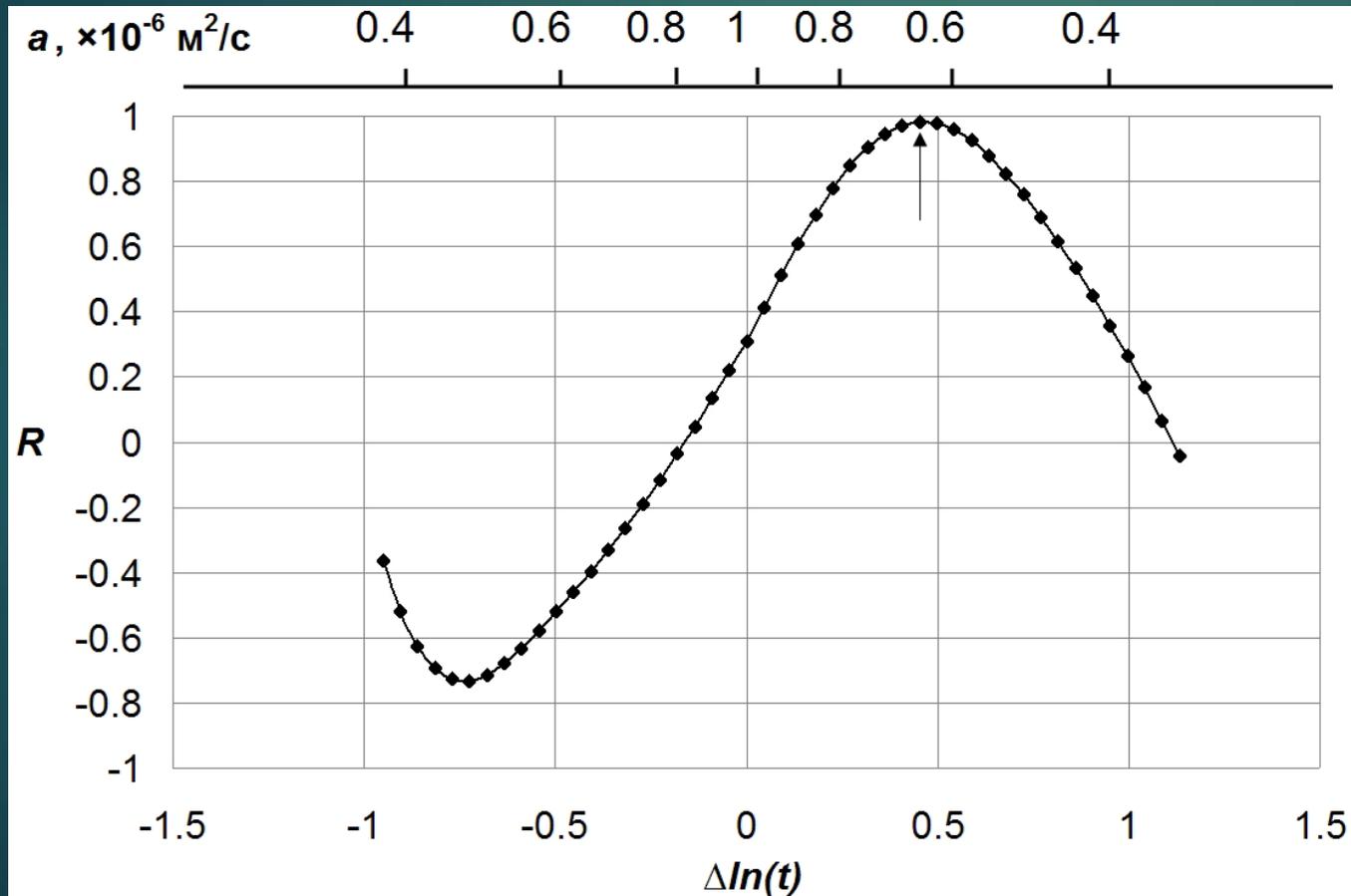
8/12

4. Построение взаимной корреляционной функции между тепловой историей земной поверхности и внешним радиационным воздействием, по максимуму которой оценивается необходимая степень растяжения или сжатия временной шкалы от принятой за исходную. Одновременно оценивается соответствующий этому значению растяжения оптимальный коэффициент температуропроводности пород.
5. Трансформация временных шкал реконструированных элементов палеоклимата в соответствии с оптимальным значением температуропроводности.

# Реализация алгоритма на примере термограммы Уральской сверхглубокой скважины

9/12

Зависимость коэффициента взаимной корреляции  $R$  между тепловым потоком и инсоляцией от величины сдвига тепловой истории на логарифмической шкале

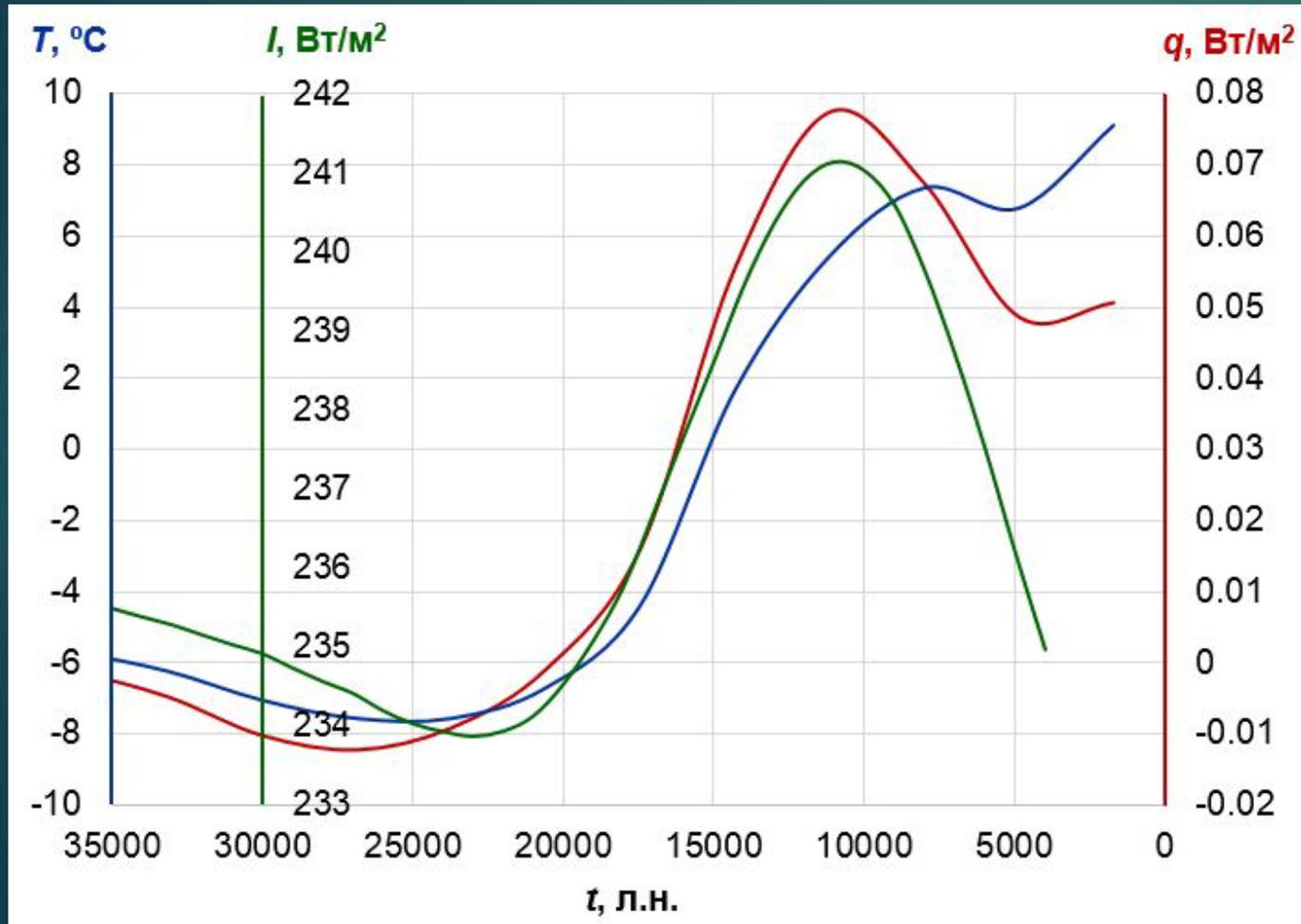


Максимум взаимной корреляционной функции  $R = 0.98$  достигается при сдвиге на логарифмической шкале  $\Delta \ln(t) = 0.045$ . Соответствующий коэффициент эффективной теплопроводности  $a = 0.64 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

# Реализация алгоритма на примере термограммы Уральской сверхглубокой скважины

10/12

Трансформация историй изменения температуры  $T$  и теплового потока  $q$  на Урале после процедуры синхронизации временных шкал геотермических реконструкций



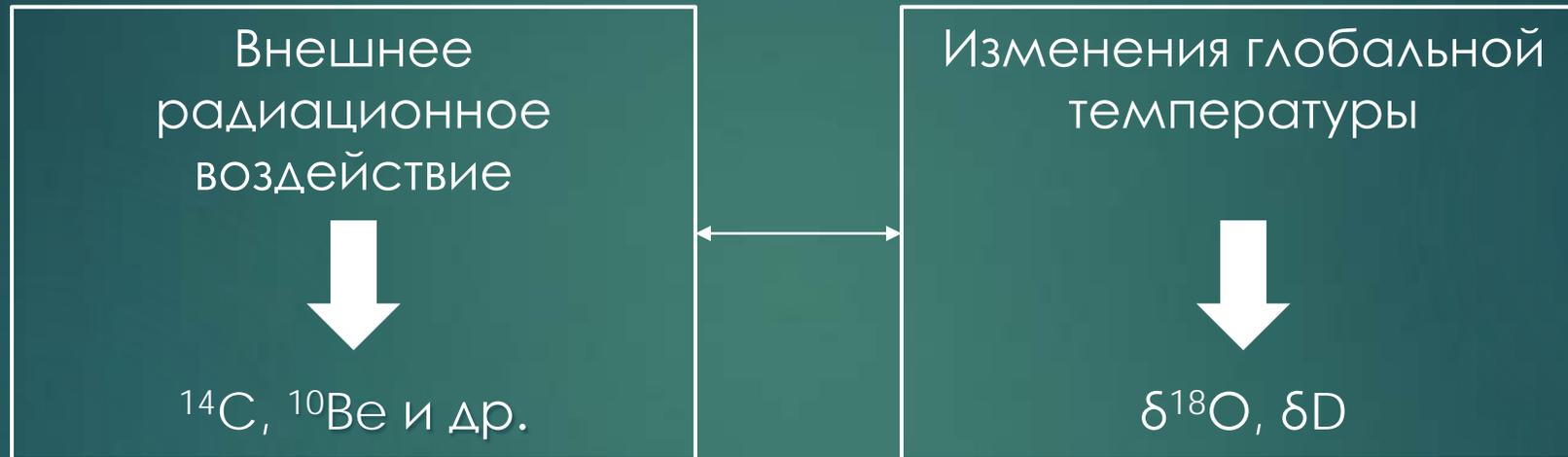
$q$  и  $T$  – истории изменение теплового потока (красная кривая) и температуры (синяя кривая) после процедуры синхронизации для оптимального  $a = 0.64 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

$I$  – изменение инсоляции на широте  $60^{\circ}$  с. ш., сглаженная в скользящих окнах переменной ширины (зеленая кривая)

## Выводы

Одновременная реконструкция изменений температуры и теплового потока через земную поверхность позволяет использовать для синхронизации не только независимые косвенные источники, которые также отягощены ошибками реконструкции, но и количественные характеристики внешнего радиационного воздействия. Такой подход может повысить достоверность палеоклиматической интерпретации геотермических данных на разных временных шкалах.

Может быть полезен и обратный алгоритм – преобразование изменений теплового потока в температурную историю.



Корректное сопоставление таких реконструкций, очевидно, требует их приведения к общему виду – к изменениям температуры либо теплового потока.

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта 14-05-31055 мол\_а

Спасибо за внимание!