

*А. О. Сизикова, В. С. Зыкина*

# **Лессы верхнего плейстоцена опорного разреза Ложок (юг Западной Сибири), динамика природной среды и климата\***

*A.O. Sizikova, V.S. Zykina*

## **Late Pleistocene Loess Layers of Key Section Lozhok (South of West Siberia), Environment and Climate Dynamics**

Приводятся результаты комплексных исследований верхнеплейстоценовых лессовых отложений стратотипического разреза Ложок лессово-почвенной последовательности Новосибирского Приобья. Детально рассмотрены данные гранулометрического анализа, свидетельствующие об интенсификации активности природной среды позднего плейстоцена к последнему оледенению. Показано, что вывод о большей активности аккумуляции лессов в баганское время подтверждается и расчетами средних скоростей лессонакопления.

**Ключевые слова:** лесс, поздний плейстоцен, палеогеография, климат, гранулометрический анализ, юг Западной Сибири, скорость осадконакопления.

DOI 10.14258/izvasu(2013)3.2-28

### **Введение**

В связи с повышенным в последнее время интересом к проблеме изменения климата во всем мире проводятся всесторонние исследования, направленные на улучшение понимания действия и причин этих изменений. Лессово-почвенная последовательность является наиболее полной и детальной континентальной записью климата, отражающей глобальные и региональные изменения природной среды в прошлом [1; 2]. Хорошее соответствие лессовой записи с изотопной кривой [1–3], так же как и с данными ледовых кернов Гренландии и Антарктики [1; 3; 4], подтверждает, что климатические сигналы, записанные в лессах, определяются не только региональными условиями, но имеют и глобальное климатическое значение.

Разрез находится в карьере, расположенном на правом берегу р. Оби, близ г. Искитима, в верхней части западного склона к долине р. Шипунихи, в 1,5 км западнее ст. Ложок, справа от федеральной трассы М-52. Разрез Ложок впервые изучен И. А. Волковым [5] и выделен им в качестве стратотипа для верхнеплейстоценовых отложений лессово-почвенной последовательности Новосибирского Приобья. Позже разрез

The results of complex study of Late Pleistocene loess deposits of key section Lozhok of loess-soil sequence of Novosibirsk Ob' region are presented in the paper. Grain-size distribution data is considered. It evidenced about the intensification of environmental dynamics to the Last Glaciation. It is showed that the conclusion about greater accumulation loess activity during the Bagan time is confirmed also by loess accumulation rate calculations.

**Key words:** loess, Late Pleistocene, paleogeography, grain-size analyses, climate, micromorphology, south of West Siberia, sedimentation rate.

детально исследовался В. С. Зыкиной и другими [6], особое внимание было уделено погребенным почвам верхнего плейстоцена, лессовые горизонты же рассматривались в качестве материнских пород палеопочв. Цель данного исследования — получение достоверной информации о природной среде в течение холодных эпох последних 130 000 лет.

### **Стратиграфия**

Структура верхнеплейстоценовой лессово-почвенной толщи южной части Западной Сибири показывает периодичность условий почвообразования и лессонакопления, связанных с изменением влажности и температуры. Она состоит из трех горизонтов лессов (баганский, ельцовский, тулинский) и двух педокомплексов (искитимский, бердский) (рис. 1).

*Баганский лесс* выделен в составе сартанского горизонта и соответствует МИС-2. В разрезе Ложок он залегает непосредственно под голоценовым почвенным покровом (МИС-1) на глубине 0,9–2,0 м. В стратиграфической схеме субаэральные отложения Западной Сибири под ним располагается суминская почва, которая в изученном разрезе отсутствует, поэтому баганский лесс лежит непосредственно на ель-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты №12-05-31414-мол\_а, №13-05-00599).

цовском лессе (рис. 1). За верхний предел формирования баганского лесса принимается верхняя граница МИС-2 изотопно-кислородной шкалы глубоководных отложений Мирового океана, которая проводится на рубеже 11 тыс. лет назад [7]. По костям мамонта, залегающим на поверхности суминской почвы в разрезе палеолитической стоянки древнего человека Волчья Грива (Новосибирская область), получена радиоуглеродная дата  $14,2 \pm 0,15$  тыс. лет назад (СОАН-78) [8]. Следовательно, можно считать, что баганский лесс накапливался в период с 14,2 до 11 тыс. лет назад (рис. 3). *Ельцовский лесс* формировался в первую половину сартанского оледенения, его нижняя граница коррелируется с нижней границей МИС-2 [3], которая проведена на уровне 24 тыс. лет назад [7]. Горизонт ельцовского лесса лежит на образованиях каргинского интерстадиала (МИС-3), представленных нижней и верхней искитимской почвами (рис. 1). На территории Новосибирского Приобья на междуречье Шипунихи и Койнихи верхняя искитимская почва имеет даты  $19,4 \pm 0,8$  тыс. лет назад (СОАН-164) и  $21,7 \pm 0,9$  тыс. лет назад (СОАН-12),

характеризующие время ее вторичных изменений [8]. В котловине оз. Аксор (Казахстан) изучена ископаемая почва, являющаяся аналогом суминской почвы [9]. Из гумусового горизонта получена дата  $16210 \pm 85$  лет назад. Следовательно, учитывая имеющиеся даты, можно считать, что начало формирования ельцовского лесса — 21,7 тыс. лет назад, а завершение — 18 тыс. лет назад (рис. 3). Глубина залегания в разрезе 2,0–2,85 м. *Тулинский лесс* соответствует МИС-4 и перекрыт отложениями искитимского педокомплекса (МИС-3). Ниже находится бердский педокомплекс, коррелируемый с МИС-5 и объединяющий почвенные образования и субаэральные отложения казанцевского межледникового (рис. 1). МИС-4 оценивается временным интервалом 57–71 тыс. лет назад [7]. В Средней Сибири начало формирования чанинского лесса, являющегося аналогом тулинского, приходится на  $68 \pm 8$  тыс. лет назад, а его кровля датируется  $53 \pm 4$  тыс. лет назад [10]. Следовательно, накопление тулинского лесса происходило в период 68–53 тыс. лет назад (рис. 3). В разрезе залегает на глубине 3,4–5,35 м.

Раздел	Возраст (т.л.н.)	Ледниковые и межледниковые горизонты	Комплексы млекопитающих	$^{14}\text{C}$ даты (т.л.н.)	TL даты (т.л.н.)	Палеомагнитная шкала	Изотопные стадии	Лессово-почвенная последовательность Западной Сибири (пк-педокомплекс)
Голоцен							1	Современный ПК (h1)
Верхнее	10,2	Сартанский	Фауна среднего и позднего плейстоцена				2	Баганский лёсс (bg) Суминская почва (sm) Ельцовский лёсс (el)
		Каргинский					3	Искитимский ПК (is1-2)
		Ермаковский					4	Тулинский лёсс (tl)
		Казанцевский					5	Бердский ПК (bn-2)
	130	Тазовский					6	Сузунский лёсс (sz)
		Гумусовый горизонт почвы						
		Криогенные образования						
		Лессы						

Рис. 1. Стратиграфическая схема лессово-почвенной последовательности неоплейстоцена юга Западной Сибири

### *Гранулометрический состав*

Гранулометрический состав лессовых отложений является одной из наиболее важных характеристик. Независимо от области их распространения он относительно постоянен и колеблется от глины до тонкозернистого песка, редко встречается мелко- и среднезернистый песок [11]. Преобладающей фракцией является крупный алеврит (пыль), что часто считается одним из диагностических признаков лессовых отложений [11; 12]. Изменение распределения гранулометрического состава позволяет получить информацию о характере и динамике среды, в которой происходило накопление осадка.

В лессах присутствуют скоагулированные глинисто-карбонатные новообразования, которые при отсутствии тщательной пробоподготовки перед измерениями приводят к заниженному содержанию глинистой фракции и соответственно повышенному содержанию крупных фракций. Следовательно, для определения первичного гранулометрического состава необходимо перед измерениями растворять карбонатные новообразования.

Гранулометрический состав определялся на лазерном измерителе размера частиц Fritsch Analysette 22, отбор образцов проводился с интервалом 5 см. Перед измерением образцы подвергались пробоподготовке согласно Konert и Vandenberghe [13]. Для характеристики гранулометрического состава в качестве наиболее показательных фракций выбраны фракция крупной пыли и глины, а также медиана зерна. Помимо стандартных характеристик использован коэффициент U-ratio, свидетельствующий о силе ветрового потока [14; 15], и фракция >16 мкм, оба параметра исключают из себя глину, что позволяет отразить непосредственно сам процесс седиментации без влияния вторичных процессов [16].

*Баганский лесс (bg)* представлен суглинком желтовато-серого цвета. Содержание фракции крупной пыли колеблется от 43,3% в верхней части горизонта до 58,7% в средней его части (рис. 2а). Распределение крупной пыли по данному горизонту равномерное, отмечается незначительное увеличение ее количества от основания горизонта к его верхней части. Количество глинистой фракции постепенно увеличивается от 6% внизу горизонта до 15,5% к его верхней части (рис. 2б). Максимальное содержание суммарной фракции >16 мкм — 60,3%, минимальное — 43,4% (в верхней части горизонта) (рис. 2в). Значения коэффициента U-ratio находятся в интервале от 1,3 до 2,6 (рис. 2г). Медиана зерна варьирует от 12,7 до 22,6 мкм (рис. 2д). В горизонте практически отсутствует песок, лишь фракция тонкозернистого песка иногда достигает 1,2%.

*Ельцовский лесс (el)* — коричневатый суглинок. Фракция крупной пыли в целом содержится в меньшем количестве по сравнению с баганским

лессом, максимальное ее значение достигает 47,4%, а минимальное — 36,9% (рис. 2а). Отмечается отчетливая тенденция увеличения ее содержания от основания горизонта к его верхней части. Содержание глинистой фракции колеблется в пределах интервала 5,9–19,5% (рис. 2б). Количество фракции >16 мкм увеличивается от 36,9% в нижней части горизонта до 49,4% в верхней части слоя (рис. 2в). U-ratio варьирует от 1,0 до 2,3 (рис. 2г). Медиана зерна заметно уменьшается от 15,6 мкм до 10 мкм к подошве горизонта (рис. 2д). Содержание тонкопесчаной фракции редко достигает 0,8%, более крупнозернистые фракции песка отсутствуют.

*Тулинский лесс (tl)* — суглинок желтовато-серого цвета. Отмечается высокое содержание фракции крупной пыли от 42,5% до 54,2%, которое падает к основанию горизонта до 26,5% (рис. 2а). Количество глинистой фракции изменяется от 6,6% до 14%, максимальное содержание 16,5% отмечается в средней части горизонта (рис. 2б). Фракция >16 мкм варьирует в пределах 26,5–55,4 мкм (рис. 2в). Коэффициент U-ratio постепенно увеличивается в этом же направлении с 1 до 2,4 (рис. 2г). Медиана зерна увеличивается от основания горизонта с 9,8 мкм до 20 мкм в верхней части слоя (рис. 2д). Фракции песка практически отсутствуют — единично встречается тонкозернистый песок до 0,4%.

Результаты гранулометрического анализа изученных отложений показали, что преобладающей фракцией является крупная пыль. Распределение фракции крупной пыли и медианы зерна увеличивается от тулинского лесса (МИС-4) к баганскому (МИС-2). Это свидетельствует об усилении активности динамики среды в течение позднего плейстоцена. Сила ветрового потока, о которой свидетельствует коэффициент U-ratio, также подтверждает интенсификацию среды. В теплые периоды превалировала седиментация фракции <16 мкм, в то время как осадконакопление в холодные периоды показывает преобладание фракции >16 мкм. По этой причине фракция >16 мкм может использоваться в качестве индикатора палеоклимата для лессовых горизонтов, т. е. для периодов сильного похолодания. Крупные фракции связаны с активной средой, для которой типичны холодные аридные условия и сильные ветра, а мелкозернистый материал соответствует низкой энергии осаждения в теплых условиях.

### *Средние скорости осадконакопления*

Средние скорости лессонакопления в позднем плейстоцене для разреза Ложок определялись как отношение мощности лесса в разрезе к интервалу времени его формирования. Возрастные интервалы оценивались на основании имеющихся в литературе дат из разрезов Новосибирского Приобья и термoluminescentных дат по лессово-почвенной последовательности Средней Сибири. Наиболее полным разрезом,

вскрывающим верхнелепесточные субэдральные отложения Средней Сибири, является разрез Куртак. Горизонты этого разреза продатированы радиоуглеродным и термолуминесцентным методами [10; 17]. Отложения лессовой толщи Средней Сибири сопоставлены с одновозрастными горизонтами лессов и педокомплексов юга Западной Сибири [3]. Помимо этого существует сопоставление лессово-почвенной

последовательности юга Западной Сибири со стадиями изотопно-кислородной шкалы глубоководных отложений Мирового океана [1; 3], согласно которому лессы отчетливо соответствуют четным холодным стадиям. Таким образом, имея абсолютные датировки времени начала и завершения лессонакопления и мощности горизонтов, можно вычислить среднюю скорость осадконакопления.

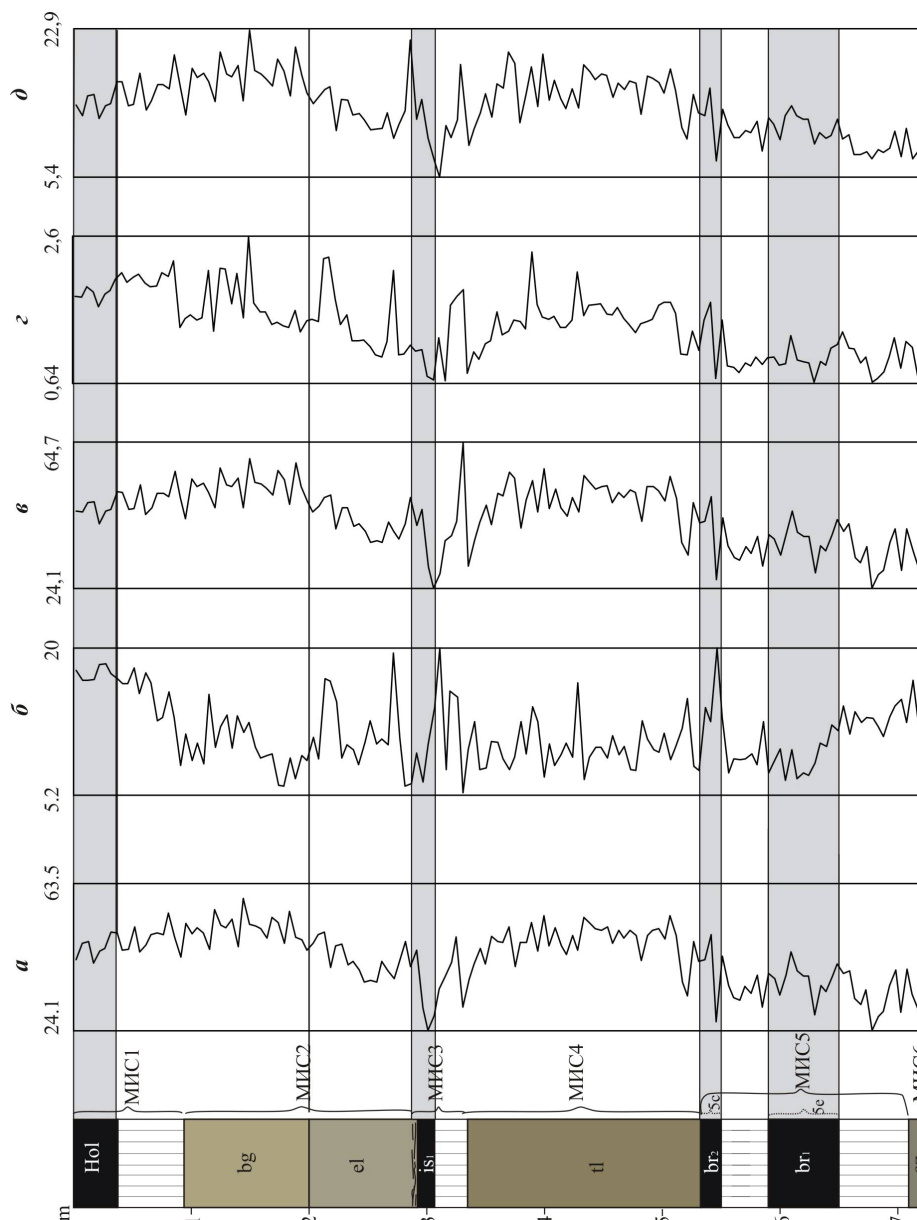


Рис. 2. Распределение по разрезу Ложок крупнопылевой (а) и глинистой (б) фракций, фракции >16 мкм (в), показателя U-ratio (г) и среднего размера зерна (д)

Крупнопылевая фракция — 16–63 мкм, глинистая фракция — < 2 мкм, U-ratio= — 5,5–16 мкм/16–44 мкм

В результате расчетов установлено, что средняя скорость лессонакопления для баганского горизонта составляет 0,34 мм/год (рис. 3), для ельцовского — 0,23 мм/год (рис. 3), а в тулинскую эпоху лессообразования форми-

рование осадка происходило со скоростью 0,13 мм/год (рис. 3). Анализ полученных данных позволяет отметить увеличение скорости лессонакопления от тулинского горизонта к баганскому (рис. 3). Данные о большей скоро-

сти накопления осадка в баганскую эпоху лессообразования хорошо согласуются и с данными морфоскопии, морфометрии, гранулометрии. Подобные расчеты скоростей проводились, к примеру, для лессово-почвен-

ных разрезов Южного Таджикистана [18], Восточной Европы [19], Европы [20], Китая [15; 21]. Согласно этим расчетам скорость осадконакопления также возрастала к позднеледниковью.

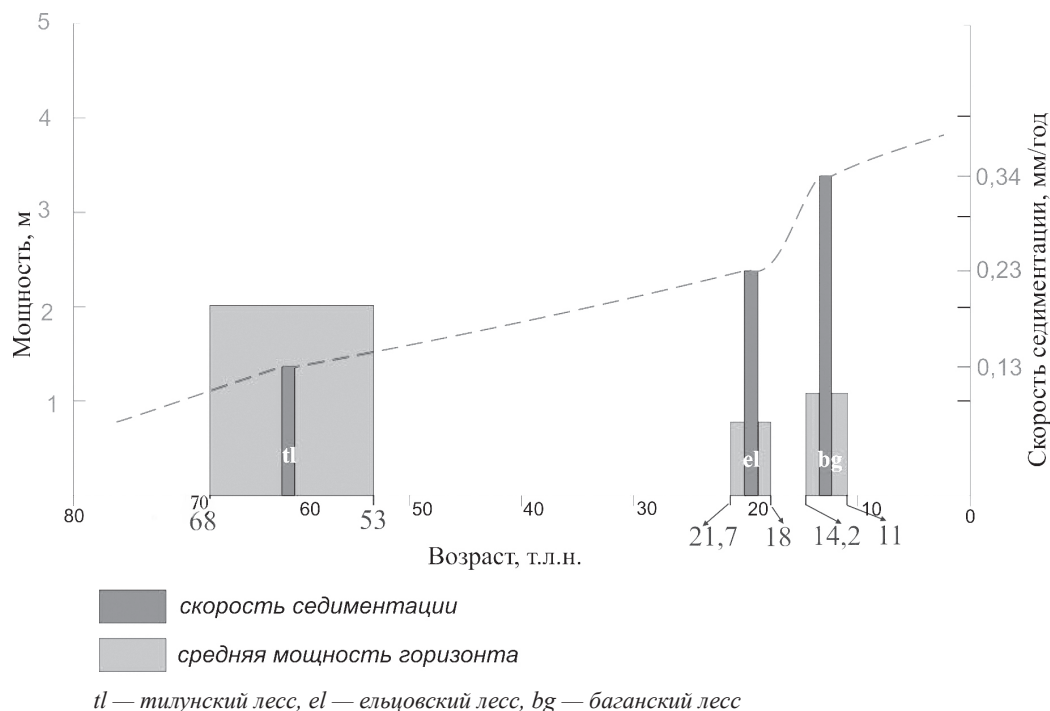


Рис. 3. Средние скорости лессонакопления в позднем плейстоцене для разреза Ложок

### Заключение

Три горизонта лессов верхнего плейстоцена являются субаэральными образованиями, в гранулометрическом составе которых преобладает фракция крупной пыли. Распределение крупной пыли и медианы зерна свидетельствует об усилении активности динамики среды от тулинской эпохи лессонакопления к баганской.

Сила ветрового потока, о которой позволяет судить отношение U-ratio, также подтверждает интенсификацию среды в это время. Скорость лессонакопления возрастала в течение позднего плейстоцена. По-видимому, в сартанское время были максимально холодные и сухие обстановки, которые являлись благоприятными условиями для широкого развития эоловых процессов.

## Библиографический список

1. Добрецов Н.Л., Зыкин В.С., Зыкина В.С. Структура лессово-почвенной последовательности плейстоцена Западной Сибири и ее сопоставление с Байкальской и глобальными летописями изменения климата // ДАН. — 2003. — Т. 391, № 6.
2. Зыкина В.С., Зыкин В.С. Лессово-почвенная последовательность и эволюция природной среды и климата Западной Сибири в плейстоцене. — Новосибирск, 2012.
3. Kukla G., Loess Stratigraphy in Central China. Quaternary Science Reviews. — 1987. — Vol. 6, 191.
4. Porter X., An Z. Correlation Between Climate Events in the North Atlantic and China During the Last Glaciation. // Nature. — 1995. — Vol. 375.
5. Волков И. А. Позднечетвертичная субаэральная формация. — М., 1971.
6. Зыкина В.С., Волков И. А., Дергачева М.И. Верхне-четвертичные отложения и ископаемые почвы Новосибирского Приобья. — М., 1981.
7. Bassinot F.C., Labeyrie L.D., Vincent E., Quidelleur X., Shackleton N.J., Lancelot Y. The Astronomical Theory of Climate and the Age of the Brunhes-Matuyama Magnetic Reversal // Earth and Planetary Science Letters. — 1994. — Vol. 126.
8. Волков И. А. Палеогеографическое значение некоторых радиоуглеродных датировок на юге Западной Сибири // Геол. и геофиз. — 1973. — № 2.

9. Зыкин В. С., Зыкина В. С., Орлова Л. А. Реконструкция изменений природной среды и климата позднего плейстоцена на юге Западной Сибири по отложениям котловины озера Аксор // Археология, этнография и антропология Евразии. — 2002. — № 4.
10. Zander A., Frechen M., Zykina V., Boenigk W. Luminescence Chronology of the Upper Pleistocene Loess Record at Kurtak in Middle Siberia // Quaternary Science Reviews. — 2003. — V. 22.
11. Кригер Н. И. Лесс, его свойства и связь с географической средой. — М., 1965.
12. Лысенко М. П. О влиянии карбонатных солей на состав и свойства лессовых пород // Вестник ЛГУ. — 1962. — № 18.
13. Konert M. and Vandenberghe J. Comparison of Laser Grain Size Analysis with Pipette and Sieve Analysis: a Solution for the Underestimation of the Clay Fraction. // Sedimentology 1997. 44.
14. Vandenberghe J., Palaeoenvironment and Stratigraphy During Last Glacial in the Belgian-Dutch Border Region. // Quaternary Research, — 1985. — Vol. 24.
15. Nugteren G., Vandenberghe J., Van Huissteden J., Zhizheng A. A Quaternary Climate Record Based on Grain Size Analysis from the Luochuan Loess Section on the Central Loess Plateau, China // Global and Planetary Change 2004. 41.
16. Vandenberghe J., Nugteren G. 2001. Rapid Climatic Changes Recorded in Loess Successions. Global and Planetary Change 28.
17. Frechen M., Zander A., Zykina V., Boenigk W. The loess record from the section at Kurtak in Middle Siberia // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. — 2005. — Vol. 228.
18. Додонов А. Е. Четвертичный период Средней Азии. М., 2002.
19. Bokhorst M., Last Glacial Climate Variability in Eastern and Central Europe as Recorded in Loess Deposits. // PhD Dissertation, VU University Amsterdam. 2009.
20. Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет : атлас-монография / под ред. И. П. Герасимова, А. А. Велличко. — М., 1982.
21. Prins M. A., Vriend M., Nugteren G., Vandenberghe J., Lu H., Zheng H., Weltje G. J. Late Quaternary Dust Input Variability on the Chinese Loess Plateau: Inferences from Unmixing of Loess Grain-size Records // Quaternary Science Reviews. 2007.