

Лаборатория по Палеолуминесценция (Paleoluminescence lab.)

Ръководител:

доц. д-р Явор Й. Шопов - телефон 8161732, e-mail YYShopov@Phys.uni-sofia.bg

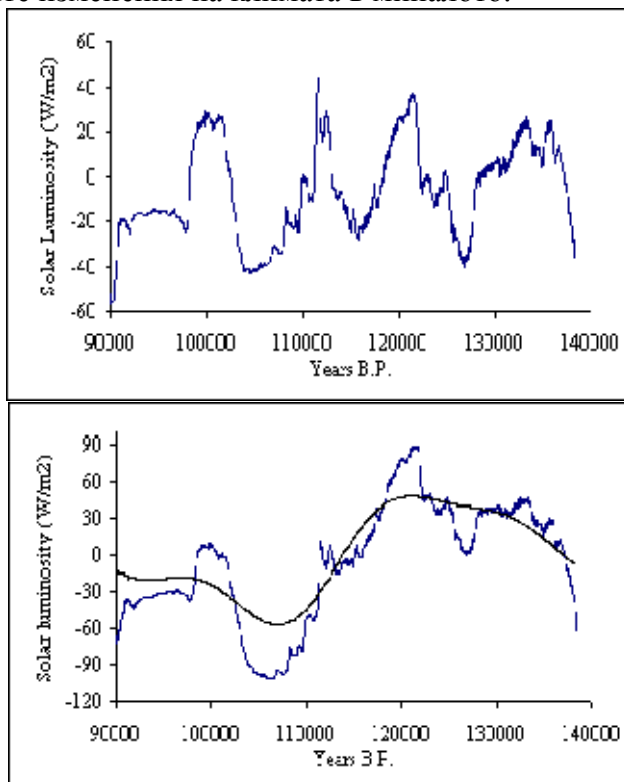
Лабораторията използва методи и апаратура разработени във Физическия факултет. Те са обект на 3 български изобретения и един канадски патент на екипа на лабораторията. Някои от устройствата разработени и използвани от лабораторията нямат аналози в чужбина, други са обект на многобройни опити за копиране или видоизменения от други лаборатории по света.

Лабораторията е създадена през 2001 година. В нея е обучаван в продължение на 6 месеца и един докторант от университета на Болоня, Италия през 2005 и 2006 г. в рамките на Европейската програма за обмен на докторанти ERASMUS.

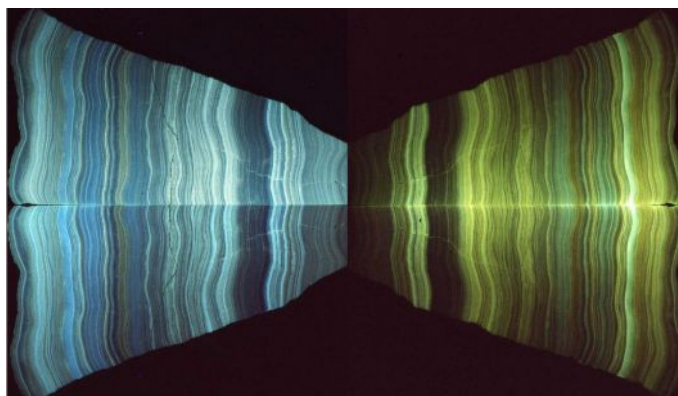
Научни направления и експерименти:

Изследване на глобалните изменения на климата в миналото.

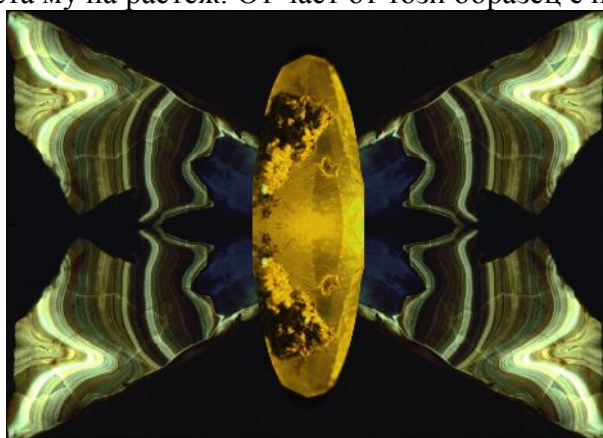
Основната дейност на лабораторията е изследване на глобалните изменения на климата в миналото и слънчевите въздействия върху тях. До скоро вариациите на слънчевата радиация достигнала до повърхността на земята (инсолация), можеха само да бъдат изчислени теоретично от орбиталните вариации на земната орбита, които предизвикват промяна на разстоянието от дадена точка на земната повърхност до Слънцето, което води до промяна на количеството слънчева радиация, достигащо до повърхността на Земята. Но изчисленията им изискват много некоректни предположения водещи до значителни неточности в резултатите (50% от вариациите не отговарят на експерименталните записи). Затова лабораторията разработи един индиректен индекс на инсолацията (фиг.10), който се получава от измервания на разпределението на луминесценция на органични киселини в натечни калцити по оста на растеж на кристалите им (фиг. 10, 11, 12). Абсолютното датироване на тези калцити позволи измерването на записи на инсолацията (фиг.10) през последните 250 000 години. Засега това са единствените експериментални записи на инсолацията. Те намират широко приложение в изследванията на глобалните изменения на климата в миналото.



Фигура 10. Вариации на слънчевата светимост (горе) извлечени от луминесцентен запис на слънчевата инсолация в натечен калцит от Южна Дакота, USA (долу).



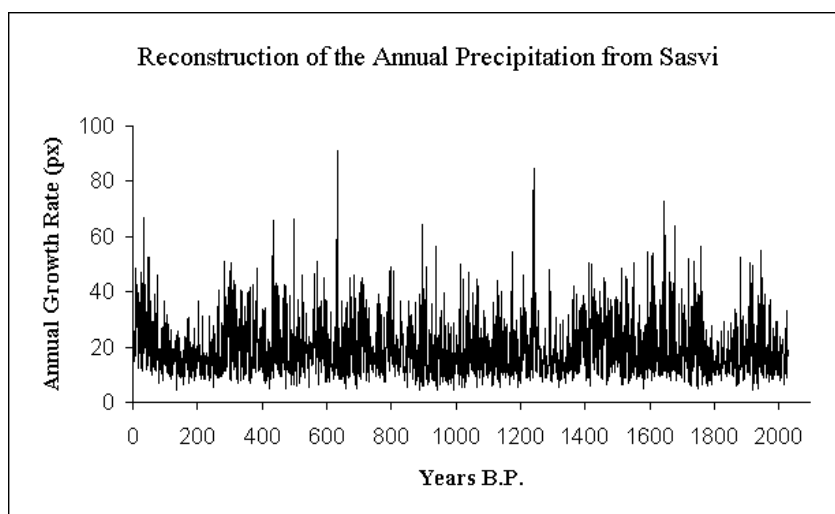
Фигура 11. Флуоресценция (ляво) и фосфоресценция (дясно) на срез на натечен калцит от Южна Дакота, USA по оста му на растеж. От част от този образец е получен записа на фиг.10.



Фигура 12. Фосфоресценция на срез на натечен калцит след ултравиолетово (УВ) облъчване с импулсна ксенонова лампа. (сн. доц. Явор Шопов)

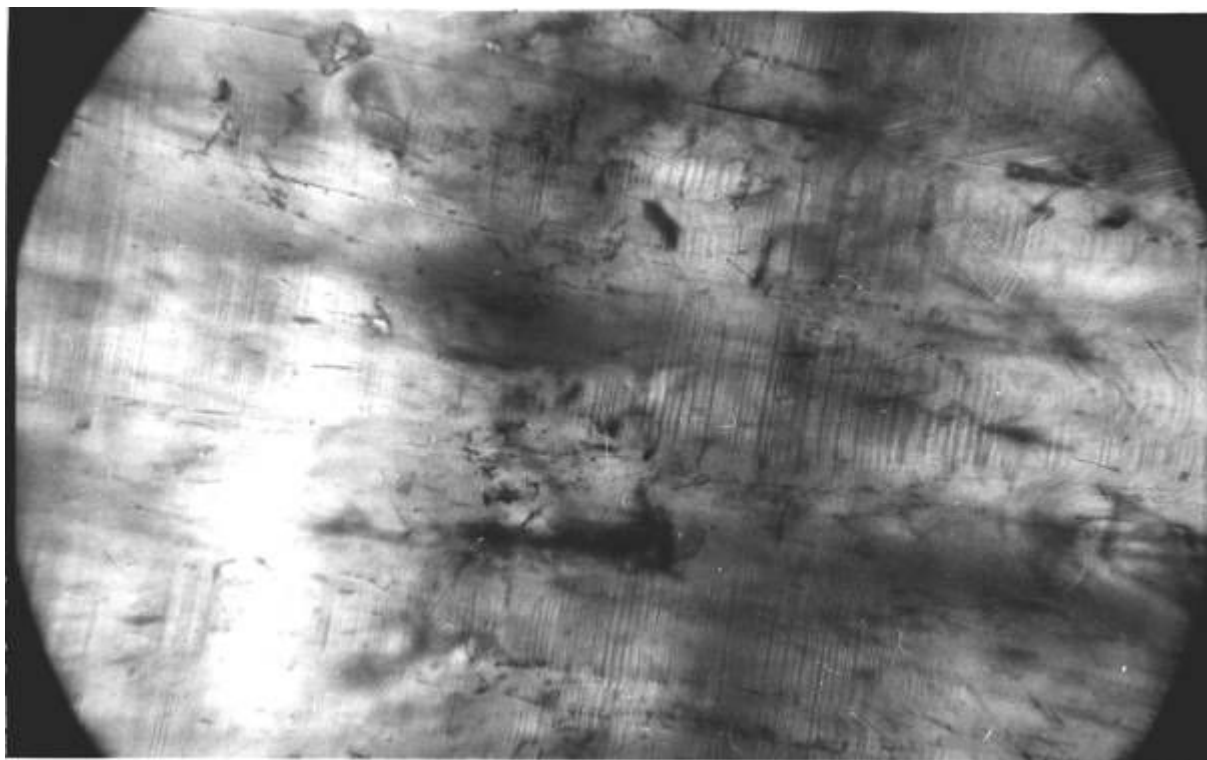
Изследване на регионални изменения на климата.

Съществена дейност на лабораторията е изследването на регионални изменения на климата с използване на натечни калцити като природни климатични станции. За тази цел лабораторията разработи индиректни индекси на годишната температура и на годишните валежи, които се получават от измервания на разпределението на луминесценция на органични киселини в натечни калцити.



Фигура 13. Реконструкция на вариациите на годишната скорост на нарастване на натечен калцит, която е пропорционална на средногодишните валежи в района на Триест, Италия през последните 2028 години.

Реконструкцията на записи на индиректния индекс на годишните валежи в миналото се получават от микрофотографии на разпределението на флуоресценцията на органични киселини в натечни калцити по оста на растеж на кристалите им, при което се визуализират годишните им слоеве на растеж. Получените фотографии на флуоресценция (фиг. 14) дават възможност за измерване на годишната скорост на нарастване на кристалите, която е пропорционална на средногодишните валежи в района, от където е взет образеца (фиг. 13). Тези годишни слоеве се използват също и за датиране на записите и за пръв път са наблюдавани от ръководителя на лабораторията.



Фигура 14. Годишни слоеве на разпределението на флуоресценцията на органични киселини в натечен калцит, от района на село Боснек, Пернишко. (сн. доц. Явор Шопов)

Използване на луминесценция за търсене, полева и лабораторна диагностика на минерали, нефт и газ

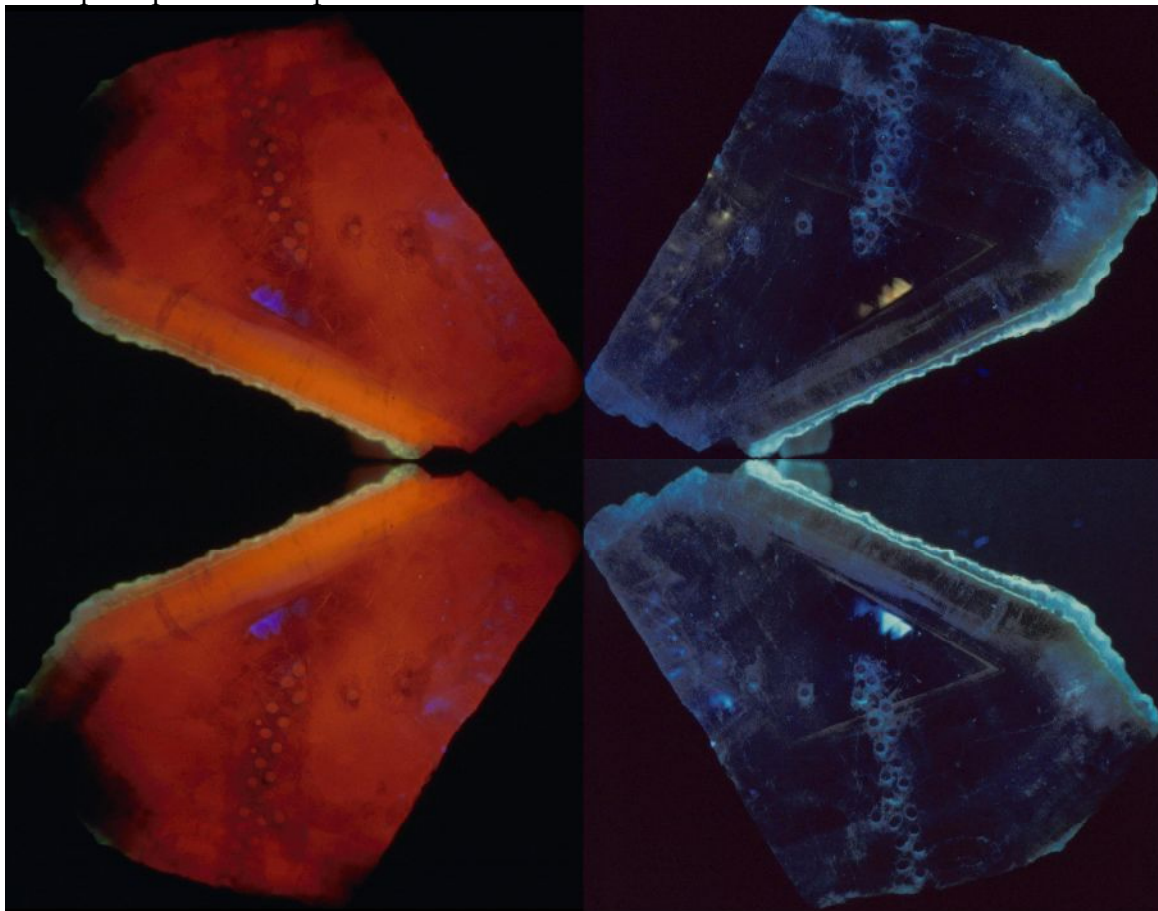
Част от изследванията на лабораторията са посветени на използване на луминесценцията за търсене, полева и лабораторна диагностика на минерали, нефт и газ. Това включва:

а. Разработване на нов метод, методики и апаратура за регистрация на луминесценцията на минерали и нейните спектри в полеви условия.

Известната методика за търсене на минерали по тяхната луминесценция в полеви условия използва преносими непрекъснати УВ източници, с които се наблюдава само флуоресценцията на минералите. Недостатък на тази методика е ниската яркост на източниците и невъзможността за наблюдаване на фосфоресценцията на минералите и затихването и'. За наблюдаването и регистрацията на тези явления ние разработихме един нов метод "Импулсна фотография на луминесценция". За използването на този метод в полеви условия разработихме една принципно нова патентована апаратура, която може да регистрира изображения на фосфоресценция или флуоресценция по отделно или заедно. Ние предложихме нова система за полева диагностика на минерали по луминесценцията им, използването на която доведе до намиране на находища на много нови за България минерали.

С разработването на новата методика "Времево- разрешена регистрация на фосфоресценция" стана възможно полево изследване и регистрация на затихването на фосфоресценцията и промяната на цвета на фосфоресценцията с времето при наличие на

няколко луминесциращи центъра в образеца. Това се оказва особено полезно за разграничаването на фосфоресценцията на включения от нефт и природен газ (фиг.15) от тази на хумусни и фулво киселини (фиг.11) в калцит при полеви условия, което може да се използва при търсене на нефт.



Фигура 15. Фосфоресценция (ляво) и флуоресценция (дясно) на кристал калцит от Carlsbad, USA при облъчване с дълговълнова УВ (дясно, горе) и късовълнова УВ светлина (дясно, долу). Синьо-виолетовата фосфоресция се дължи на включения, които съдържат нефтени въглеводороди и са индикатори за наличие на нефтени находища в непосредствена близост. (сн. доц. Явор Шопов)

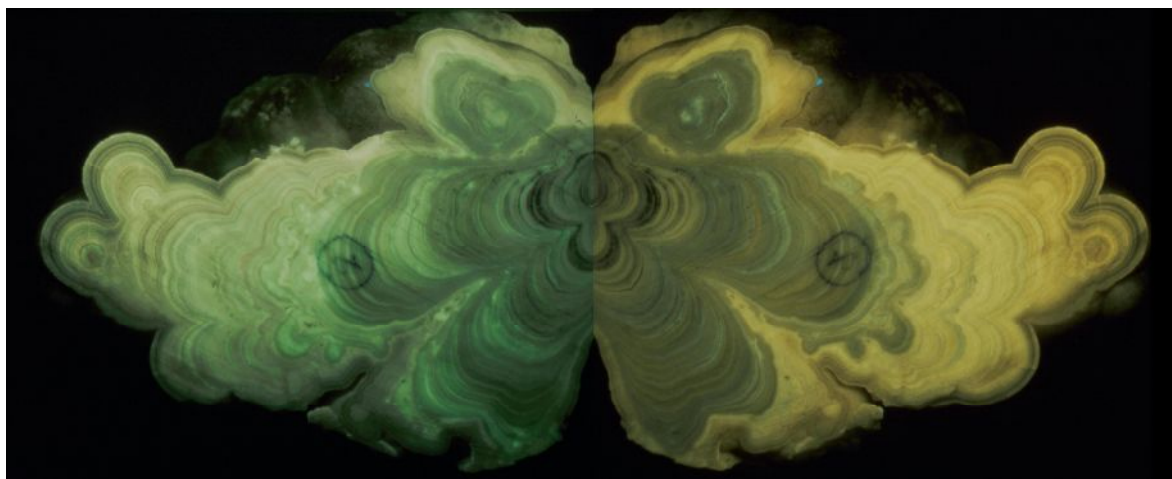
б. Изследване на спектрите на луминесценция на минерали в лабораторни условия

Диагностиката на минерали по тяхната луминесценция понякога изисква подробно изследване на спектрите, природата и свойствата на луминесценцията им при селективно възбуждане с лазерно лъчение с различни дължини на вълните. Това е осъществимо само в лабораторни условия. При такива измервания се получават и Раманови спектри на образците, които са много ефективни за диагностика на микроскопични минерали и включения.

Изследване на записи на замърсявания и миграция на токсични метали и на киселинността на подземните води.

Луминесценцията на някои образци натечен калцит се предизвиква от токсични елементи. Някой от тях дори имат годишна зоналност (фиг.15) в следствие на вариации на киселинността на подземните води, която предизвиква вариации на разтворимостта на някои токсични елементи като уран, олово и други.

На фиг.16 е показана фина флуоресцентна зоналност дължаща се на уранови примеси в натечен калцит при облъчване с късовълнов УВ (ляво). Фината флуоресцентна зоналност при облъчване с дълговълнов УВ (дясно) се дължи на примеси от редкоземни елементи в образеца.



Фигура 16. Флуоресценция на срез на натечен калцит от Иркутск, Русия при облъчване с късовълнова (ляво) УВ (SWUV) и дълговълнова УВ (LWUV) светлина (дясно). Зелената флуоресценция се дължи на примеси от уранови йони. (сн. доц. Явор Шопов)

Датиране на луминесцентните записи

Луминесцентните записи наложиха създаване на нов метод за датиране, поради липсата на метод с прецизност отговаряща на тяхната висока разделителна способност и прецизност. Явната годишна цикличност на записите позволява да се пресметне средногодишната скорост на нарастване на натека, като се определи средногодишният период в пиксели с помощта на анализ на времеви редове. Тази процедура беше заложена в основата на един принципно нов метод за датиране наречен “Автокалибрационно датиране”.

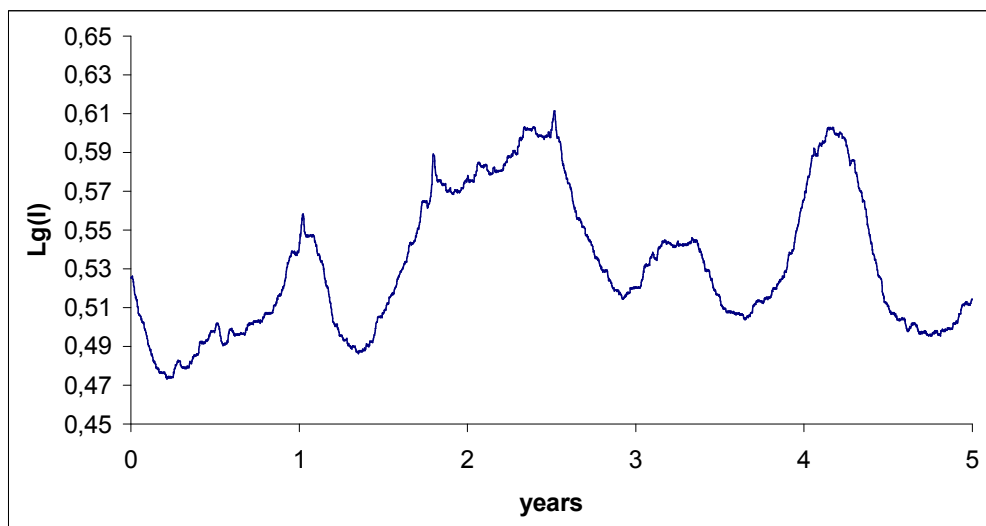
Автокалибрационното датиране на времеви редове с неизвестна неравномерна времева стъпка използва честотно- времеви математически спектрален анализ или Фурие трансформация с помощта на който се определя средната времева стъпка на реда и се определя интервала време от началото до края на времевия ред. Ако е известно началото на реда той се датира, използвайки така получената му продължителност. Методът е приложен за датиране на природни материали с циклична структура и е защитен с авторско свидетелство за изобретение. Засега е единственият метод за датиране, базиращ се изцяло на числен метод.

В основата на този метод са годишните ивици на луминесценция (фиг. 14) наблюдавани за пръв път от ръководителя на лабораторията. Затова Проф. С.Е. Лауридзен от Университета на Берн, Норвегия наименува това явление намерило широко приложение за реконструиране на околната среда в миналото по името на Я. Шопов (“Shopov- bands”) (виж <http://www.karstwaters.org/conduit/vol4no2.htm>) и нарече една от сесиите на международна конференция в Берген "Shopov- bands and other high- resolution stratigraphic information" (<http://www.karst.edu.cn/igcp/igcp379/1997/part2-1.htm>).

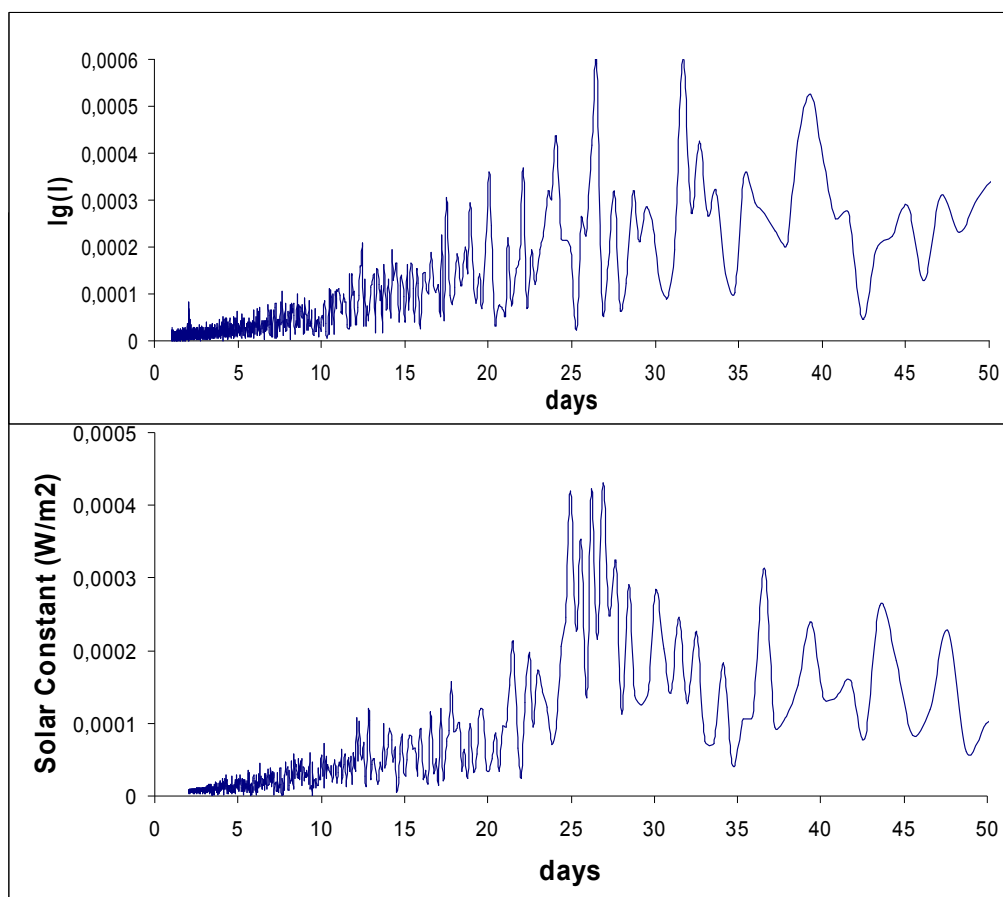
Отличителни и представляващи интерес експерименти:

Особен интерес представляват палеоклиматичните записи със свръхвисоко разрешение, които се измерват от лабораторията. Един от разработените от лабораторията методи (Лазерен луминесцентен микрозонален анализ) позволява лесно вариране на разрешението на получените записи, чрез вариране на увеличението на оптичната му система. С него са измерени реконструкции на вариациите на палеотемпературата и на слънчевата активност (точно инсолация) с рекордно високо разрешение (Фигура 17).

Изследванията на циклите във вариациите на слънчевата инсолация в запис на фиг. 17 показаха, че в него са записани дори измененията на слънчевото излъчване с период от 27 до 30 дена, които са предизвикани от въртенето на Слънцето около оста му (фиг. 18, горе). Циклите във вариациите на слънчевата инсолация в запис на фиг. 17 съвпадат с тези във вариациите на пълното слънчево излъчване (наречено “слънчева константа”) измерени от Космоса (фиг. 18).



Фигура 17 Луминесцентен запис на слънчевата инсолация преди около 1000 години в натечен калцит, с изключително високо разрешение (12 hours= 2px per day) по (Shopov & Stoykova, 2010).



Фигура 18 Циклите във вариациите на слънчевата инсолация в записа на фиг. 17 (горе) и на вариациите на слънчевата константа за последните 50 години (долу) по (Shopov & Stoykova, 2010).

Stoykova D. A., Y.Y. Shopov, L.T.Tsankov, C.J. Yonge (2008) Origin of the Climatic Cycles from Orbital to Sub-Annual. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, v. **70**, pp. 293–302

Shopov Y., D. Stoykova (2010) Cycles of the Solar Wind Flux at the Front of the Earth's Magnetosphere. *AIP Conf. Proc.* v. **1356**, pp. 192-203; doi:10.1063/1.3598105