

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОГРЕБЕННЫХ  
ГОЛОЦЕНОВЫХ ПОЧВ СТЕПЕЙ ПРИВОЛЖСКОЙ  
ВОЗВЫШЕННОСТИ****П. И. Калинин, А. О. Алексеев***Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Россия*

Изучен химический состав серии разновозрастных палеопочв археологических памятников. Рассмотрена возможность применения геохимических коэффициентов для реконструкции природной среды и древних условий почвообразования. Выявлены циклические изменения почв, обусловленные вековой динамикой климата.

**Ключевые слова:** палеопочва, геохимический коэффициент, динамика климата, реконструкция.

The article is devoted to studying chemical composition of series of all-aged paleosoils of archeological monuments. Considerations are made in regard to the opportunity of applying geochemical coefficients for reconstruction of natural environment and ancient conditions of soil formation. Cyclic soil changes resulting from the century climate dynamic have been found.

**Key words:** paleosoil, geochemical coefficient, climate dynamics, reconstruction

Полнота и достоверность палеогеографических реконструкций определяется прежде всего объектами исследования, среди которых весьма репрезентативными многими авторами признаны палеопочвы археологических памятников, в частности курганов, древних поселений, городищ и др. Разновозрастные подкурганные палеопочвы являются надежными индикаторами вековой изменчивости природных условий. Сравнительные изучения археологических памятников, захороненных в различных исторических эпохах и в различных природных зонах, а также изменчивости минералогических свойств почв в зависимости от условий природной среды и типа почвообразования, позволяют проследить пространственную и временную динамику окружающей среды, особенно климата. В качестве примера можно сослаться на обширную информацию по эволюции почв и природной среды степной полосы Евразии полученную на протяжении последних десятилетий при почвенно-археологических исследованиях [1, 2, 3, 4, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 24, 28, 33]

В последнее время при проведении палеогеографических реконструкций природной среды, геохимического анализа современных и древних условий почвообразования и осадконакопления,

идентификации свойств почв, унаследованных от предшествующих этапов ее эволюционного развития, стали применяться различные геохимические коэффициенты – отношения макро- и микроэлементов. [22, 30, 31, 36]. Эти исследования, дополненные различными петрофизическими и минералогическими данными, позволяют обнаруживать изменения в свойствах различных отложений.

Объектами изучения нами были выбраны современные фоновые каштановые почвы и голоценовые палеопочвы археологических памятников (курганные могильники «Авиловский-1» и «Авиловский-2»). Исследованный педохроноряд включает палеопочвы, развитые в регионе ~5100, ~4900, ~4000, ~1900, ~1750, ~700 лет назад. Время создания курганных насыпей, а следовательно, погребения палеопочв, определялось на основе существующей хронологии и периодизации археологических культур.

В почвенно-географическом отношении район исследований расположен в зоне сухих и пустынных степей с зональным типом каштановых почв и приурочен к южной части Приволжской возвышенности (Доно-Медведицкая гряда). Климат исследуемого региона характеризуется значительной континентальностью [10]. Среднегодовая норма атмосферных осадков составляет около 350 мм, коэффициент увлажнения колеблется в пределах

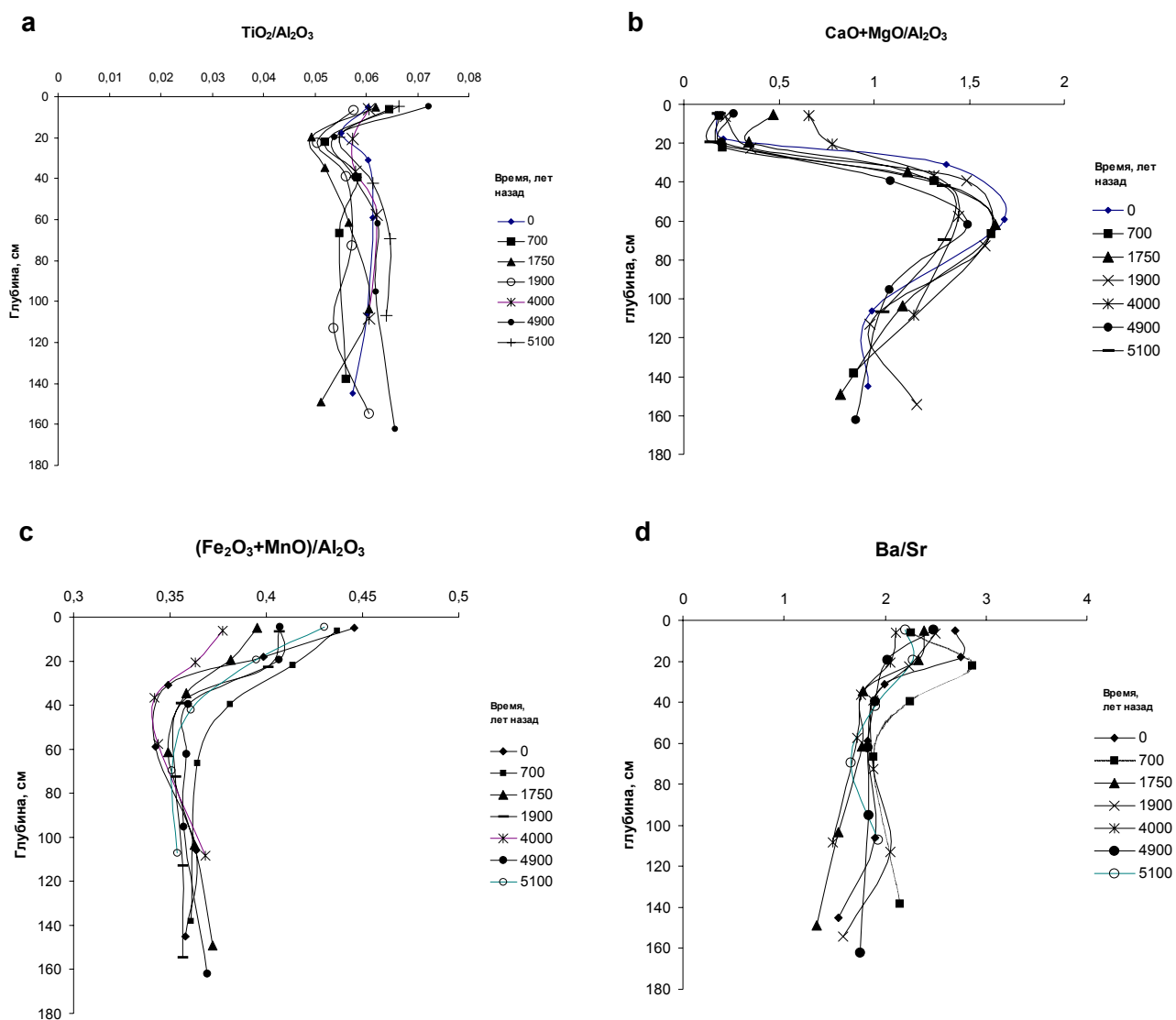


Рис. 1. Распределение значений коэффициентов  $TiO_2/Al_2O_3$ ,  $(CaO+MgO)/Al_2O_3$ ,  $(Fe_2O_3+MnO)/Al_2O_3$ ,  $Ba/Sr$  в профилях разновозрастных палеопочв

0,5-0,8. Среднегодовая температура воздуха составляет  $7^{\circ}C$ . Средняя температура января -  $10^{\circ}C$ , июля -  $24^{\circ}C$ .

Курганные группы расположены в низовьях долины р. Иловля (левый приток р. Дон), на первой надпойменной террасе правого берега, в 1 км к западу от с. Авилов. Терраса хорошо выражена в рельефе, имеет четкий уступ высотой 5-10 м над урезом воды (40 м), абсолютные отметки поверхности составляют 50-85 м. Почвообразующими породами преимущественно являются покровные лессовидные суглинки и мелкозернистые пески аллювиального происхождения. Аккумулятивная терраса оценивается поздчетвертичным возрастом, ее формирование связывают с хвалынской трансгрессией Каспийского моря 13-15 тыс. лет назад [29]. В почвенном покрове преобладают каш-

тановые солонцеватые в различной степени засоленные почвы.

Измерения концентраций макро- и микроэлементов в почвах осуществлялись на рентгеновском аппарате «СПЕКТРОСКАН МАКС – GV» по методике измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенфлуорисцентного анализа. Количественные калибровки производились с помощью комплекта Государственных стандартных образцов состава почвы: 1) чернозема типичного (комплект СЧТ); 2) дерново-подзолистой супесчаной почвы (комплект СДПС); 3) красноземной почвы (комплект СКР); 4) почвы серозема карбонатного (комплект ССК).

По литературным данным основными геохимическими показателями, используемыми для ре-

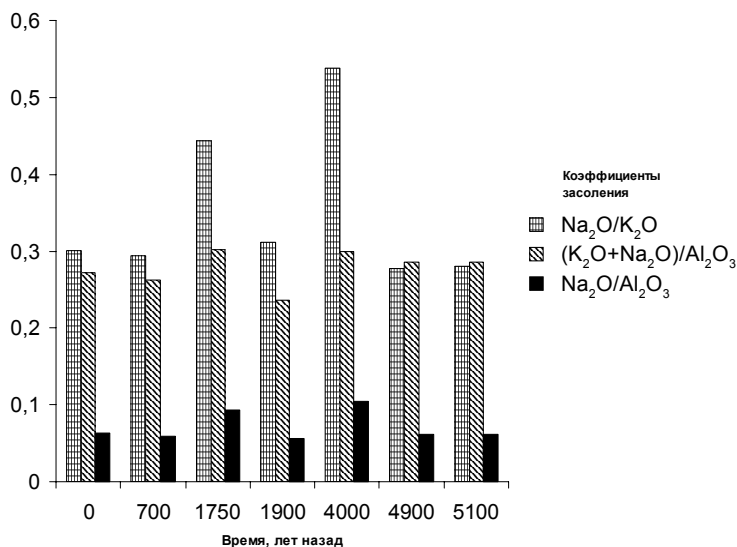


Рис. 2. Распределение значений коэффициентов засоления в горизонтах А разновозрастных палеопочв

конструкций условий почвообразования и осадко-накопления, являются следующие.

1) Коэффициенты выветривания:

–  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{MgO})$ . Представляет отношение  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (глинистая составляющая), к основным катионам, выносимым в почвенные растворы [36];

–  $\text{Rb}/\text{Sr}$ . Предложен на основании разницы в устойчивости различных минералов к выветриванию, а именно слюд и КПШ, с которыми в ассоциации находится Rb, и карбонатов, с которыми ассоциирует Sr [31].

2)  $\text{Ba}/\text{Sr}$ . Ba находится в ассоциации с КПШ и выносятся из почв слабее Sr, который ассоциирует с карбонатами [26]. Коэффициент может характеризовать гидротермические условия осадконакопления, в частности, процесс выщелачивания [22, 36].

3)  $(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MnO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ . Характеризует степень окисления почвенного материала [36].

4)  $(\text{CaO} + \text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ . Отражает накопление почвенного кальцита и доломита [36].

5)  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ ,  $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ . Характеризуют поведение легкорастворимых солей в профиле почвы [36].

6)  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ . Позволяют оценить степень однородности материала [11, 32].

Коэффициент  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  позволяет оценить однородность почвообразующих пород и определить наличие привноса вторичного материала (рис. 1а). Из графика видно, что почвы являются идентичными (и литологически однородными), сформированными на одной материнской породе.

Также не отмечается поступление вторичного материала на этапах почвообразования.

По показателям, характеризующим поведение легкорастворимых солей  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ ,  $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ , наблюдается резкое увеличение степени засоления на этапах в 4000 и 1750 лет назад (рис. 2). В эти же периоды отмечается накопление почвенных карбонатов (рис. 1б), уменьшение степени окисления почвенного материала (рис. 1с) и минимальные содержания  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{MnO}$  (рис. 3). Коэффициент выветривания  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{MgO})$  также показывает уменьшение значений от 5100 к 4000 лет назад, где отмечается минимум развития процессов выветривания (рис. 4а). Второй минимум приходится на период в 1750 лет назад. В процессе гидротермического выветривания идет разрушения легкорастворимых минералов в результате реакций гидролиза и последующим выносом  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$  которые являются основными катионами, выносимыми в почвенные растворы. Максимальные значения отмечаются 700 лет назад и на современном этапе. Также высокие значения характерны для рубежа в 5100 лет, что вероятно связано с относительно высокой увлажненностью в этот период и связанного с этим низкого содержания карбонатов в профиле, о чем свидетельствуют показатели коэффициента  $(\text{CaO} + \text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Из профильного распределения отношения  $\text{Rb}/\text{Sr}$  также видно, что наибольшая интенсивность гидротермического выветривания отмечалась на этапах в 700 лет назад и современную эпоху, минимум приходится на рубеж в 4000 лет (рис. 4б).

В эти же периоды (0 и 700 лет назад) на исследуемой территории стали интенсивно проявлять-

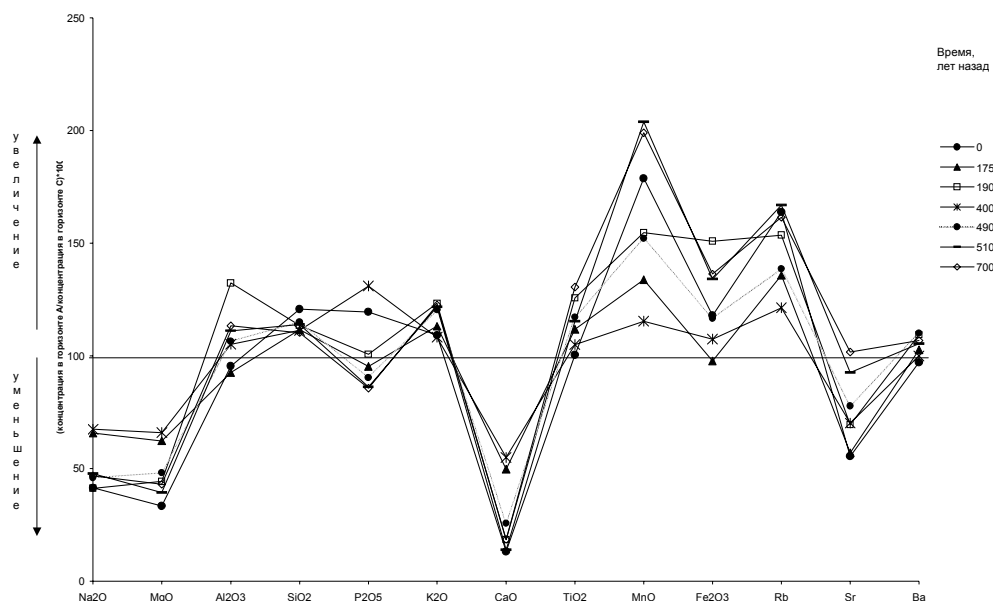


Рис. 3. Диаграмма изменения концентраций основных элементов в горизонтах А разновозрастных палеопочв относительно материнской породы

ся процессы выщелачивания, на что указывают значения коэффициента Ba/Sr (рис. 1d). Минимальные значения характерны для периода ~4000 лет назад.

Результаты изучения отношения концентраций геохимических элементов в гумусо аккумулятивном горизонте А, в котором интенсивно проявлены процессы почвообразования, к их концентрациям в материнской породе показывают, что в процессе почвообразования наиболее интенсивно варьируются содержания  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (рис. 3).

Изменения концентраций  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ , и S, также как и коэффициенты  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ ,  $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $(\text{CaO} + \text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$  отражают поведение солей и карбонатов в почвенном профиле. К характерным признакам большинства почв Нижнего Поволжья относится наличие аккумуляций легкорастворимых солей и гипса. Их содержание и особенности профильного распределения отражают условия почвообразования и, прежде всего, степень атмосферной и грунтовой увлажненности [27]. Степная зона относится к числу природных регионов, где имеет место дефицит атмосферной влаги. Поэтому изменение количества осадков в ту или сторону существенным образом сказывается на состоянии почв и находит отражение в формировании, исчезновении или степени выраженности их различных свойств и признаков.

На основании полученной для современных почв региона зависимости магнитных параметров от атмосферных осадков [7, 34, 35] в предшеству-

ющих исследованиях были проведены количественные климатические реконструкции для разных археологических эпох (рис. 5a) [7, 33]. В частности, расчеты показали, что 5000 лет назад в регионе началась постепенная аридизация климата, достигнув максимума 3500-4000 лет назад с уменьшением уровня атмосферных осадков до 15% по сравнению с современной нормой, обусловив активизацию процессов соленакопления, дегумификации, окарбоначивания, эрозии почв. 1900 лет назад отмечается некоторое увеличение атмосферной увлажненности, которое сменилось очередным засушливым периодом 1750 лет назад. 700 лет назад имел место климатический оптимум с максимумом увлажнения за последние 5000 лет [4, 5, 6, 7, 18, 33].

Анализ отношения концентрации  $\text{MnO}$  в горизонте А погребенных почв относительно его содержания в материнской породе показывает прямые корреляции с реконструированным по магнитным свойствам среднегодовым уровнем атмосферных осадков (рис. 5b). Значения возрастают прямо пропорционально увеличению атмосферной увлажненности – минимальные концентрации характерны для почв, погребенных ~4000 и ~1750 лет назад, максимальные – для почв ~700 и ~5100 лет назад.

В степных ландшафтах щелочная окислительная среда препятствует миграции марганца [20], что исключает его латеральный перенос. Биофильность Mn высокая, это один из наиболее распространенных микроэлементов. Увеличение концен-

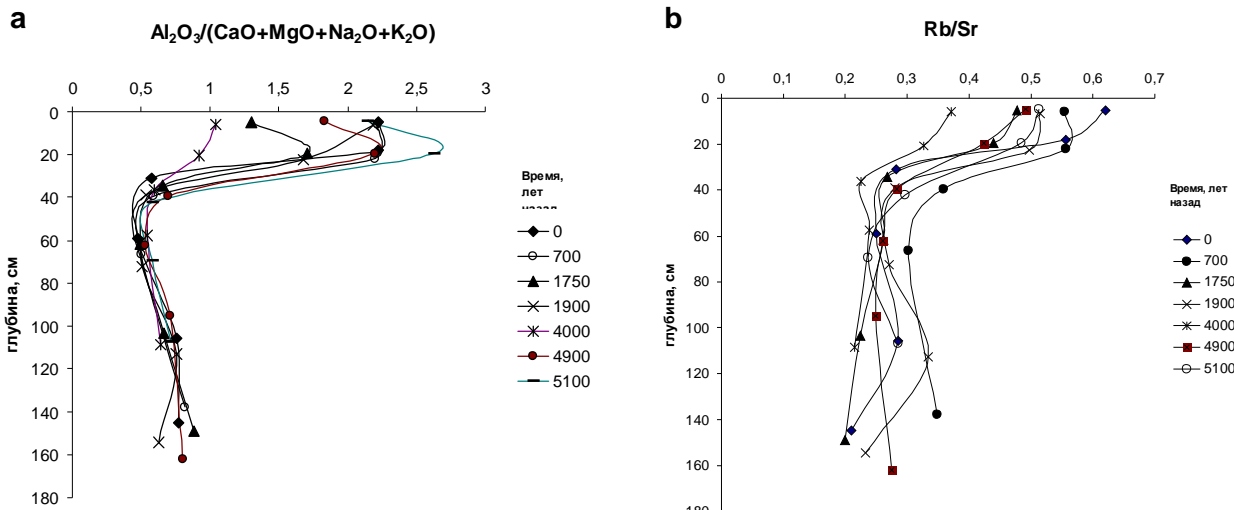


Рис. 4. Распределение значений коэффициентов  $Al_2O_3/(CaO+MgO+Na_2O+K_2O)$  и  $Rb/Sr$  в разновозрастных почвенных профилях

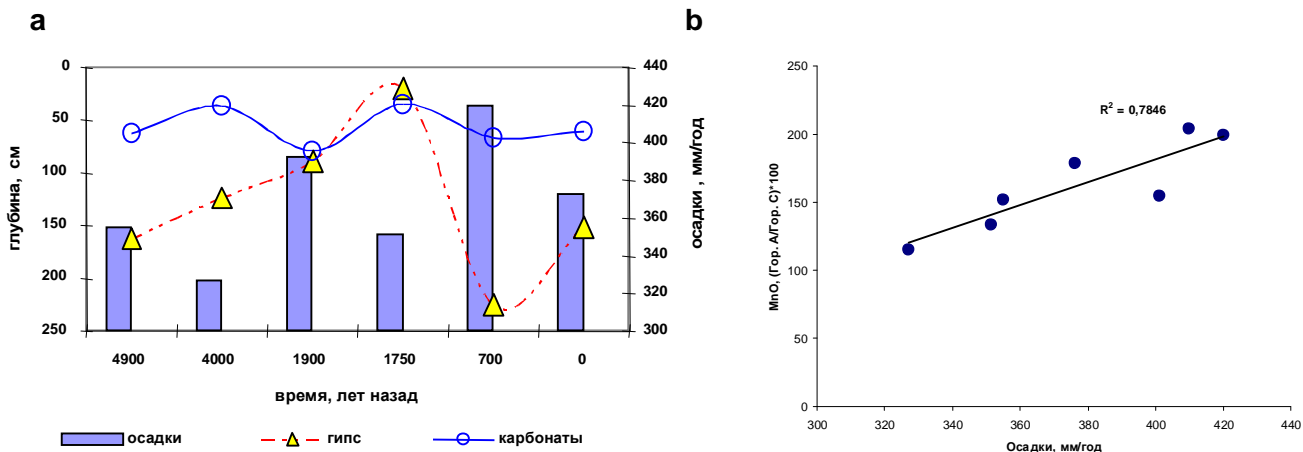


Рис. 5.

- а) Количественные реконструкции атмосферной увлажненности по магнитным свойствам почв для различных временных этапов и их связь с динамикой содержания гипса и карбонатов в подкурганных палеопочвах
- б) Связь отношения  $MnO$  в горизонте А в разновозрастных подкурганных палеопочвах к его содержанию в материнской породе с реконструированным количеством атмосферных осадков

трация  $MnO$  на этапах, в которых отмечается увеличение атмосферной увлажненности, может объясняться активизацией биологической активности в эти периоды и увеличением почвенной биопродуктивности.

С целью калибровки получаемых результатов и более надежного подтверждения возможности их использования для палеоэкологических реконструкций необходимо в дальнейшем провести подробный анализ взаимосвязи прироста содержания марганца в гумусоаккумулятивных горизонтах современных степных почв различных природных районов с существующими климатическими условиями.

В профильном распределении концентраций  $Fe_2O_3$  отмечается аккумуляция  $Fe_2O_3$  в горизонтах А и В для всех возрастов, кроме почвы, погребенной ~4000 лет назад. Причем, наибольшие концентрации в горизонте В отмечается для почв ~1900 (4,17%) и 700 лет назад (4,19%), в периоды, которым соответствует максимум атмосферных осадков в регионе, а наименьшие – ~4000 лет назад (3,25%), в период, когда отмечалась аридизация климата. В материнской породе концентрации колеблются от 2,84% до 3,61%. Накопление  $Fe_2O_3$  связывается нами с биогеохимическими факторами, а именно с поглощением его травянистыми и кустарниковыми растениями и последующей аккумуляцией в верхних почвенных горизонтах. В

степях и пустынях в щелочной среде железо малоподвижно и такое поглощение возможно только при дополнительном грунтовом и поверхностном увлажнении [25].

Изменения в профильном распределении  $Fe_2O_3$  подтверждают ранее полученные результаты изменения магнитных свойств палеопочв, использованных при количественных климатических палеореконструкциях.

Активизация процессов гидролитического выветривания и выщелачивания ~700 лет назад и на современном этапе связывается нами с повышенной атмосферной увлажненностью в эти периоды. Минимальные значения этих коэффициентов ~4000 и ~1750 лет назад, уменьшение степени окисления почвенного материала и содержания  $Fe_2O_3$  и  $MnO$ , а также максимальные показатели засоления и накопление почвенных карбонатов в эти периоды подтверждает данные об аридизации климата на данной территории.

### Выводы

1. Использование геохимических коэффициентов дает возможность изучить процессы формирования, природной эволюции и антропогенного изменения минеральных компонентов. Эти исследования, дополненные различными петрофизическими и минералогическими данными, могут использоваться для реконструкций изменений палеоэкологических условий во времени и пространстве.

2. Выявлено циклическое изменение степени засоленности, карбонатности, выщелачивания почв и интенсивности выветривания почвообразующего материала, обусловленное вековой динамикой климата. Активизация процессов гидролитического выветривания и выщелачивания отмечается 700 лет назад и на современном этапе. Максимум процесса засоления и накопления почвенных карбонатов отмечается на этапах в 4000 и 1750 лет назад.

3. Прирост содержания  $MnO$  в гумусо аккумулятивных горизонтах разновозрастных палеопочв относительно концентраций в почвообразующей породе демонстрируют прямые корреляции с уровнем атмосферной увлажненности в регионе за последние 5000 лет. Полученный параметр может быть дополнительно использован для проведения количественных палеоклиматических реконструкций.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский А. Л. Эволюция почв Восточно-Европейской равнины в голоцене / А. Л. Александровский. – М. : Наука, 1983. – 150 с.
2. Александровский А. Л. Эволюция черноземов в регионе среднего течения Дона в голоцене / А. Л. Александровский // Почвоведение. – 1984. – № 11. – С. 5-13.
3. Александровский А. Л. Эволюция почв Восточной Европы на границе между лесом и степью. Естественная и антропогенная эволюция почв / А. Л. Александровский. – Пушкино, 1988. – С. 82-94.
4. Алексеев А. О. Использование минералогических и петрофизических параметров состояния соединений железа в палеопочвах археологических памятников для реконструкции климатических условий степей Восточной Европы / А. О. Алексеев, В. А. Демкин, Т. В. Алексеева // Нижневолжский археологический вестн. – Волгоград, 2000. – Вып. 3. – С. 21-29.
5. Алексеев А. О. Роль железоредуцирующих бактерий в формировании почвенного магнетита / А. О. Алексеев, Т. В. Алексеева, Д. Г. Заварзина // Органическая минералогия : материалы I Рос. совещания по органической минералогии. – СПб., 2002. – С. 55-56.
6. Алексеев А. О. Магнитные свойства и минералогия соединений железа степных почв / А. О. Алексеев, Т. В. Алексеева, Б. А. Махер // Почвоведение. – 2003. – № 1. – С. 62-74.
7. Алексеев А. О. Особенности оксидогенеза железа в условиях степной зоны. Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв / А. О. Алексеев, Т. В. Алексеева. – М., 2006. – С. 312-327.
8. Ахтырцев Б. П. Эволюция почв Средне – русской лесостепи в голоцене / Б. П. Ахтырцев, А. Б. Ахтырцев // Эволюция и возраст почв СССР. – Пушкино, 1986. – С. 163-173.
9. Ахтырцев Б. П. Лугово-черноземные палеопочвы эпохи Бронзы Окско-Донской лесостепи / Б. П. Ахтырцев, А. Б. Ахтырцев // Почвоведение. – 1990. – № 7. – С. 26-38.
10. Брылев В. А. Природные ресурсы и условия Волгоградской области / В. А. Брылев. – Волгоград, 1995. – С. 114.
11. Бушинский Г. И. Титан в осадочном процессе / Г. И. Бушинский // Литология и полезные ископаемые. – 1963. – № 2. – С. 7-14.
12. Геннадиев А. Н. Изучение почвообразования методом хронорядов / А. Н. Геннадиев // Почвоведение. – 1978. – № 12. – С. 33-43.
13. Геннадиев А. Н. О скорости формирования почвенного покрова комплексной полупустыни (Прикаспий) / А. Н. Геннадиев // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, География. – 1981. – № 6. – С. 55-62.
14. Геннадиев А. Н. Хронологическая модель дифференциации почв по элементам антропогенного микрорельефа / А. Н. Геннадиев // Почвоведение. – 1982. – № 4. – С. 32-41.

15. Геннадиев А. Н. Изменчивость во времени свойств черноземов и эволюция природной среды (Ставропольская возвышенность) / А. Н. Геннадиев // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, География. – 1984. – № 5. – С. 10-16.
16. Геннадиев А. Н. Пространственно – временные модели развития почв и региональные проблемы почвообразования : автореф. дис. ... д-ра географ. наук / А. Н. Геннадиев. – М., 1985. – 48 с.
17. Геннадиев А. Н. Пространственно – временные модели развития почв / А. Н. Геннадиев // Эволюция и возраст почв СССР. – Пушино, 1986. – С. 67-75.
18. Геохимические закономерности формирования состояния соединений железа в почвах сопряженных ландшафтов Центрального Предкавказья / А. О. Алексеев [и др.] // Литология и полезные ископаемые. – 1996. – № 1. – С. 12-22.
19. Дегтярева Е. Т. Почвы Волгоградской области / Е. Т. Дегтярева, А. Н. Жулидова. – Волгоград. 1970. – С. 43.
20. Демкин В. А. Почвы сухих и пустынных степей Восточной Европы в древности и средневековье : автореф. дис. ... д-ра историч. наук / В. А. Демкин. – М., 1993. – 48 с.
21. Демкин В. А. Почвоведение и археология / В. А. Демкин. – Пушино, 1997. – С. 38.
22. Елизарова Т. Н. Влияние смены условий литологии и педогенеза в верхнем плейстоцене и голоцене на свойства и эволюцию основных типов почв и почвообразующих пород равнин юга Сибири / Т. Н. Елизарова // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Иркутск, 2006. – С. 85-87.
23. Заварзина Д. Г. Роль железоредуцирующих бактерий в формировании магнитных свойств степных почв / Д. Г. Заварзина, А. О. Алексеев, Т. В. Алексеева // Почвоведение. – 2003. – № 10. – С. 1218-1227.
24. Иванов И. В. Эволюция почв степной зоны в голоцене / И. В. Иванов. – М. : Наука, 1992. – 143 с.
25. Перельман А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М., 1999. – С. 698-691.
26. Перельман А. И. Геохимия / А. И. Перельман. – М., 1989. – С. 59.
27. Развитие почв Нижнего Поволжья за историческое время / В. А. Демкин [и др.] // Почвоведение. – 2004. – № 12. – С. 1486-1497.
28. Рысков Я. Г. Развитие почв и природной среды степей Южного Урала в голоцене / Я. Г. Рысков, В. А. Демкин. – Пушино, 1997. – 165 с.
29. Четвертичные отложения, геоморфология и новейшая тектоника Среднего и Нижнего Поволжья. – Саратов, 1982. – Ч. II. – С. 20.
30. A comparison of weathering rates for acid-sensitive catchments in Nova Scotia, Canada and their impact on critical load calculations / C. J. Whitfield [et al.] // Geoderma. – 2006. – V. 136. – P. 899-911.
31. Gallet S. Geochemical characterization of the Luochuan loess-paleosol sequence, China, and paleoclimatic implications / S. Gallet, J. Borming, T. Masayuki // Chemical Geology. – 1996 – V. 133. – P. 67-88.
32. Global climate instability reflected by Eastern Mediterranean marine records during the late Holocene / Bettina Schilman [et al.] // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2001. – V. 176. – P. 157-176.
33. Late Holocene climate reconstructions for the Russian steppe, based on mineralogical and magnetic properties of buried palaeosols / T. Alekseeva [et al.] // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2007. – V. 249. – P. 103-127.
34. Maher B. A. Climate dependence of soil magnetism across the Russian steppe: significance for use of soil magnetism as a palaeoclimatic proxy / B. A. Maher, A. O. Alekseev, T. Alekseeva // Quaternary Science Reviews. – 2002. – V. 21. – P. 1571-1576.
35. Maher B. A. Magnetic mineralogy of soils across the Russian steppe: climatic dependence of pedogenic magnetite formation / B. A. Maher, A. Alekseev, T. Alekseeva // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2003. – V. 201, N 3-4. – P. 321-341.
36. Retallack G. J. Soils and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time / G. J. Retallack // Treatise On Geochemistry. – 2003 – P. 581-605.

Калинин Павел Иванович  
аспирант Института Физико-Химических и Биологических Проблем почвоведения РАН (ИФХиБПП РАН), Московская обл., г. Пушино, т. (4967)730441, факс: (4967)330595. E-mail: kalinin331@rambler.ru

Алексеев Андрей Олегович  
заведующий лаборатории геохимии и минералогии почв, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института Физико-Химических и Биологических Проблем почвоведения РАН (ИФХиБПП РАН), Московская обл., г. Пушино, т. (4967)730441, факс: (4967)330595. E-mail: alekseev@issp.serpukhov.su

Kalinin Pavel Ivanovich  
post-graduate of Institute of physical, chemical and biological problems of soil science of the Russian Academy of Sciences, the Moscow Region, Pushchino, tel. (4967) 730441, fax: (4967) 330595, E-mail: kalinin331@rambler.ru

Alekseyev Andrey Olegovich  
manager of laboratory of geochemistry and mineralogy of soils, PhD in Biology, senior scientific worker of Institute of physical, chemical and biological problems of soil science of the Russian Academy of Sciences, the Moscow Region, Pushchino, tel. (4967) 730441, fax: (4967) 330595, E-mail: alekseev@issp.serpukhov.su