

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 551.58:528.94

А. В. МАЦИБОРА

Институт географии НАН Украины, г. Киев

### ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ ПОЗДНЕГО ГОЛОЦЕНА В БАСЕЙНЕ РЕКИ ЮЖНЫЙ БУГ

*Рассмотрены особенности почвенных образований различных этапов педогенеза суббореального, субатлантического периодов голоцена и современности на территории бассейна Южного Буга. Проведено исследование содержания карбонатов, органических соединений и тяжелых металлов в почвах, которые принадлежат к различным этапам почвообразования. Установлены закономерности распределения тяжелых металлов по гумусовым горизонтам, а также выявлена корреляционная связь данного показателя с концентрацией гумуса и карбонатных соединений. Сформулированы выводы об особенностях педогенеза в некоторых хроноинтервалах позднего голоцена.*

Ключевые слова: голоцен, почвы, эволюция, тяжелые металлы, гумус.

*Some peculiarities of soil formations for different pedogenesis stages of the Subboreal and Subatlantic periods of the Holocene and the present on the territory of the Southern Buh basin are considered. A study is made of the levels of carbonates, organic compounds and heavy metals in soils which refer to different stages of soil formation. The study revealed regularities in the humus-horizon distribution of heavy metals as well as showing a correlation of this indicator with concentrations of humus and carbonate compounds. The conclusions have been drawn regarding the characteristic properties of the pedogenesis for some chronointervals of the Late Holocene.*

Keywords: Holocene, soils, evolution, heavy metals, humus.

#### ВВЕДЕНИЕ

Изучение голоцена как современного этапа эволюции природы антропогенного периода — наиболее актуальное направление научного поиска в области палеогеографии. Результаты исследования данного периода позволят определить особенности изменений в развитии природы при переходе от прошлых эпох к современности, установить причинно-следственные связи в прошлом, которые стали определяющими для хода современных физико-географических процессов и, как следствие, создать на данной основе прогнозные модели дальнейшей эволюции географической оболочки.

Изменение природных условий голоцена происходило дифференцированно, в зависимости от региональных климатических особенностей отдельных территорий. Поэтому зачастую климатические изменения за последние 10,3 тыс. лет рассматриваются в региональном аспекте, хотя существуют работы обобщающего, интегрального характера, устанавливающие общие закономерности и тенденции. Характеристика голоцена в целом и отдельных его этапов, как правило, осуществляется в соответствии с разделением данного периода на более мелкие хронологические интервалы, отражающие ритмику процесса эволюции климата.

#### ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Побужье как физико-географический регион находится в границах водосборного бассейна р. Южный Буг, которая полностью протекает в пределах территории Украины. Данный водоток берет начало в западной части Хмельницкой области, пересекает Винницкую, Кировоградскую и в Николаевской области впадает в Днепро-Бугский лиман Черного моря. Бассейн Южного Буга простира-

ется с северо-запада на юго-восток на расстояние 530 км в центральной части Украины и занимает площадь 63 700 км<sup>2</sup>.

В результате полевых исследований проведено изучение опорных разрезов почв голоцена в пределах бассейна Южного Буга на 15 ключевых участках. С позиции физико-географического районирования 12 участков находятся в пределах лесостепи, три — в пределах степи и один — в зоне широколиственных лесов.

В рамках исследования выполнено морфологическое описание разрезов. Для почв территории исследования получены результаты следующих лабораторных анализов: спектрального (157), валового содержания гумуса (105), содержания карбонатов (94), микроморфологического (33), радиоуглеродного датирования (18). На основе радиоуглеродной датировки гумусовых горизонтов установлена мелкая ритмика голоценового педогенеза, а также выявлены отдельные стадии почвообразования.

В результате определения валового содержания тяжелых металлов (Mn, Ni, Co, Cr, Mo, Cu, Pb), анализа содержания гумуса и карбонатов выявлены закономерности распределения данных показателей в палеопедагокомплексах SB, SA и современности.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

**Почвенный покров суббореального периода.** Природные условия SB, которые характеризовались в общих чертах относительной аридностью и заметной континентальностью с нарастанием сезонной контрастности климатических показателей, способствовали смещению ареалов, характерных для каждой природной зоны почв, в северном направлении. Учитывая засушливость климата середины SB, этапом большого гумусонакопления была завершающая стадия данного периода.

Исследованные пойменные почвенные образования SB характеризуются мощностью до 0,4 м, они отделены от других гумусовых горизонтов аллювиальными отложениями, которые соответствуют кратковременным этапам повышения влажности климата и изменениям гидрологического режима водотока. Принцип региональности находит свое отражение в различиях почвенных образований как в морфологическом строении, так и физико-химическом составе. Физико-химические показатели суббореальных почв отличаются в зависимости от принадлежности к природной зоне, а также условий формирования в пределах пойменных элементов рельефа.

Пространственное распределение гумуса в почвенных образованиях SB имеет общую тенденцию к повышению данного показателя в направлении с северо-запада на юго-восток. Среднее значение содержания органических веществ находится на уровне 3,48 %. Самая низкая концентрация гумуса наблюдается в пределах зоны широколиственных лесов и частично лесостепи, где на ключевом участке 12 абсолютный минимум составляет 1,02 %. Высокие показатели содержания органических веществ характерны для юго-восточных районов Побужья в пределах северо-степной и среднестепной подзон степной природной зоны, где данный параметр достигает значения 5,83 %.

С позиции содержания карбонатных соединений, почвенные образования суббореального периода характеризуются значительной степенью выщелоченности, что подтверждается средним показателем содержания карбонатов на уровне 0,42 %. Пространственному распределению данных соединений присущ тренд повышения концентрации в направлении с запада на восток. Если рассмотреть пространственное распределение карбонатов на локальном уровне, то очевиден максимум данных веществ в юго-восточной части бассейна Южного Буга, которая входит в состав северо-степной и среднестепной подзон, где самый высокий показатель содержания карбонатных соединений составляет 0,88 % (ключевой участок 7). Существенно меньшие значения, а иногда почти полное отсутствие карбонатов наблюдаются в пределах зоны широколиственных лесов и лесостепи. Здесь показатель содержания карбонатов достигает минимального значения — 0,04 %.

Тяжелые металлы в почвенных образованиях суббореального периода голоцена отличались значительными амплитудами показателей и приуроченностью к определенным районам Побужья. Указанные особенности связаны с различиями состава почвообразующей породы, а также элементарных почвенных процессов, характерных для этих образований.

Содержание тяжелых металлов в пойменных почвенных образованиях SB, выраженное интегральным показателем — индексом концентрации ( $I_k$ ), увеличивается в юго-западном направлении (до значений 1,39) и, соответственно, уменьшается в северо-восточном направлении (до 0,4).

Указанное распределение интегрального показателя концентрации тяжелых металлов находится в определенной связи с пространственным распределением содержания карбонатов и органических веществ в степной природной зоне и в юго-восточной части лесостепи, что определяется в результате визуального сравнения. Вероятно, на повышение концентрации тяжелых металлов в почвах SB влия-

ют карбонатный геохимический барьер и поглощающий комплекс органических веществ, поскольку значительная часть данных химических элементов образует устойчивые соединения с гумусом.

**Почвенный покров субатлантического периода.** Данный период голоцена характеризуется общим снижением температуры и повышением влажности. Несмотря на общий тренд, в данное время имели место существенные колебания гидротермических показателей на локальном уровне как во временном, так и пространственном аспектах [1]. Как следствие, растительный покров на протяжении последних 2700 лет подвергался изменениям: в зоне широколиственных лесов происходило увеличение участка дуба, лесостепь характеризовалась развитием отдельных фитоценозов, видовой состав которых в большинстве случаев был представлен дубом. Указанные растительные сообщества распространялись и в южном направлении в пределах водораздельных участков [2–4].

Нестабильность гидрологического режима водотоков [5–7] проявлялась в повышении частоты и мощности паводков, что обуславливало формирование аллювиальных отложений в пределах низких пойм.

В общих чертах почвенный покров Восточно-Европейской равнины в субатлантическом периоде был похож на современный. Педогенез SA отличался изменением ареалов отдельных типов почв по сравнению с SB. К наиболее заметным отличиям следует отнести распространение подзолистых почв в северных ареалах современных дерново-подзолистых, а на месте современных выщелоченных черноземов и оподзоленных почв были распространены серые и темно-серые лесные почвы [8].

Почвенные образования SA в пределах зоны широколиственных лесов характеризуются мощностью профиля до 0,4 м. Зачастую данные почвенные образования отделяются от других составляющих палеопедокомплексов аллювиальными отложениями, которые представлены отсортированным кварцевым песком и хорошо обкатанными обломками кристаллических пород (гранитов, гнейсов).

Пространственное распределение органических веществ в почвенных образованиях SA характеризуется общей тенденцией к повышению их концентрации в северо-восточном направлении и, соответственно, к снижению в юго-западном направлении. Высокие значения концентрации гумуса свойственны почвам северной и центральной частей лесостепной природной зоны с максимальным показателем 5,66 % (ключевой участок 7). Среднее значение показателя концентрации гумуса в пределах бассейна Южного Буга составляет 3 %. К районам с низкой концентрацией органических веществ относятся почти вся степная зона в пределах Побужья и крайний север зоны широколиственных лесов, где минимальное значение соответствующего показателя составляет 0,36 %.

Такое распределение гумуса в почвах SA, вероятно, связано с общим снижением температуры и повышением гумидности, вызвавшими незначительное перемещение границ природных зон в южном направлении. Лесостепь оказалась в наиболее оптимальных условиях гумусонакопления, чему способствовало интенсивное развитие растительного покрова.

В пределах бассейна Южного Буга карбонатные соединения в почвенном покрове в течение SA подвергались постоянным изменениям, что было связано с изменениями режима увлажнения. Поэтому пространственное распределение данных веществ характеризуется неоднородностью.

В субатлантический период концентрация карбонатов в почвенном покрове в бассейне Южного Буга имела два заметных максимума — в центральной части лесостепной зоны и зоне широколиственных лесов. Высокие их содержания характерны для лесостепи (1,07 %), в пределах зоны широколиственных лесов данный показатель составляет 0,54 %. Средняя концентрация карбонатных соединений в почвах данного отрезка голоцена находится на уровне 0,46 %, что свидетельствует об их относительно низком содержании, обусловленном, вероятно, общим повышением гумидности климата SA и выщелачиванием карбонатов из верхних генетических горизонтов почв. Минимальное содержание исследуемых соединений (0,08 %) характерно для северной части лесостепи при переходе в зону широколиственных лесов. Это свидетельствует о фактическом отсутствии карбонатов и полной выщелоченности профиля.

Анализ пространственного распределения интегрального показателя содержания тяжелых металлов (индекса концентрации) в пределах бассейна Южного Буга позволил выявить общий тренд — увеличение значения индекса в направлении с юго-запада на юго-восток. Наименьшим содержанием тяжелых металлов характеризуются почвенные образования степной природной зоны (ее юго-западной части) и южные районы зоны широколиственных лесов, где значение коэффициента концентрации тяжелых металлов составляет 0,38 мг/кг. Максимум содержания тяжелых металлов приходится на центральную часть лесостепной зоны, где коэффициент равен 1,57.

Указанные особенности пространственного распределения тяжелых металлов, вероятно, связаны с пространственным распределением карбонатных соединений, поскольку выявлена устойчивая корреляционная связь.

**Почвенный покров современности.** Почвы, сформированные за последние 100 лет, отражают современную стадию педогенеза, которая находится под влиянием не только кратковременных колебательных изменений климатических показателей, но и испытывает антропогенные нагрузки в результате различных способов освоения природных ресурсов. Анализ данных почвенных образований должен происходить с учетом указанных факторов их формирования.

Мощность исследованных современных почв в пределах бассейна Южного Буга в некоторых случаях может достигать 0,5 м. От почвенных образований других этапов педогенеза они отделяются аллювиальными отложениями, которые представлены кварцевым песком, галькой, отсортированными ракушками моллюсков.

Пространственное распределение гумуса в пойменных почвах современности характеризуется общей тенденцией увеличения показателя его концентрации в направлении с северо-запада на юго-восток. Высокими значениями содержания органических веществ отличаются центральные районы лесостепи и северные районы степной зоны, где данный параметр колеблется в пределах 5,38–8,40 %. Минимум гумуса наблюдается в почвенных образованиях северной части лесостепи при переходе в зону широколиственных лесов, где содержание органики составляет 2–2,5 %. Средние показатели для современных почв бассейна Южного Буга достигают 4 %. Указанное пространственное распределение гумуса современных почв отражает общие черты содержания данных веществ для территории исследования [9], несмотря на интразональность пойменных почв.

Карбонатные соединения в пойменных почвах современности распределены неоднородно, хотя наблюдается четкая тенденция к увеличению содержания данных соединений в направлении с северо-запада на юго-восток.

Учитывая динамическую изменчивость показателя концентрации карбонатов даже в течение одного сезона (в зависимости от степени увлажнения территории), выделение региональных особенностей пространственного распространения карбонатов достаточно условно.

Среднее содержание карбонатных соединений в пойменных почвенных образованиях Побужья находится на уровне 0,7 %, что является относительно высоким показателем, учитывая почти полную выщелоченность профиля и то, что в большинстве случаев карбонаты находятся в нижней его части. Высокими концентрациями данных соединений отличаются почвы юга исследуемой территории — степная природная зона и районы лесостепи, граничащие с ней, где содержание карбонатов достигает 1,71 %. Наименьшей концентрацией характеризуются почвы северных районов лесостепи и зоны широколиственных лесов: ее значения колеблются в пределах от 0,03 до 0,37 %.

Выявленное пространственное распределение карбонатов, вероятно, связано с гидротермическим состоянием бассейна Южного Буга, что и обусловило вынесение данных соединений из почвенного профиля северо-западной части территории и накопление их в верхних горизонтах южных районов.

Пространственное распределение индекса концентрации тяжелых металлов характеризуется общим трендом его увеличения в юго-восточном направлении. Указанные особенности распространения исследуемого показателя обусловлены действием двух факторов: характером почвообразующей породы и антропогенным воздействием.

Исходя из характера почвообразующей породы, геохимическая ситуация лесостепной природной зоны, занимающей большую часть бассейна Южного Буга, определяется господством карбонатных пород, тяжелым гранулометрическим составом почв, относительно высоким уровнем окислительно-восстановительного потенциала, что в результате приводит к аккумуляции тяжелых металлов. Влияние антропогенной составляющей в пространственном распределении тяжелых металлов прослеживается в постепенном увеличении общего содержания данных элементов в юго-восточном направлении, где возникает опосредованное влияние объектов промышленности указанных регионов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимой составляющей исследования палеопедокомплексов является установление трендов в динамике геохимических показателей, которые отражают преобладающие тенденции в развитии почвенного покрова позднего голоцена.

Анализ средних показателей концентрации органических веществ в почвах SB, SA и современности в пределах бассейна Южного Буга позволил выявить, что в суббореальном периоде голоцена содержание гумуса находилось на уровне 3,48 % с постепенным уменьшением до 3 % в субатлантическом. В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция к росту содержания органических веществ в почвенном покрове Побужья, где среднее значение данного параметра составляет почти 4 % (рис. 1, а).

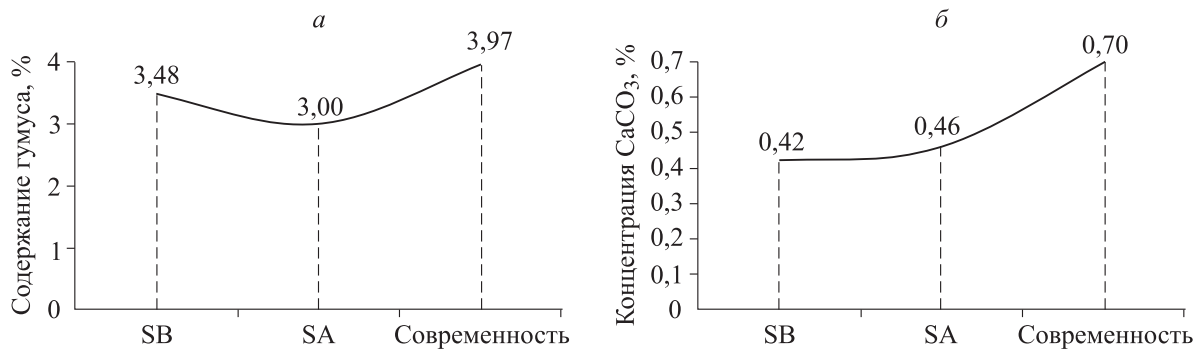


Рис. 1. Тенденции изменения содержания гумуса (а) и карбонатных соединений CaCO<sub>3</sub> (б) на протяжении SB, SA и современности в почвах Побужья.

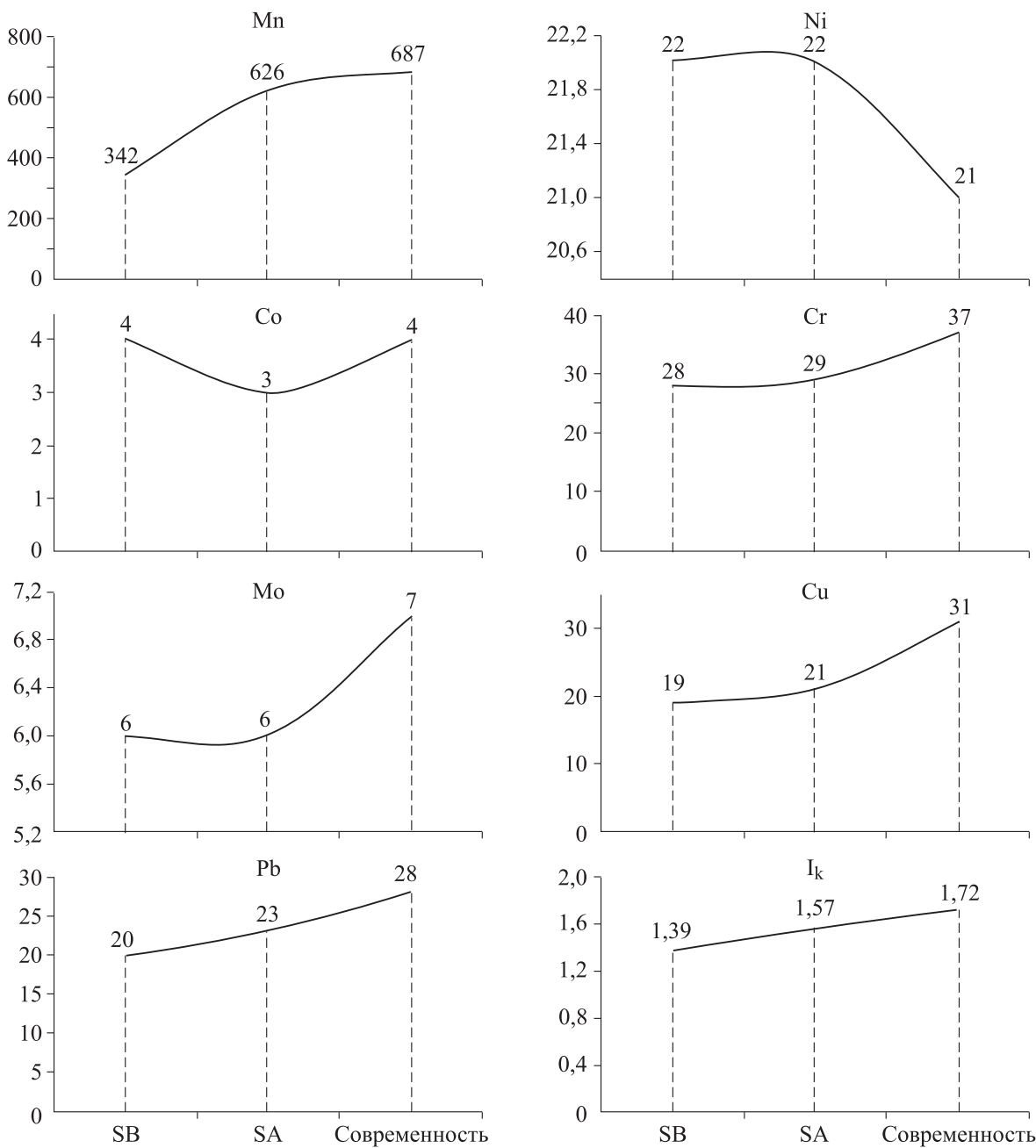


Рис. 2. Тенденции изменения содержания тяжелых металлов на протяжении SB, SA и современности в почвах Побужья.



Концентрация карбонатных соединений в почвенных образованиях исследуемых хроноинтервалов характеризуется общим трендом увеличения их содержания от SB до наших дней, а именно, от 0,42 % в суббореальном периоде до 0,7 % в почвах современности (см. рис. 1, б).

Содержание тяжелых металлов также неоднозначно изменяется от SB до нашего времени. Выделяются группы элементов, которые характеризуются разнонаправленной динамикой показателя концентрации. Для абсолютного большинства исследуемых химических элементов (Mn, Cr, Mo, Cu, Pb) наблюдается постепенное увеличение их концентраций в почве, и только Ni характеризуется незначительным уменьшением этого показателя от SB и SA до нашего времени. Содержание Co в почвах Побужья претерпело снижение в SA и постепенное повышение в наше время (рис. 2).

Увеличение содержания органических веществ в почвенном покрове Побужья, вероятно, является свидетельством оптимальных климатических условий и соотношения гидротермических показателей для развития растительного покрова и интенсивности процессов гумусообразования. К тому же органические вещества в почвах современности не испытывали выноса гумуса по профилю в результате вертикального переноса и рассеивания вещества, что было характерно для почв SB и SA.

Тенденция к общему росту концентрации карбонатных соединений в почвах рассматривается как свидетельство повышения засушливости климата с соответствующей миграцией карбонатных соединений в поверхностные горизонты почвенного профиля.

Влияние динамики содержания гумуса и карбонатов находит свое проявление в общих тенденциях накопления тяжелых металлов в почвенном покрове и повышении абсолютных значений со временем от SB до наших дней. Неотъемлемой составляющей повышения содержания тяжелых металлов является нарастание антропогенного давления на геоконтакты в целом и почвы в частности, что особенно актуально в промышленно развитых регионах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский А. Л., Александровская Е. А. Эволюция почв и географическая среда. — М.: Наука, 2005. — 223 с.
2. Спиридонова Е. А. Эволюция растительного покрова бассейна Дона в верхнем плейстоцен-голоцене. — М.: Наука, 1991. — 221 с.
3. Алешинская А. С., Спиридонова Е. А. Природная среда лесной зоны Европейской России в эпоху бронзы // Археология Центрального Черноземья и сопредельных территорий. — Липецк, 1999. — С. 99–101.
4. Лаврушин Ю. А., Спиридонова Е. А., Алексеева Л. В. и др. Комплексное изучение памятников каменного века в Среднем Поосколье // Теория и методика исследований археологических памятников лесостепной зоны. — Липецк, 1992. — С. 65–67.
5. Морозова Т. В. Распространение памятников городищской культуры на Верхнем Дону (материалы к археологической карте) // Верхнедонской археологический сборник. — Липецк: Успех-Инфо, 2001. — С. 62–70.
6. Сычёва С. А. Ритмы почвообразования и осадконакопления в голоцене (сводка  $^{14}\text{C}$ -данных) // Почвоведение. — 1999. — № 6. — С. 677–687.
7. Сычёва С. А., Чичагова О. А., Дайнеко Е. К. и др. Этапы развития эрозии на Среднерусской возвышенности в голоцене // Геоморфология. — 1998. — № 3. — С. 12–21.
8. Александровский А. Л. Стадии, направления и скорость процессов эволюции почв // Проблемы древнего земледелия и эволюции почв в лесных и степных ландшафтах Европы. — Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. — С. 85–93.
9. Овчаренко М. М. Тяжелые металлы в системе почва–растение–удобрение // Химия в сельском хозяйстве. — 1995. — № 4. — С. 8–16.

*Поступила в редакцию 14 декабря 2012 г.*