

В. Н. Шелкопляс, С. К. Прилипко

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ВОЗРАСТА ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Розглядаються питання розрахунку відносного віку неоплейстоценових відкладів (в умов. од.), а також врахування впливу забарвлення відкладів на інтенсивність термовисвітлювання. Віковий індекс розраховується, виходячи із співвідношення інтенсивності термолюмінесценції і часу природної активації кварцу в породі.

The questions of calculating the relative age of Neopleistocene deposits in standard units are considered. Influence of colored rocks on the intensity of thermoluminescence is taken into account. Age index is calculated from the ratio of the intensity of thermoluminescence and time of activation of the natural quartz in the rocks.

Введение

Наличие термолюминесцентного (ТЛ) эффекта в лессовых породах, погребенных почвах, водно-ледниковых и озерных суглинках обусловлено действием фоновой радиации на кристаллическую решетку породообразующих минералов, в основном кварца. Наличие этого эффекта дает основание полагать, что интенсивность термовысвечивания (ТВ) может служить критерием для оценки времени вхождения кварца в состав плейстоценовых образований. Учитывая радиационное происхождение светосуммы, накопленной в лессовых породах и погребенных почвах, под их возрастом следует понимать продолжительность радиоактивации при неизменном содержании радиоактивных элементов.

ТЛ-эффект фиксируется в виде кривых ТВ (интенсивность/время) и рассчитывается по высоте либо по площади кривой. Однако одного только значения интенсивности ТЛ для решения задачи определения возраста недостаточно, поскольку величина термолюминесценции (ТЛ) может быть искажена за счет воздействия ряда факторов не возрастного характера, которые необходимо учитывать при определении величины возрастного показателя лессовых отложений, погребенных почв и других пород. Поэтому основная трудность в определении возраста плейстоценовых пород ТЛ-методом заключается в максимально точном исчислении некой величины (назовем ее возрастным показателем А), значение которого

будет прямо пропорционально времени образования исследуемых пород [2].

При определении возраста плейстоценовых пород ТЛ-методом можно использовать возрастную показатель, который находится по следующей формуле:

$$A_1 = \frac{I}{\alpha} \cdot K, \quad (1)$$

где I – фактически измеренная интенсивность ТЛ-образца; α – интенсивность альфа-компонента радиоактивного излучения; K – коэффициент, учитывающий прочие факторы.

Возраст антропогеновых отложений, определенный ТЛ-методом, можно выражать не только в абсолютных единицах – годах, но и в относительных единицах от современности до низов раннего неоплейстоцена в диапазоне от 0,1 до 1,0 усл. ед., что представляет собой соотношение значений природной ТЛ образца к показателю ТЛ после лабораторной рентгенизации.

Материалы и методы

Если проанализировать изменение интенсивности ТВ в сводной литолого-стратиграфической колонке плейстоценовых отложений (рис. 1), то можно сделать вывод, что увеличение интенсивности ТВ лессов и погребенных почв с возрастом имеет не линейный, а ступенчатый характер. Это обусловлено более низким, по сравнению с лессовыми горизонтами, значением интенсивности ТВ погребенных почв и повышенными ТЛ свойствами водно-ледниковых надморенных и подморенных суглинков.

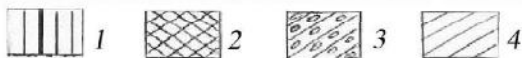
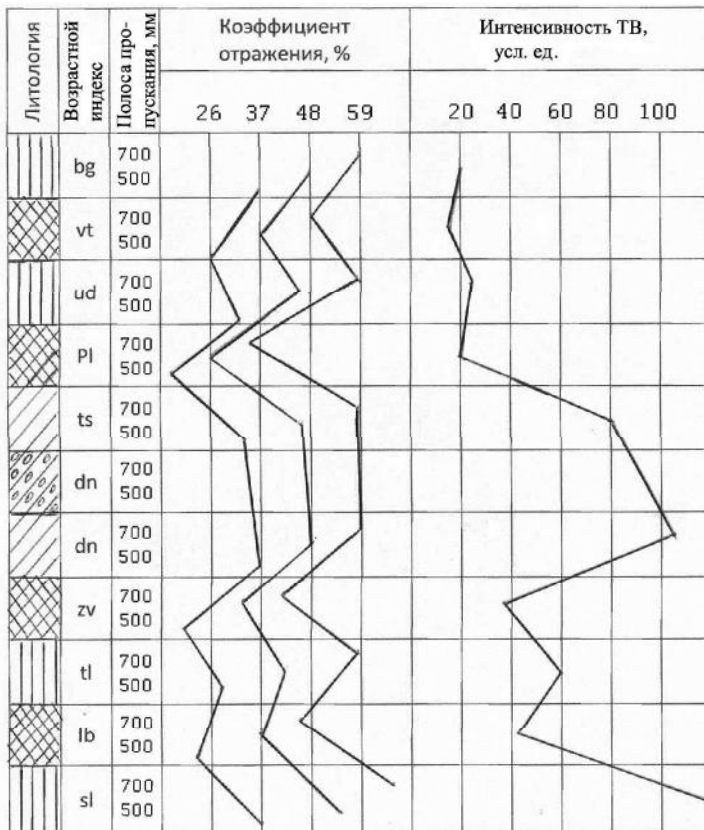


Рис. 1. Изменение интенсивности ТВ (усл. ед.) в зависимости от возраста неоплейстоценовых отложений
1 – лесс; 2 – почва; 3 – морена; 4 – суглинок

Что касается явления занижения интенсивности ТВ погребенных почв, по сравнению с лессовыми породами, то причина его заключается в более интенсивном поглощении фотонов света в процессе ТВ темноокрашенными образцами погребенных почв.

Для того чтобы убедиться в этом, был проделан следующий эксперимент. В образец лесса, обладающего значительной ТЛ (80 усл. ед.), было добавлено некоторое количество порошкообразного графита. Количество графита (не термолюминесцирующего минерала) подбиралось таким образом, чтобы после добавления и тщательного перемешивания образец по степени белизны соответствовал погребенной почве черноземного типа.

После снятия кривой ТВ у искусственно окрашенного образца оказалось (рис. 2), что интенсивность его ТВ уменьшилось на

15–17%. Таким образом, можно заключить, что интенсивность ТЛ лессовых пород и погребенных почв определенным образом зависит от их спектрофотометрических характеристик, обуславливающих величину светопоглощения в процессе ТВ. Поэтому при исследовании однородных во всех прочих отношениях, но различающихся по степени белизны и цвету образцов последний фактор следует обязательно учитывать.

Величину самопоглощения света ТЛ образцом мы считаем пропорциональной степени его белизны, а потерю света определяем из выражения (2) через так называемый коэффициент самопоглощения – С. Он применяется для подсчета величины самопоглощения света порошкообразными образцами.

$$C = \frac{2K}{1 - K^2}, \quad (2)$$

где С – коэффициент самопоглощения; К – коэффициент отражения.

Коэффициент С можно применять для более точного сопоставления интенсивности свечения образцов, имеющих различную спектрофотометрическую характеристику.

Определение значения величины К производили на фотометре ФМ-58, где в качестве эталонной отражающей поверхности использовалась баритовая пластинка. В связи с тем, что поверхность образцов, для которых измерялось отражение света, имеет различную цветовую характеристику, измерения выполняли последовательно через четыре светофильтра с максимумами пропускания, равными соответственно 400, 540, 582 и 807 мкм. За величину К принимали коэффициент отражения, полученный с использованием светофильтра с максимумом пропускания при 540 мкм. По цветовой характеристике светофильтр с данной полосой пропускания наиболее соответствовал цвету лессовых пород, и значение коэффициентов отражения по этому свето-

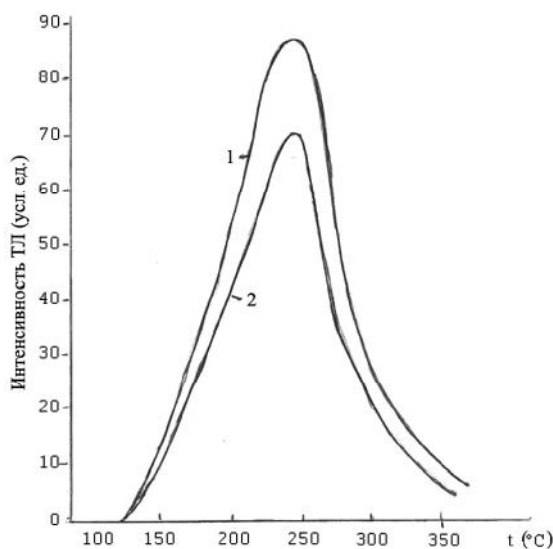


Рис. 2. Влияние окрашенности образца на ТВ (усл. ед.)

1 – природная ТЛ; 2 – ТЛ окрашенного образца

фильтру примерно совпадали с вычисленным средним значением его по всем четырем светофильтрам.

Изучение спектрофотометрических характеристик плейстоценовых отложений подтверждает выводы В. В. Добровольского [1] о том, что для четвертичных отложений типично неравномерное поглощение цветового спектра. В наибольшей степени поглощаются лучи коротковолновой его части, а в сторону более длинных волн поглощение света образцами почти линейно уменьшается.

Погребенные почвы более интенсивно поглощают фотоны света, по сравнению с лессами и водно-ледниковыми суглинками. Наиболее сильным поглощением света характеризуется прилукская погребенная почва, средняя величина коэффициента отражения которой составляет 24%. Наименьшей величиной поглощения обладают подморенные водно-ледниковые суглинки и нижнеплейстоценовые лессы, у которых коэффициенты отражения равны в среднем соответственно 51 и 55%. Результаты спектрофотометрических измерений антропогенных отложений приведены на рис. 1.

Если сопоставить графики изменения интенсивности ТЛ, приведенные к единице альфа-активности и степени белизны плейстоценовых отложений, отображенных в сводной литолого-стратиграфической колонке

(рис. 1), то можно сделать вывод, что поглощение света ТЛ в образцах и степень их белизны находятся в определенной зависимости, которая описывается выражением (2).

Точно учесть величину самопоглощения света ТЛ образцом весьма трудно по той причине, что различные породы и минералы обладают неравномерным поглощением цветового спектра. В зависимости от физических свойств, состава примесей, литологических особенностей образца и спектральной характеристики ТЛ самопоглощение света в процессе ТВ будет изменяться от образца к образцу.

Например, В. В. Добровольский [1] установил, что тонкодисперсная фракция плейстоценовых отложений довольно интенсивно поглощает фиолетово-синие цвета, в то время как у пылевой фракции поглощение света распределяется по спектру более равномерно. Поскольку кварц термолюминесцирует в области более коротких волн, то можно предположить, что самопоглощение света ТЛ плейстоценовых пород, помимо всего прочего, будет зависеть также от количественного содержания тонкодисперсной фракции в образцах. Кроме того, зерна кварца в лессовых породах иногда покрыты тонкой железистой пленкой, что также может увеличивать потерю света ТЛ.

Дискуссия

Из приведенных данных можно сделать вывод, что существенным фактором, определяющим величину самопоглощения образцом света ТЛ, является окраска и количество тонкодисперсных частиц в породе.

Таким образом, для получения сравнимых между собой результатов определения относительного возраста плейстоценовых пород ТЛ-методом необходимо пользоваться таким значением возрастного показателя А, в котором значение интенсивности ТЛ-образца, приведенное к единице радиоактивности (I/α), исправлено на величину коэффициента самопоглощения С.

Возраст антропогенных пород, определяемый ТЛ-методом, можно выражать не только в абсолютных единицах (годах), но и в относительных (усл. ед.) от современности 0,1 усл. ед. до раннего неоплейстоцена 1,0 усл. ед. В этом случае изменение сред-

Сводная литолого-стратиграфическая таблица возрастных индексов неоплейстоценовых отложений (усл. ед)

Характерной особенностью интенсивности светимости лессовых пород, погребенных почв и водно-ледниковых суглинков является то, что вариации интенсивности их ТЛ подчинены вполне определенной закономерности, проявляющейся в постепенном увеличении интенсивности ТЛ по разрезу от более молодых к более древним отложениям. Следует от-

№ п/п	Возрастной индекс	Описание	Относительный возраст, усл. ед.
1	hl	Голоценовые образования	0,0–0,1
2	Pç, df	Лесс причерноморский, дофиновская погребенная почва	0,1–0,24
3	bg	Лесс бугский	0,24–0,32
4	vt	Погребенная почва витачевская	0,32–0,36
5	ud	Лесс удайский	0,36–0,39
6	pl	Погребенная почва прилукская	0,39–0,45
7	ts	Лесс тясминский	0,45–0,52
8	kd	Погребенная почва кайдакская	0,52–0,61
9	dn	Лесс, суглинки днепровские	0,61–0,66
10	zv	Погребенная почва завадовская	0,66–0,81
11	tl	Лесс тилигульский	0,81–0,83
12	lb	Погребенная почва лубенская	0,83–0,89
13	(sl)	Лесс сульский	0,89–0,91
14	mr	Погребенная почва мартоношская	0,91–1,0

них значений возрастного показателя А, различных неоплейстоценовых пород в сводной литолого-стратиграфической колонке будет следующим (см. таблицу).

Определение относительного возраста лессовых пород различного генетического типа почв и водно-ледниковых суглинков проведено на основании расчета их возрастного индекса А, рассчитанного по значению интенсивности ТЛ, приведенной к единице альфа-активности, и коэффициента самопоглощения света ТЛ исследуемых образцов.

Близкие значения возрастных индексов образцов свидетельствуют об одновременности их образования, что позволяет находить возрастные аналоги среди горизонтов пород, расположенных в обнажениях из других регионов, т. е. коррелировать эти горизонты.

Проведение подобной корреляции облегчается тем, что основным породообразующим минералом исследуемых образцов является кварц, который за время своего пребывания в составе исследуемой породы на протяжении плейстоцена не подвергался воздействию таких факторов, как нагревание до высоких температур, динамического напряжения, ультрафиолетового облучения, которые могли бы существенно изменить накопившуюся возрастную светосумму либо каким-то образом повлиять на ТВ и соответственно на интенсивность ТЛ.

метить, что интенсивность ТЛ лессовых пород, как правило, превышает интенсивность светимости погребенных почв, что обусловлено большим коэффициентом самопоглощения света у погребенных почв. Возрастные показатели для неоплейстоценовых отложений (усл. ед.) составляют 0,1–0,32 для верхнеплейстоценовых, 0,33–0,54 для среднеплейстоценовых и от 0,55 до 1,0 для нижнеплейстоценовых пород.

Современные почвы не обнаруживают ТЛ свойств, если образцы отбирали вблизи дневной поверхности либо из гумуссированного слоя.

Как отмечалось, интенсивность ТВ возрастает по разрезу от более молодых к более древним отложениям. Исключением являются надморенные и водно-ледниковые суглинки, интенсивность ТВ которых резко отличается повышенной светимостью, во многих случаях значительно превышающей светимость более древних пород. Как указывалось выше, меньшую интенсивность ТВ демонстрируют погребенные почвы. Также пониженную светимость, по сравнению с перекрывающими их лессовыми породами, демонстрируют красно-бурые и бурые суглинки, возрастной показатель которых превышает 1,0 усл. ед.

В отличие от пород лессовой формации, в изменении интенсивности ТВ в песчаных горизонтах возрастной закономерности не наблюдается.

ТЛ-эффектом обладают также различные эпигенетические образования из плейстоценовых отложений: карбонатные и гипсовые конкреции, журавчики, раковины моллюсков и т. п. Морфология кривых ТВ этих образований довольно специфична и отличается от морфологии кривых лессовых пород и погребенных почв.

Выводы

Несмотря на значительную изменчивость величины ТЛ у лессовых пород, погребенных почв и водно-ледниковых суглинков, присутствие на кривых ТВ большинства из них температурного максимума при 230°C указывает на общую природу ТЛ всех рассмотренных выше образований. Наличие закономерности, проявляющейся в возрастании по мере увеличения глубины залегания интенсивности ТЛ лессовых пород, погребенных почв и водно-ледниковых суглинков, дает возможность коррелировать отдельные стратиграфические горизонты по величине возрастного показателя в усл. ед.

На протяжении антропогенного периода представляется возможным выделить несколько циклов осадконакопления, для которых характерен определенный тип отложений.

Позднелепестовые отложения в пределах Украины представлены причерноморским, дофиновским, бугским, витачевским, удайским и прилукским горизонтами. Для всех этих горизонтов по образцам из различных опорных разрезов рассчитаны возрастные показатели в усл. ед. Так, для причерноморского лесса и дофиновского климатолита Рс – df средний возрастной показатель – 0,2 усл. ед., для бугского лесса bg – 0,24–0,32 усл. ед., для витачевской погребенной почвы vt – 0,32–0,36 усл. ед.,

для удайского лесса ud – 0,36–0,39 усл. ед. Прилукская погребенная почва PI – 0,39–0,45 усл. ед.

Среднелепестовые отложения включают тяминский, кайдакский, днепровский климатолиты. Тяминский лесс ts имеет возрастной показатель 0,45–0,52 усл. ед., кайдакская погребенная почва kd – 0,52–0,66 усл. ед., днепровские суглинки dn – 0,61–0,66 усл. ед., завадовский почвенный комплекс zv – 0,66–0,81 усл. ед.

Раннелепестовые отложения представлены тилигульским, лубенским, сульским и мартоношским климатолитами. Тилигульский лесс tl имеет возрастной индекс 0,81–0,83 усл. ед., лубенская погребенная почва lb – 0,83–0,89 усл. ед., сульский лесс sl – 0,89–0,91 усл. ед., мартоношская погребенная почва mg – 0,91–1,0 усл. ед. Приазовский горизонт лесса, который мы относим к верхнему эоплейстоцену, характеризуется наибольшим возрастным индексом Pz – 1,0–1,3 усл. ед.

Таким образом, на основании величины возрастного индекса, который закономерно увеличивается от молодых к более древним отложениям, можно определять возраст пород по отношению к выше и ниже залегающим горизонтам. Это дает возможность проводить межрегиональную корреляцию плейстоценовых отложений.

1. Добровольский В. В. Гипергенез четвертичного периода. – М.: Наука, 1965. – 156 с.
2. Морозов Г. В. Определение относительного возраста антропогенных отложений Украины термолюминесцентным методом. – Киев: Наук. думка. – 1969. – 156 с.

Ин-т геол. наук НАН Украины,
Киев
E-mail: geoj@bigmir.net

Статья поступила
18.08.10