

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПИ В ГОЛОЦЕНЕ

Вторая половина XX в. ознаменовалась активизацией исследований на стыке археологии и почвоведения, начатых на рубеже XIX и XX столетий [11, 6, 7, 5]. Уже в этих работах подчеркивалось важное значение совместных исследований археологов и почвоведов для решения проблем как археологии, так и почвоведения. Затем интерес со стороны почвоведов к изучению археологических объектов как памятников природы несколько уменьшился и немногочисленные работы в этом направлении велись с целью выяснения эволюции отдельных типов почв. Перелом в развитии совместных исследований археологов и почвоведов наступил в 60-70 гг., когда ряд ученых показали их важную роль для реконструкции былых ландшафтов и условий существования древнего человека, понимания взаимодействия человеческого общества с природой, а также последствий этого взаимодействия.

Интенсивное развитие совместных почвенно-археологических исследований характерно для последних 25-30 лет. В них участвуют большие коллективы археологов и почвоведов в Воронежском, Московском, Иркутском университетах, институте географии РАН, Институте фундаментальных проблем биологии РАН, Институте почвоведения и агрохимии СО РАН и других ВУЗах и научных учреждениях. Появилось много публикаций, в которых на основе изучения палеопочв археологических памятников освещаются вопросы истории формирования и эволюции почв и почвенного покрова, а также проблемы развития человеческого общества в разных природных зонах, реконструируются палеоэкологические условия жизни и хозяйственной деятельности древнего человека, его воздействия на окружающую

среду, рассматриваются вопросы интеграции палеопочвоведения с археологией.

Комплексные исследования погребенных почв проводятся за рубежом. Существенное повышение результативности совместных работ археологов и почвоведов в современный период обусловлено комплексным характером изучения археологических памятников как памятников природы, хранящих в зашифрованном виде в палеопочвах бесценную информацию о природной среде существования и хозяйственной деятельности человека в разные археологические эпохи. Расшифровка этой информации, заключенной в достоверном фактическом материале, полученном при исследовании точно датированных археологических объектов, позволила, с одной стороны, установить состояние почвенного покрова и по нему реконструировать палеоэкологическую обстановку существования человека в конкретном регионе и в определенное время, с другой стороны – уточнить существующие представления о хозяйственной деятельности человека и роли этих условий в формировании, функционировании и исчезновении этносов прошлого [2, 8, 9, 10].

Развитие комплексных почвенно-археологических исследований в настоящее время достигло такого уровня, когда возникла возможность оформления нового междисциплинарного направления на стыке археологии и почвоведения, основы которого закладывались на рубеже XIX и XX вв. В.В. Докучаевым, В.А. Голубцовым и их последователями. Необходимость этого стала очевидной для многих ученых, считавших, что для реконструкции истории развития древних обществ, их экономики, социальной организации в доисторическую и

История формирования и эволюция почв лесостепи в голоцене

исторические эпохи крайне важным является познание взаимодействия человека и природной среды [10].

Существенный вклад в развитие этого междисциплинарного направления принадлежит воронежским археологам и почвоведом, материалы исследований которых заложили основы для его становления. Подробное обоснование создания археологического почвоведения приведено в монографиях В.А. Демкина “Палеопочвоведение и археология” [8] и М.И. Дергачевой “Археологическое почвоведение” [9]. В них подчеркнута значимость реконструкций природной среды для понимания развития человека и человеческого общества, показано, что почва обладает максимальной способностью сохранять наибольшее количество информации о совокупном взаимодействии всех компонентов и о природной среде в разные эпохи голоцена.

По реликтовым признакам погребенных почв представляется возможность решать вопросы адаптации и взаимоотношения человека с окружающей средой. Поэтому в центре археологического почвоведения была и остается палеопочва разных археологических эпох, а объектами исследования – археологические памятники с погребенными почвами. В их исследованиях все большее место должны занимать вопросы историко-социологических и палеогеографических реконструкций. Все это вызывает необходимость дальнейшего объединения усилий археологов и почвоведов для совместной работы на археологических памятниках в различных регионах страны, изученность которых в этом плане весьма неодинакова и в большинстве случаев совершенно недостаточна. Поэтому региональные исследования должны получить новый импульс в современный период.

Примером практического осуществления такого объединения служат длительные почвенно-археологические работы, выполняемые в археологической экспедиции Воронежского университета, где решаются проблемы и археологии и почвоведения [2].

В современный период решение проблемы истории формирования и эволюции почв в голоцене опирается на использование фактических материалов, полученных на основе комплексных почвенно-археологических исследований почв, погребенных под археологическими памятниками. Совместные исследования с археологами в 1984-1998 гг. дали большой материал для познания истории формирования и эволюции основных типов почв Среднерусской лесостепи и, в частности, гидроморфных почв.

Сравнительное изучение погребенных и фоновых почв с использованием почвенно-археологического, сравнительно-географического и сравнительно-аналитического методов, результаты которого опубликованы в ряде наших работ в последние 15 лет, свидетельствуют о сложной истории развития гидроморфных почв, обусловленной непостоянством ландшафтно-экологических условий Среднерусской лесостепи с конца плейстоцена до нашего периода [23, 24, 25].

Новейшие палеогеографические исследования показывают, что в конце плейстоцена и древнем голоцене в этом регионе были распространены перигляциальные ландшафты и развивалось криогенное почвообразование [14, 15, 17, 19, 20, 21].

В интервале 10-8 тыс. л.н. они сменяются лесостепными ландшафтами из березово-сосновых лесов с примесью дуба и гидроморфных луговых формаций. На протяжении древнего и раннего голоцена происходили заметные колебания гидротермического режима с продолжительностью от 300 до 700 лет. В этот период на низменных равнинах формировался гидроморфный почвенный покров из лесолуговых глеевых, луговых и болотных почв. На бореально-атлантическом рубеже произошло похолодание климата и усилилось выщелачивание почв. В атлантический период с оптимальным соотношением тепла и влаги, умеренной динамикой термических показателей наибольшее увеличение температуры и осадков в бассейне Дона составляло 1° и 50-100 мм по

сравнению с современными [14]. В благоприятных гидротермических условиях при слабой дренированности территории интенсивно развивалось гидроморфное и полугидроморфное почвообразование, которое по мере изменения экологических условий и нарастания расчлененности водоразделов частично трансформировалось в автоморфное. На месте распространения современных лесостепных и степных черноземов к концу атлантического периода образовались черноземно-луговые, лугово-черноземные палеопочвы и палеочерноземы карбонатные слабозасоленные.

В период 7-5 тыс. л.н. отмечались три этапа аридизации климата, сменявшиеся фазами более влажного климата [20]. Направленность почвообразования также менялась и периоды выщелачивания сменялись периодами капиллярного подъема грунтовых вод в почвенный профиль, что приводило к развитию гидроморфизма, засоления и окарбонирования почв. На низменных равнинах доминировали почвы лугового ряда с признаками засоления, осолонцевания и высокой карбонатности [2].

На атлантико-суббореальном рубеже произошло интенсивное похолодание и максимальное продвижение лесной растительности на юг [20, 21], закончившееся 4200 лет назад.

В суббореальный период, к которому относится эпоха бронзы с хорошо сохранившимися археологическими памятниками 4-3-тысячелетнего возраста, в Среднерусской лесостепи отмечалось два суббореальных похолодания (5.3-4.5 и 3.5-2.9 тыс. л.н.) и два потепления (4.5-3.5 и 2.9-2.5 тыс. л.н.). Во время потепления среднегодовые температуры и суммы осадков были близки к современным, лесостепной ландшафт сохранялся [19]. К концу эпохи бронзы произошло расширение площади дубрав и ландшафты приобрели облик, близкий к современному облику ненарушенных хозяйственной деятельностью ландшафтов лесостепи.

На фоне изменений экологических условий в лесостепи развивался процесс формирования

и эволюции почвенного покрова и гидроморфных почв. Исследование почв под курганами, оборонительными земляными валами разного возраста (от 4 до 1 тыс. лет), свидетельствует о том, что в эпоху бронзы фоновыми компонентами палеопочвенного покрова были: на дренированных водоразделах Среднерусской и других возвышенностей - палеочерноземы карбонатные засоленные под лугово-степной растительностью и серые лесостепные палеопочвы в дубравах, черноземно-луговые и лугово-черноземные карбонатные солонцевато-засоленные палеопочвы на недренированных низменных равнинах и слабодренированных водораздельных участках возвышенностей [1]. Кроме того, в структуре почвенного покрова присутствовали черноземно-луговые палеосолонцы.

В распространении палеопочвенного покрова Среднерусской лесостепи прослеживаются зональные и фациальные особенности и региональные географические закономерности, обусловленные высотной и экспозиционной дифференциацией палеопочв на возвышенностях и их склонах, на низменных равнинах и террасах рек, неоднородностью растительности в прошлом, разнообразием почвообразующих пород, состава и глубины залегания грунтовых вод и др. факторов. В эпоху бронзы на дренированных возвышенных пространствах доминировали палеочерноземы карбонатные слабозасоленные тяжелого гранулометрического состава, которые явились предшественниками современных черноземов типичных и выщелоченных Окско-Донской лесостепной почвенной провинции. Они прошли стадию гидроморфного развития в атлантическом периоде, реликтовые признаки которого (карбонатная пропитка всего почвенного профиля, его засоление легкорастворимыми солями и гипсом с максимальным выражением в верхнем горизонте, журавчики карбонатов кальция и железисто-марганцевые конкреции в нижней части профиля, накопление гумуса гуматного типа) сохранились в палеочерноземах эпохи бронзы.

История формирования и эволюция почв лесостепи в голоцене

Период 3900-3500 л.н. отличался более влажными условиями и сменой во времени растительных сообществ злаково-разнотравных степей лесостепными ландшафтами [20]. Происходило усиление выщелачивания карбонатов кальция и процесса гумификации палеочерноземов. Содержание сохранившегося гумуса в погребенных палеочерноземах этого времени достигло 4%. Состав его гуматный с отношением $C_{гк} : C_{фк} = 2.2$. В самом начале срубного времени (в аридном XV в. до н.э.) отмечалось оживление соленакопления и увеличение количества солей до 0.4-0.6% (в том числе токсичных - до 0.11-0.16%). Однако этап соленакопления был коротким и аридные условия снова сменились более влажными. Они благоприятствовали формированию лесостепных ландшафтов на протяжении 3400-2900 лет назад, с возрастанием роли разнотравно-злаковых сообществ в отрезок времени 2900-2500 лет назад. В этих экологических условиях на фоне усиливающегося дренажа местности палеочерноземы карбонатные слабозасоленные постепенно эволюционировали по элювиальному типу. В субатлантическом периоде ландшафты приобрели стабильные современные черты. Гумусовый горизонт палеочерноземов был промыт от миграционных форм карбонатов, а из солей в нем к концу I тыс. до н.э. сохранился лишь гипс в малых количествах. Возросла мощность гумусового горизонта и содержание сохранившегося в погребенных почвах гумуса (до 4.5-5%). Палеочерноземы по своим диагностическим признакам были уже близки к современным черноземам. Эволюция почв в последние 2000-2200 лет продолжалась в том же направлении. В конечном итоге палеочерноземы карбонатные слабозасоленные эпохи бронзы с мощностью горизонтов A + AB = 55-63 см трансформировались в современные черноземы типичные и выщелоченные средне- и многогумусные с мощностью гор. A + AB = 75-92 см.

Комплексными почвенно-археологическими исследованиями установлено, что в типичной и южной лесостепи Окско-Донской рав-

нины гидроморфное почвообразование имело и имеет в настоящее время более яркое проявление, чем на Среднерусской и других возвышенностях в тех же ландшафтных подзонах. В эпоху бронзы на низменных равнинах фоновыми компонентами структуры почвенного покрова были гидроморфные и полугидроморфные почвы разной степени засоления и солонцеватости.

Уже к середине II тыс. до н.э. в типичной и южной лесостепи Окско-Донской равнины сложился сложный контрастный почвенный покров, в структуре которого доминировали черноземно-луговые и лугово-черноземные палеопочвы. Наиболее широкое распространение имели полноразвитые полугидроморфные лугово-черноземные карбонатные слабозасоленные среднемощные палеопочвы, хорошо сохранившиеся до настоящего времени под многочисленными курганами-могильниками эпохи бронзы на междуречных водоразделах. Мощность их колебалась в пределах 65-76, а на пологих склонах – 45-60 см. Наличие миграционных форм карбонатов по всему профилю и железисто-марганцевых конкреций в его нижней части, слабая засоленность, очень постепенное уменьшение содержания гумуса в пределах гор. [A] и [AB], его гуматный состав, однородность гранулометрического и валового химического состава, морфологическое строение профиля подтверждают, что рассматриваемые палеопочвы формировались под растительностью луговой степи в условиях теплого, влажного климата и неглубокого залегания уровня грунтовых вод, подтягивание которых к поверхности и испарение способствовали пропитке почвенных горизонтов карбонатами и слабому накоплению легкорастворимых солей.

В комплексе с этими почвами значительно шире, чем теперь, были распространены лугово-черноземные карбонатные солонцевато-засоленные почвы. Они отличались большей плотностью, трещиноватостью, хуже выраженной структурой, наличием выцветов солей и характеризовались сульфатным кальциево-на-

триевым в гор. [А] и сульфатным магниевонатриевым в остальной части профиля засолением.

Изученные подкурганые палеопочвы отражают состояние почвообразования, свойственное атлантическому периоду с наиболее влажным и теплым климатом на протяжении всего голоцена и началу суббореального периода. Они свидетельствуют о том, что с ранних эпох голоцена на Окско-Донской равнине почвы развивались в гидроморфных условиях с накоплением гумуса гуматного типа. В эпоху бронзы они достигли стадии полноразвитых лугово-черноземных почв, которые в целом были менее мощные и выщелоченные, более карбонатны, засолены и солонцеваты, чем современные почвы.

Сопоставление лугово-черноземных палеопочв эпохи бронзы с почвами, погребенными под курганами 3.5-1 тыс. лет назад, и современными лугово-черноземными почвами дает основание утверждать, что их дальнейшая эволюция в условиях общего похолодания и значительной влажности климата, наступивших в субатлантический период, шла по пути усиления выщелачивания и увеличения мощности почв. Это привело к трансформации их в лугово-черноземные обычные мощные тучные и среднегумусные почвы, которые являются главным компонентом современного почвенного покрова южной части Окско-Донского плоскоместья.

Приведенный обзор обширных материалов почвенно-археологических исследований свидетельствует о том, что в Европейской лесостепи в почвообразовании на протяжении голоцена, особенно в атлантический период, важную роль играл гидроморфный процесс. Его проявление было неодинаковым на дренированных возвышенностях и низменностях лесостепи Русской равнины.

На возвышенностях продолжительность и интенсивность гидроморфного процесса была меньшей и формировавшиеся гидроморфные и полугидроморфные почвы уже к эпохе бронзы трансформировались в черноземы карбо-

натные слабозасоленные с остаточными признаками гидроморфизма. Дальнейшая их эволюция была связана с неоднородными колебательными изменениями природных условий, усилением дренированности территории, что способствовало прогрессирующему развитию автоморфного процесса, нарастанию выщелачивания, мощности и гумусированности почвенного профиля. Лишь вмешательство человека (слабое начиная с эпохи бронзы, интенсивное в последние столетия) осложнило этот процесс и вызвало антропогенную деградацию черноземов. Общая схема эволюции черноземов на рассматриваемой территории на протяжении голоцена представляется на основе существующих фактических материалов предположительно в таком виде: гидроморфные и полугидроморфные аналоги черноземов (атлантический период) – черноземы карбонатные слабозасоленные (суббореальный период) – черноземы типичные и выщелоченные (конец суббореального и субатлантический период).

На низменных равнинах в условиях большего увлажнения преимущественно из-за близкого к поверхности залегания грунтовых вод на недренированных междуречьях развитие почв осуществлялось по схеме: гидроморфные и заболоченные почвы лугового ряда (атлантический период) – черноземно-луговые и лугово-черноземные карбонатные разной степени засоления и солонцеватости почвы (суббореальный период) – полугидроморфные лугово-черноземные и гидроморфные черноземно-луговые современные почвы с комплексом почв западных ландшафтов (субатлантический период).

На протяжении голоцена (по крайней мере с атлантического периода и до настоящего времени) в структуре почвенного покрова имели место гидроморфные солонцы и засоленные почвы. Доля их участия менялась вместе с колебательными изменениями гидротермических и других природных условий. Нами обнаружены и детально изучены гидроморфные солонцы и солонцеватые почвы под кургана-

История формирования и эволюция почв лесостепи в голоцене

ми эпохи бронзы в пределах Окско-Донской равнины. Объектами исследований послужили черноземно-луговые корковые карбонатные солончаковатые палеосолонцы и лугово-черноземные солонцеватые палеопочвы.

Установлено, что около 4000 л.н. в лесостепи Окско-Донской равнины были широко распространены полноразвитые гидроморфные палеосолонцы. Под курганами, сооруженными в период 3400-3600 л.н., обнаружены полугидроморфные карбонатные солонцеватые средnezасоленные палеопочвы с мощностью горизонтов $[A_k] + [AB_k] = 50-60$ см. Современные почвы на водораздельных пространствах вокруг курганов представлены лугово-черноземными мощными ($A + AB = 83-97$ см) среднегумусными (7-8.5%) и черноземно-луговыми тяжелосуглинистыми и глинистыми почвами.

Сходство основных морфологических признаков погребенных и фоновых почв свидетельствует о том, что формирование палеосолонцов, начавшееся в атлантический период, было обусловлено наложением солонцеобразования на ранее развивавшийся черноземно-луговой процесс. Гумусовый профиль палеосолонца имеет черты сходства и унаследован от черноземно-луговой палеопочвы, а солонцеватой палеопочвы близок лугово-черноземной карбонатной палеопочве, отличаясь большей плотностью сложения, трещиноватостью и призмовидностью структуры. По сравнению с фоновыми почвами они отличаются меньшей мощностью гумусового профиля (50-60 см).

Генетическая связь рассматриваемых почв подтверждена результатами сравнительно-аналитических исследований. Черноземно-луговые палеосолонцы имеют глинистый крупнопылевато-иловатый гранулометрический состав с очень слабо выраженным выносом ила из верхнего горизонта. Общая степень дифференциации почвенного профиля по илу равна 1.07, тогда как в солонцеватой палеопочве – 1.16, фоновой лугово-черноземной почве – 1.19, в современных черноземно-луговых солонцах колеблется в зависимости от степени

осолодения в пределах 1.67-2.21. Такое изменение степени дифференциации свидетельствует о нарастании элювиирования почв, а в солонцах и осолодения во второй половине голоцена и особенно в субатлантическом периоде. Оно затронуло также почвенную массу курганных насыпей, в которой коэффициент дифференциации по илу достиг 1.13-1.26. Очень слабая дифференциация палеосолонцов, законсервированных под курганами около 4000 л.н. – еще одно свидетельство в пользу заключения о том, что они формировались по черноземно-луговым палеопочвам с недифференцированным профилем.

Черноземно-луговые палеосолонцы имеют ореховато-призмовидную структуру с высоким содержанием структурных отдельностей крупнее 10 мм (62-71% в верхней половине профиля). Водопрочность агрегатов очень низкая. Сумма водопрочных агрегатов крупнее 1 мм в гумусовом профиле уменьшается с глубиной от 5 до 1%, размером 1-0.5 мм от 5 до 3% и размером 0.5-0.25 мм увеличивается от 17 до 23%. Выход пыли при мокром расसेве составляет 73-81%.

Физические свойства палеосолонцов плохие. Величина объемной массы колеблется от 1.41-1.43 в гор. $[AB1_k]$ до 1.47-1.53 г/см³ в гор. $[B1_k]$ и С. Удельная масса увеличивается с глубиной с 2.63 до 2.74 г/см³, а общая порозность колеблется в пределах 46-44%. По этим показателям они мало отличаются от современных черноземно-луговых солонцов, у которых средние величины объемной и удельной массы, общей порозности меняются вниз по профилю в пределах 1.40-1.54 г/см³, 2.65-2.73 и 42-48%. Лишь в надсолонцовом горизонте А1, обогащенном гумусом (6-9%), эти показатели лучше и составляют соответственно 1.15-1.25 г/см³, 2.56-2.60 и 51-56%.

Валовой химический состав черноземно-луговых палеосолонцов характеризуется большой однородностью по генетическим горизонтам. Содержание основных оксидов в пересчете на прокаленную бескарбонатную массу колеблется в узком интервале: SiO₂ 70-71, R₂O₃

19-19.5, CaO 1.8-2.1, MgO 2-2.4, K₂O 2.5-2.7, Na₂O 1.1-1.3%. Аналогичный состав имеют черноземно-луговые солонцеватые палеопочвы. Для современных черноземно-луговых солонцов отмечается увеличение содержания SiO₂ на 2-5% и уменьшение R₂O₃ в надсолонцовом горизонте по сравнению с остальной частью почвенного профиля. Среднее содержание оксидов в надсолонцовом горизонте составляет: SiO₂ 72-73, R₂O₃ 17-18, CaO 1.9-2.1, MgO 2.1-2.2, K₂O 2.3-2.4, Na₂O 1.5-1.6%, а в остальной части профиля (до глубины 150 см) колеблется в пределах: SiO₂ 67-69, R₂O₃ 20.9-21.7, CaO 1.9-2.4, MgO 2.7-2.9, K₂O 2.4-2.6, Na₂O 1.5-1.7%.

Таким образом, сопоставление гранулометрического и валового химического состава разновозрастных почв свидетельствует о том, что осолонцевание черноземно-луговых палеопочв не сопровождалось дифференциацией минеральной части их профиля. Она возникла в более позднее время по мере развития процессов выщелачивания, а в некоторых случаях и осолодения. Многие современные лугово-черноземные и черноземно-луговые почвы Окско-Донской равнины характеризуются наличием элювиального по содержанию ила и оксида магния слоя. Он имеется и в фоновых почвах около изученных курганов. Видимо, это связано с осолонцеванием их в конце первой половины голоцена и последующим рассолонцеванием и выщелачиванием в более позднее время.

В первой четверти II тыс. до н.э. гумусовый профиль в черноземно-луговых палеосолонцах имел мощность около 50 см. Содержание гумуса в нем постепенно снижалось с глубиной от 3.1 до 2%, а запас гумуса составлял 193 т/га. Лугово-черноземная солонцеватая палеопочва, погребенная под курганом около 3.5 тыс. л.н., отличалась большей мощностью гумусового профиля, содержанием (4.3-3.2 в гор. [A_к]) и 3.1-2.2% в гор. [AB_к]) и запасом (234 в слое 0-50 см и 326 т/га в слое 0-75 см) гумуса.

В соответствии с системой показателей гумусного состояния почв [18] черноземно-луговые палеосолонцы характеризуются средним запасом гумуса в метровой толще (344 т/га) и постепенно убывающим профильным распределением его. Степень гумификации органического вещества высокая (30%). Тип гумуса гуматный с очень низким содержанием “свободных” гуминовых кислот (4-6% от суммы ГК), высоким – ГК, связанных с кальцием (67-77%) и прочносвязанных (19-28%), средним – негидролизуемого остатка (54-56%). В групповом составе гумуса характерно преобладание гуминов и низкое содержание фульвокислот. Отношение C_{гк} : C_{фк} = 1.7-1.9.

В фракционном составе гуминовых кислот, на долю которых приходится 28-30% от общего углерода органического вещества, доминируют гуматы кальция. Состав фульвокислот характеризуются почти равным соотношением подвижных ФК (39-45% от суммы ФК) и фульватов кальция (38-43%) и значительно меньшим содержанием третьей фракции (17-21%).

Почва курганной насыпи отличается от подкурганного палеосолонца несколько большим содержанием гумуса в верхней ее части, что обусловлено влиянием степной растительности, произраставшей на кургане до распашки. По групповому и фракционному составу гумуса отношению C_{гк} : C_{фк} она аналогична гумусовому горизонту палеосолонца. Это, наряду с другими диагностическими показателями, свидетельствует о том, что курган был насыпан почвенной массой из гумусовых горизонтов палеосолонцов.

Для современных черноземно-луговых солонцов присуще высокое содержание гумуса в гор. A₁A₂ (6.5-9%), но мощность этого горизонта мала и количество гумуса резко падает до 4-3% в гор. B₁ и 1.5-2% в слое 40-50 см. Запас гумуса в метровой толще почвы составляет 295-320 т/га. Тип гумуса – гуматный с очень высокой степенью гумификации органического вещества, очень низким содержанием “сво-

История формирования и эволюция почв лесостепи в голоцене

бодных” ГК (10-2% от суммы ГК), высоким – ГК, связанных с кальцием (66-76%) и очень высоким – прочно связанных ГК (20-24%). Лишь в надсолонцовом горизонте отмечается небольшое увеличение (до 18% от суммы ГК) “свободных” ГК и уменьшение степени гумификации органического вещества. В целом состав гумуса палеосолонцов и современных солонцов имеет большое сходство с гумусом черноземно-луговых почв.

Черноземно-луговые палеосолонцы имеют значительную реальную емкость катионного обмена, которая составляет 30-34 в гумусовом профиле и 23-25 мг-экв/100 г в материнской породе. Соотношение обменных катионов резко меняется по генетическим горизонтам. В верхнем солонцовом горизонте с максимальным содержанием обменного натрия (7 мг-экв/100 г или 20-21% от РЕКО) доля кальция меняется от 26 до 33, а магния – от 53 до 47% к сумме обменных катионов. В средней части профиля степень солонцеватости уменьшается до слабой и доля натрия падает до 6-9% от РЕКО, а магния – до 34-36%, кальция увеличивается до 55-60%. Материнская порода средне солонцеватая, доля кальция, магния и натрия в ней составляет 29,57 и 14% соответственно.

Лугово-черноземные солонцеватые палеопочвы отличаются большей РЕКО (35-42 мг-экв/100 г), меньшей долей обменного натрия (7-10%) и магния (25-41%) и увеличением доли кальция (53-67%) в ней. Палеосолонцы и солонцеватые палеопочвы карбонатны с поверхности. Количество CaCO_3 нарастает с глубиной от 5 до 17 в палеосолонцах и от 0.6 до 8.6% в солонцеватых почвах. В последних отмечается заметное выщелачивание карбонатов.

Для современных черноземно-луговых солонцов характерна высокая насыщенность обменным магнием (34-64% от РЕКО) и натрием (29-67%), низкая – обменным кальцием (3-15%). Лишь в надсолонцовом горизонте под влиянием процессов выщелачивания и биогенной аккумуляции отмечается повышение доли обменного кальция (до 55% от РЕКО), внедрение обменного водорода (6%), уменьшение

доли магния (23%) и натрия (16%). Карбонаты присутствуют во всех черноземно-луговых солонцах. Верхние горизонты, как правило, содержат мало карбонатов, но в гор. В количество их резко возрастает до 6-14% CaCO_3 и затем уменьшается с глубиной до 11-5% в гор. ВС и С. Осолодевающие солонцы лишены карбонатов в гор. A_1A_2 . По мере нарастания элювиирования они выносятся также из горизонтов B_1 и B_2 , а максимум содержания CaCO_3 (10-12%) перемещается во вторую метровую толщу почвенного профиля.

В развитии осолонцевания и поддержания солонцовых свойств черноземно-луговых почв Окско-Донской равнины велика роль постоянной связи почвенного профиля с грунтовыми водами. Под солонцами уровень их колеблется в пределах 1-2.5 м. Преобладают грунтовые воды с минерализацией 0.8-1.9 г/л, содержащие в среднем 10-18 мг-экв/л HCO_3^- , 0.3-1.2 SO_4^{2-} , 0.05-0.1 Cl^- , 0.7-2.3 Ca^{2+} , 1.5-4.6 Mg^{2+} , 0.05-0.2 K^+ , 8-12 Na^+ . Отмечается периодическое повышение и опускание уровня грунтовых вод, что способствует возникновению очагов засоления и осолонцевания почв при общем небольшом содержании солей в солонцовом горизонте.

Черноземно-луговые палеосолонцы и солонцеватые палеопочвы начала и середины II тыс. до н.э. содержат в почвенном профиле от 0.25 до 1.1% плотного остатка и 0.25-0.94% легкорастворимых солей. В палеосолонце максимум содержания солей (0.91-0.95%) находится в гор. $[B1_k]$, в солонцеватой палеопочве солей меньше и количество их нарастает от 0.17-0.35% в верхнем полуметровом слое до 0.42-0.51% в остальной 1.5-метровой толще.

Определение химизма, степени засоления и глубины залегания верхнего солевого горизонта по Базилевич и Панковой [4], всех вариантов связывания ионов в соли и солевых ассоциаций по Егорову и Гориной [12], выявило, что в палеосолонцах солевые ассоциации представлены в основном следующими солями: в гор. $[AB1k]$ – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, NaHCO_3 и Na_2SO_4 ; в гор. $[B1]$ – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$,

CaSO_4 , MgSO_4 , Na_2SO_4 и в материнской породе – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, MgSO_4 , Na_2SO_4 . Хлориды практически отсутствуют. В гор. [АВ1_к] доминируют сульфат натрия (44-52% от суммы солей, равной 0.25-0.32%) и двууглекислая сода (46-30%), в малом количестве присутствуют бикарбонаты магния (3-2%) и кальция (6-7%). Для остальной части профиля с общей суммой солей около 1% характерно преобладание сульфатов натрия (~50%), кальция (24-27%) и магния (18-19%) и низкое содержание бикарбоната кальция (6%). В материнской породе количество солей уменьшается до 0.5%, состав их представлен сульфатами натрия (83%) и магния (4%) и бикарбонатами кальция (10%) и магния (3%). Хлориды обнаруживаются в виде “следов”, ионы CO_3^{2-} отсутствуют. “Суммарный эффект” токсичных ионов (SO_4^{2-} и HCO_3^-), выраженный в мг-экв/хлора нарастает от 1.0-1.3 в гор. [АВ1_к] до 2.0-2.5 в средней части профиля и затем уменьшается до 1.2-1.5 в материнской породе.

Отсюда следует, что черноземно-луговые палеосолонцы эпохи бронзы относятся к типу среднесоленному сульфатному с участием двууглекислой соды в гумусовом гор. [АВ1_к]. Химизм засоления по катионному составу кальциево-натриевый. Отношение Na : Mg меняется от 28-38 в гор. [АВ1_к] до 2 в средней части профиля и 10 в материнской породе, Na : Ca соответственно 15, 1.5 и 9, Mg : Ca – 0.5, 0.7 и 0.9. По глубине залегания верхнего солевого горизонта они являются высокосолончаковатыми.

Современные черноземно-луговые солонцы, как правило, солончаковатые или высокосолончаковатые. По химизму засоления относятся к содовым, реже сульфатно-содовым. Содержание плотного остатка в засоленных горизонтах колеблется от 0.7 до 1.8%, количество ионов составляет: HCO_3^- – 7-13, Cl^- – 0.1-1.0, SO_4^{2-} – 0.3-12, Ca^{2+} – 0.5-2.5, Mg^{2+} – 0.6-2, Na^+ – 3-14 мг-экв/100 г. В незасоленных горизонтах эти показатели соответственно таковы: 0.06-0.35%, 0.3-1.7, 0.01-0.1, 0.1-0.7, 0.2-0.6, 0.1-0.5, 0.05-0.8 мг-экв/100 г.

Солонцеватые свойства непосредственно зависят от степени перехода натрия из неподвижного слоя мицеллы в диффузный. В связи с этим представляют интерес данные по активности и концентрации ионов кальция, натрия, калия, водорода, хлора.

Черноземно-луговые палеосолонцы характеризуются низкой активностью и концентрацией кальция в солонцовом горизонте, средней – в остальной части профиля и материнской породе. Учет активностей ионов водорода и кальция свидетельствует о среднем энергетическом уровне перехода кальция из твердой фазы палеосолонца в почвенный раствор, что обеспечивается наличием карбонатов кальция во всех генетических горизонтах, а также в гор. [В₂]. Активность и концентрация ионов натрия высокая, но в материнской породе характеризуется низкими показателями (0.8 ммоль/л против 20-35 в гор. [АВ1_к] и [В2_к]).

Черноземно-луговые палеосолонцы отличаются от современных солонцов пониженной активностью ионов кальция по всему профилю и натрия в средней его части. Однако в гор. [АВ1_к] палеосолонца активность натрия втрое больше, чем в соответствующем горизонте современного солонца (20-31 против 6-12 ммоль/л). Отличительной чертой черноземно-луговых солонцов является резкая дифференциация профиля по активности натрия и менее резкая по активности кальция. Верхние горизонты их, подверженные слабому осолодению и элюивированию, имеют низкий уровень активности натрия (pNa 2.2-1.9) и несколько пониженные активность кальция (pCa 2) и величины извлекательного потенциала (5.4-6.2). В остальной части профиля эти показатели составляют 1.2-1.5, 1.8-1.9, 7.1-7.7 соответственно.

В соответствии с ориентировочной шкалой обеспеченности кальцием и степени солонцеватости почв черноземно-солонцового комплекса [22] современные черноземно-луговые солонцы относятся к высокообеспеченным кальцием (pCa 1.8-2). По значениям pNa верхние горизонты их являются сильносолонцеватыми (pNa 1.9-2.2), а горизонты В₂ и В₃ солон-

История формирования и эволюция почв лесостепи в голоцене

цовыми (рNa 1.2-1.5). В палеосолонцах к солонцовым относятся горизонты [AB] и [B₁].

Активность и концентрация ионов калия в палеосолонцах очень низкие (0.03-0.19 ммоль/л), ионов хлора - колеблются в пределах 1.5-4 ммоль/л.

Определение активности водорода в условиях низкого разбавления почвы водой (1:0.5), при которых значения активных концентраций близки к содержанию этих ионов в почве, показало, что в палеосолонцах величина рН слабо уменьшилась с глубиной от 8.3-8.2 в гор. [AB1_к] до 8.1-8.0 в гор. [B] и 7.8 в материнской породе. В современных черноземно-луговых солонцах верхний горизонт отличается пониженной величиной рН (6.4-7.2), а в остальной части профиля она равна 8.4-8.6 и в материнской породе 8.1. При разбавлении почвы водой до 1:2.5 и 1:5 величины рН возросли на 0.3-1.1. Такая закономерность отмечена для всех изученных почв.

Почва курганной насыпи, сооруженная из верхних солонцовых горизонтов, и фоновые лугово-черноземные почвы существенно отличаются от палеосолонцов по активности ионов. В процессе трансформации почвенной массы кургана произошло уменьшение величины рН в слое 0-70 см до 7.6-7.8, заметно возросла активность кальция, многократно снизилась активность и концентрация ионов натрия.

Фоновые лугово-черноземные почвы характеризуются еще меньшими величинами рН в гумусовом (5.9-6.8) и переходном (7.4-7.8) горизонтах, очень низкой обеспеченностью кальцием в пахотном (рСа 3.9) и подпахотном (2.85 горизонтах, средней (2.3-2.4) в гор. АВ и низким уровнем активности и концентрации натрия по всему профилю (0.7-1.3 ммоль/л).

По величинам активности и концентрации ионов калия заметных различий в сравниваемых почвах не обнаружено. В отношении активности хлора отмечается небольшое ее увеличение в фоновых почвах по сравнению с палеосолонцом и курганной насыпью.

Сравнительная характеристика фоновых и погребенных почв позволяет заключить, что

эволюция черноземно-луговых палеосолонцов на протяжении второй половины голоцена сопровождалась существенной трансформацией физико-химических свойств, активностью и концентрацией ионов кальция, натрия, калия, водорода, хлора, величины известкового потенциала в них. При этом на фоне выноса растворимых солей и частичного выщелачивания карбонатов, усиления гумусоаккумуляции происходило замещение натрия на кальций (а также и водород гидролитической кислотности) в поглощающем комплексе, снижалась активность ионов натрия, возрастала активность водорода, особенно в верхней части профиля, возникал дефицит кальция в промытых от карбонатов горизонтах, несколько увеличивалась активность хлора. Активность ионов калия осталась на низком уровне как в погребенных, так и фоновых почвах.

Итак, установлено, что к началу II тыс. до н.э. в лесостепи Русской равнины на низменностях сформировались гидроморфные черноземно-луговые палеосолонцы и солонцеватые палеопочвы, принимавшие значительное участие в структуре палеопочвенного покрова эпохи ранней бронзы. Сравнительное изучение палеосолонцов и солонцеватых палеопочв, современных фоновых лугово-черноземных и черноземно-луговых, черноземно-луговых карбонатных и осолодевающих солонцов показало, что формирование палеосолонцов и солонцеватых палеопочв в конце первой половины голоцена было обусловлено наложением солонцеобразования на развивавшийся в период голоценового оптимума черноземно-луговой процесс почвообразования. Это подтверждается отсутствием заметной дифференциации гранулометрического и валового химического состава по генетическим горизонтам палеосолонцов, сходством гумусового состояния их и черноземно-луговых почв, особенностями строения почвенного профиля. В дальнейшем, начиная со второй четверти II тыс. до н.э. наблюдалось усиление выщелачивания, рассолонцевания, а местами и осолодения палеосолонцов, в результате чего они

постепенно эволюционировали в современные зональные черноземно-луговые и лугово-черноземные почвы с разной степенью выраженности признаками элювиально-иллювиальной дифференциации профиля. Наличие у лугово-черноземных и черноземно-луговых почв явной элювированности связано с осолонцеванием их в конце первой половины голоцена и последующим рассолонцеванием, выщелачиванием в эпоху бронзы и в субатлантическое время.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые на основе комплексных почвенно-археологических исследований, выполненных совместно с археологами Воронежского государственного университета в 1984-1998 гг., получен большой фактический материал по истории формирования и эволюции почв Среднерусской лесостепи в голоцене. Сравнительное исследование погребенных и фоновых почв, результаты которого публиковались в последние 15 лет, свидетельствуют о сложной истории развития гидроморфных почв Среднерусской лесостепи в голоцене, тесно связанной с непостоянством ландшафтно-экологических условий.

Установлено, что в этом регионе на протяжении голоцена, особенно в атлантический период, в почвообразовании важную роль играл гидроморфный процесс. Его проявление было неодинаковым на дренированных возвышенностях и низменностях лесостепи Русской равнины.

На возвышенностях продолжительность и интенсивность гидроморфного процесса была меньшей и формировавшиеся гидроморфные и полугидроморфные почвы уже к эпохе бронзы трансформировались в черноземы карбонатные с остаточными признаками гидроморфизма. Дальнейшая их эволюция была связана с неоднократными колебательными изменениями природных условий, усилением дренированности территории, что способствовало прогрессирующему развитию автоморфного процесса, нарастанию выщелачивания, мощности и гумусированности почвенного профи-

ля. Лишь вмешательство человека (слабое, начиная с эпохи бронзы, интенсивное – в последние столетия) осложнило этот процесс и вызвало антропогенную деградацию черноземов. Общая схема эволюции черноземов на протяжении голоцена представляется на основе существующих фактических материалов предположительно в таком виде: гидроморфные и полугидроморфные аналоги черноземов (атлантический период) — черноземы карбонатные слабозасоленные (суббореальный период) – черноземы типичные и выщелоченные (конец суббореального и субатлантический период).

На низменных равнинах гидроморфное почвообразование имело в прошлом и настоящем более яркое проявление. В условиях большего увлажнения преимущественно из-за близкого к поверхности залегания грунтовых вод, затрудненности поверхностного стока на недренированных междуречьях развитие почв осуществлялось по схеме: гидроморфные и заболоченные почвы лугового ряда (атлантический период) – черноземно-луговые, черноземно-влажнoluговые и лугово-черноземные карбонатные разной степени засоления и солонцеватости почвы (суббореальный период) – полугидроморфные лугово-черноземные и гидроморфные черноземно-луговые современные почвы с комплексом почв западных ландшафтов (субатлантический период).

На протяжении голоцена (по крайней мере с атлантического периода и до настоящего времени) в структуре почвенного покрова имели место гидроморфные солонцовые и засоленные почвы. Установлено, что к началу II тыс. до н.э. в лесостепи Русской равнины на низменностях сформировались полнопрофильные гидроморфные черноземно-луговые палеосолонцы и солонцеватые палеопочвы. Их формирование в конце первой половины голоцена было обусловлено наложением солонцеобразования на развивавшийся в период голоценового оптимума черноземно-луговой процесс почвообразования. Это подтверждается отсутствием заметной дифференциации грану-

История формирования и эволюция почв лесостепи в голоцене

лометрического и валового химического состава по генетическим горизонтам палеосолонцов, сходством гумусового состояния их и черноземно-луговых почв, особенностями строения почвенного профиля. В дальнейшем, начиная со второй четверти II тыс. до н.э., наблюдалось усиление выщелачивания, рассолонцевания, а местами и осолодения палеосолонцов, в результате чего они постепенно эволюционировали в современные зональные черноземно-луговые и лугово-черноземные почвы с разной степенью выраженности признаками элювиально-иллювиальной дифференциации профиля. Наличие у части лугово-черноземных и черноземно-луговых почв явной элювированности, видимо, связано с осолонцеванием их в конце первой половины голоцена и последующим рассолонцеванием и выщелачиванием в эпоху бронзы и в субатлантическое время.

Работа выполнена при поддержке РФФИ по проекту № 03-04-48211 и Министерства образования РФ (грант по программе Университеты России – фундаментальные исследования).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахтырцев Б.П. К характеристике палеопочв среднего голоцена в бассейне Верхнего Дона / Б.П. Ахтырцев, А.Б. Ахтырцев // Эпоха бронзы Восточноевропейской лесостепи. – Воронеж, 1984. – Вып. 5. – С. 146-153.
2. Ахтырцев А.Б. Палеопочвенные исследования в полевых работах Воронежского университета / Б.П. Ахтырцев, А.Б. Ахтырцев, А.Д. Пряхин // Археология Восточно-Европейской лесостепи. – Воронеж, 1997. – Вып. 10. – С. 15-24.
3. Ахтырцев Б.П. Палеопочвы эпохи бронзы и почвенный покров на территории Мосоловского поселения в бассейне р. Битюг / Б.П. Ахтырцев, А.Б. Ахтырцев // Археологические памятники эпохи бронзы Восточноевропейской лесостепи. – Воронеж, 1986. – Вып. 6. – С. 113-124.
4. Базилевич Н.И. Опыт классификации почв по засолению / Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова // Почвоведение. – 1968. – № 11. – С. 3-15.
5. Виленский Д.Г. Погребенные почвы Сагурамского могильника в Грузии / Д.Г. Виленский // Почвоведение. – 1925. – № 4. – С. 61-71.
6. Городцов В.А. Дневник археологических исследований в Бахмутском уезде Екатеринославской губернии / В.А. Городцов // Тр. 13 археологического съезда. – 1907. – Т. 1. – С. 311-316.
7. Городцов В.А. Классификация погребения Одесского кургана / В.А. Городцов // Отчет Российского Исторического Музея за 1915 г. – М., 1917. – С. 117-142.
8. Демкин В.А. Палеопочвоведение и археология / В.А. Демкин. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. – 213 с.
9. Дергачева М.И. Археологическое почвоведение / М.И. Дергачева. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997б. – 228 с.
10. Деревянко А.П. Многослойная палеолитическая стоянка Кара-Бом (Горный Алтай): экологические условия жизни древнего человека / А.П. Деревянко и др. // Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода: Тез. докл. – М., 1994. – С. 15-17.
11. Докучаев В.В. Русский чернозем / В.В. Докучаев. – М.: Сельхозгиз, 1952. – 635 с.
12. Егоров В.В. Полевые ассоциации в почвах Прикаспийской низменности в связи с их генезисом / В.В. Егоров, Н.И. Горина // Почвоведение. – 1975. – № 12. – С. 3-10.
13. Золотун В.П. Развитие почв юга Украины за последние 50-45 веков. Автореф. дис... док. с.-х. наук / В.П. Золотун. – Киев, 1974. – 74 с.
14. Климанов В.А. Климат Северной Евразии в позднеледниковье и голоцене. Автореф. дис... док. географ. наук / В.А. Климанов. – М., 1996. – 46 с.
15. Климанов В.А. Палеоклиматические условия Русской равнины в климатический оптимум голоцена / В.А. Климанов // Докл. АН СССР. – 1978. – Т. 242. – № 4. – С. 902-904.
16. Мерперт Н.Я. Археология и некоторые вопросы почвоведения / Н.Я. Мерперт, А.П. Смирнов // Советская археология. – 1960. – № 4. – С. 61-71.
17. Нейштадт М.И. К вопросу о некоторых понятиях в разделении голоцена / М.И. Нейштадт // Изд. АН СССР. Сер. Географ. – 1983. – № 2. – С. 103-108.
18. Орлов Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 400 с.
19. Серебряная Т.А. О динамике лесостепной зоны в центре Русской равнины в голоцене / Т.А. Серебряная // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. – М, 1982. – С. 179-186.
20. Спиридонова Е.А. Изменение природной обстановки голоцена в бассейне Дона / Е.А. Спиридонова // Мосоловское поселение эпохи бронзы в системе памятников степи и лесостепи. – Воронеж, 1991. – С. 53-55.
21. Хотинский Н.А. Голоценовые хроносрезы: дискуссионные проблемы палеогеографии голоцена / Н.А. Хотинский // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. – М., 1982. – С. 142-147.
22. Цуриков А.Т. Активность кальция, натрия, водорода в почвах при химической мелиорации солонцов / А.Т. Цуриков // Почвоведение. – 1977. – № 4. – С. 45-56.
23. Akhtyrtsev V. P., Akhtyrtsev A. B. Formation and Evolution of Chernozemic-Meadow Paleosolonetztes in Forest-Steppe of the Russian Plain in the Holocene. Paper / B.P. Akhtyrtsev, A.B. Akhtyrtsev // Eurasian Soil Science. – 1997. – Vol. 30(9). – P. 940-953.
24. Akhtyrtsev V.P. On evolution of gray forest soils in Middle Russian forest-steppe / B.P. Akhtyrtsev // Eurasian soil Science. – 1993. – Vol. 25, №11. – P. 92-106.