

## АГРОХИМИЯ И ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.417.2

Д.А. Гаврилов<sup>1</sup>, М.И. Дергачева<sup>1,2</sup>, М.К. Хабдулина<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск)

<sup>2</sup>Биологический институт Томского государственного университета (г. Томск)

<sup>3</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (г. Астана, Казахстан)

### ПАЛЕОПОЧВЫ И ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СРЕДНЕВЕКОВОГО ГОРОДИЩА БОЗОК В VIII–XIV вв.

*Изучена серия погребенных почв средневекового городища Бозок периодов VIII–IX, X–XII и XIII–XIV вв., датированных археологическим и радиоуглеродным методами. Кроме характеристик, относящихся к комплексу признаков гумуса палеопочв, изучен также ряд морфологических и физико-химических свойств палеопочв (реакция почвенной среды, содержание и распределение карбонатов по профилю, магнитная восприимчивость почв). Анализ свойств погребенных почв позволил установить, что их формирование происходило в степных условиях, чему соответствуют характеристики состава гуминовых кислот и их соотношение с другими компонентами гумуса. Небольшие колебания содержания отдельных групп гумусовых веществ, их соотношения, а также формы карбонатов кальция отражают слабые изменения тепла и влаги и показывают, что изменение природной среды в форме флуктуации происходило в основном за счет изменения теплообеспеченности. Это подтверждается сохранностью всех характеристик в пределах типовых полей распределения основных показателей гумуса степных почв. Палеопочва VIII–IX вв. была сформирована в условиях более низких летних температур и умеренном увлажнении. В период XI–XIV вв. климат стал более аридным, суммарное количество осадков оставалось на прежнем уровне.*

**Ключевые слова:** гумус; гумусовая память почв; палеопочвы; условия почвообразования.

### Введение

Возможность использования почвы в качестве источника информации об эволюции природной среды строится на положении В.В. Докучаева о том, что почва является естественно-историческим телом, отражающим в своих свойствах действия факторов почвообразования: климата, растительности, рельефа, породы и времени в виде устойчивых диагностических признаков разного уровня. Данная отражающая способность почвы получила название рефлекторность [1].

Разнообразные свойства почвы неравномерно отражают действия факторов. Одним из наиболее рефлекторных по отношению к климату компонентов почвы являются гумусовые вещества. Количество гуминовых кислот тесно связано с температурными условиями, фульвокислот – с условиями увлажнения, их соотношение – с большинством основных параметров климата [2].

Устойчивость во времени «записи» гумусовыми веществами информации об условиях своего образования обозначается термином «гумусовая память почв» [3], которая является одной из составляющих более широкого понятия «память почв» [4], что позволяет использовать этот компонент почв и палеопочв для диагностики типов и условий почвообразования, а также реконструкции природной среды прошлого [5].

Целью работы является реконструкция эволюции типов и условий почвообразования на территории Северного Казахстана на протяжении VIII–XIV вв., используя палеопочвы этого времени, погребенные под валами и выбросами археологического городища Бозок.

### **Материалы и методики исследования**

Городище Бозок расположено в междуречье Ишима и Нуры на восточном берегу оз. Бузыкты на останце возвышенного берегового вала. Геоморфологически местоположение этого объекта относится к территории Казахского мелкосопочника, в ландшафтном отношении – к подзоне сухих типчаково-ковыльных степей с резко-континентальным климатом, среднегодовой температурой воздуха  $+1,4^{\circ}\text{C}$ , суммой температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  –  $2\ 300^{\circ}\text{C}$  и количеством осадков –  $250\text{--}280$  мм/г. Продолжительность безморозного периода в районе составляет  $110\text{--}120$  дней, гидротермический коэффициент –  $0,8$  [6].

Почвообразующие породы представлены на всей территории аллювиальными отложениями разного гранулометрического состава.

Современный почвенный покров территории расположения городища отличается комплексностью, обусловленная неоднородностью рельефа и глубиной залегания грунтовых вод. Возвышенный участок памятника использовался человеком в древности для строительства валов и стен городища, поэтому современная почва, лежащая на культурном горизонте городища, характеризуется укороченностью профиля. Согласно почвенному районированию [6], район местонахождения памятника относится к зоне темно-каштановых почв. Глубина залегания грунтовых вод здесь составляет более  $4\text{--}5$  м.

Прилегающая к возвышенному участку территория характеризуется полугидроморфностью и сочетанием разной степени и глубины засоленности лугово-каштановых почв, которые изменяются к периферии территории памятника, где проходит граница смены лугово-каштановых засоленных почв на солонцы.

Была изучена серия палеопочв, датируемых периодами VIII–IX, X–XII и XIII–XIV вв. Датирование было проведено по данным археологических изысканий (автор раскопок М.К. Хабдулина) и по результатам радиоуглеродного анализа гумуса и костных остатков животных (табл. 1).

В ходе полевых исследований было сделано морфологическое описание палеопочв, приведенное ниже.

Погребенная почва, вскрытая разрезом 1, мощностью  $90$  см имеет следующую морфологию (табл. 1).

[А] ( $0\text{--}24$  см) – светло-серый с буроватым оттенком, сухой, пылевато-комковатый, легкоуглинистый, уплотненный, слабовскипающий от  $10\%$   $\text{HCl}$  с поверхности, карбонаты в виде пропитки, пронизанный корнями, переход ясный.

[АВ] (24–55 см) – бурого цвета со светло-серыми языками, заполненными гумусированной массой, сухой, комковатый, легкосуглинистый, карбонатный в виде белоглазки, уплотненный, пронизанный корнями, переход постепенный, граница языковатая.

Таблица 1

## Морфологические характеристики палеопочв

Разрез	Лабораторный номер	Материал	Радиоуглеродный возраст $C_{14}$		Археологическая датировка (М.К. Хабдулина)
			ВР лет назад	ВСсal (лет н.э.)	
1	СОАН-7680	Гуминовые кислоты	1500±45	535–632 (1σ) 526–644(2σ)	VIII–IX вв.
2	СОАН-7328	Кости животных	790±35	1221–1265 (1σ) 1184–1280 (2σ)	X–XII вв.
3	–	–	–	–	XIII–XIV вв.

[Вса] (55–90 см) – бурый, сухой, комковатый, неоднородный по гранулометрическому составу – легкосуглинистый с прослоями супеси, плотный, сильновскипающий от 10% HCl, карбонатный в виде белоглазки, встречаются корни растений.

Погребенная почва, вскрытая разрезом 2 под развалом стены жилища №1, имеет мощность 70 см. Развал стены и верхняя часть погребенного горизонта [А] нарушена современной распашкой. Хорошо сохранилась только его нижняя часть.

[А] (0–7 см) – темно-серый, свежий, пылевато-комковатый, легкосуглинистый, слабоуплотненный, не вскипающий от 10% HCl, с включениями корней растений, переход ясный.

[АВ] (7–28 см) – бурый с темно-серым оттенком к низу, свежий, комковатый, среднесуглинистый, карбонатный (псевдомицелии), слабовскипающий от 10% HCl с 18 см, слабоуплотненный, переход постепенный, граница языковатая.

[Вса] (28–70 см) – светло-бурый, влажный, комковатый, среднесуглинистый, карбонаты в виде белоглазки, слабоуплотненный, с заходящими внутрь горизонта гумусовыми языками.

Палеопочва мощностью 50 см, вскрытая разрезом 3 со стороны северного квартала под паховой кладкой межквартального пространства городища, имеет следующее строение:

[А] (0–11 см) – темно-серый, свежий, пылеватый, легкосуглинистый, не вскипающий от 10% HCl, слабоуплотненный, с включениями корней растений, переход ясный.

[АВ] (11–24 см) – темно серый с бурым оттенком, с неровной языковатой нижней границей, свежий, комковатый, среднесуглинистый, вскипающий от 10% HCl с 15 см, слабоуплотненный, переход постепенный.

[Вса] (24–50 см) – светло-бурый, свежий, уплотненный, комковатый, среднесуглинистый, карбонатный (белоглазка).

Для диагностики типа древнего почвообразования и реконструкции эволюции природной среды использовался педогумусовый метод, основанный на информационной емкости гумусовых веществ и позволяющий на основе изучения связей содержания, состава и их свойств с параметрами климата реконструировать природную обстановку прошлого [3].

При изучении погребенных почв были определены следующие свойства: содержание общего органического углерода (по И.В. Тюрину), реакция почвенной среды (потенциометрически в водной суспензии), содержание и распределение карбонатов по профилю (газовольметрическим методом), групповой и фракционный состав гумуса (по методу В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой в модификации 1968 г.). Элементный состав гуминовых кислот определялся на автоматических анализаторах Hewelet Packard и Carlo Erba в аналитической лаборатории НИОХ СО РАН под руководством доктора химических наук В.П. Фадеевой. Магнитная восприимчивость была измерена на Kappabridg KLY-2 и пересчитана на 1 г мелкозема. Радиоуглеродные даты времени погребения палеопочв были получены по гуминовым кислотам и костям животных кандидата геолого-минералогических наук Л.А. Орловой (ИГиМ СО РАН). Калибровка дат произведена с помощью программы Calib Rev 5.0.1.

### Результаты исследования и обсуждение

Изучение химических свойств самой древней почвы из серии изучаемых палеопочв показало, что в ней содержится менее 1% органического углерода ( $C_{орг}$ ), который характеризуется аккумулятивным типом распределения по профилю (табл. 2). Магнитная восприимчивость изменяется параллельно  $C_{орг}$ . Верхняя 50-сантиметровая часть профиля, судя по изменению и сочетанию магнитной восприимчивости и  $C_{орг}$ , формировалась в постепенно изменяющихся к потеплению условиях.

Таблица 2  
Некоторые характеристики вещественного состава палеопочв

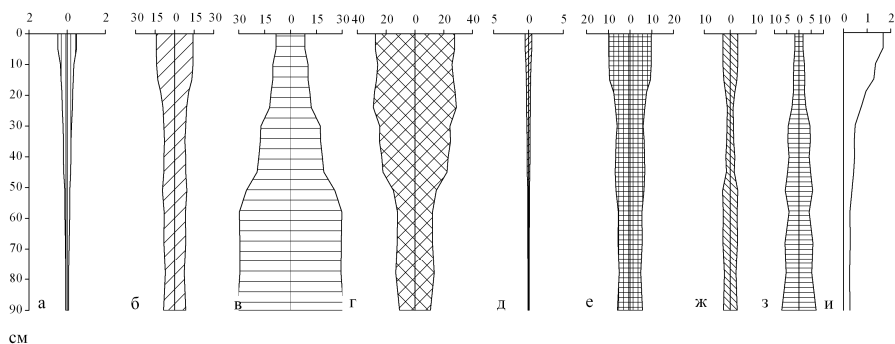
Разрез 1										
Гор.	№ обр.	Глубина, см	Сорг., %	$\chi_{6CTCE/г}^{10-}$	pH <sub>водн.</sub>	CaCO <sub>3</sub> , %	ΣГК	ΣФК	C <sub>гк</sub> :C <sub>фк</sub>	H:C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
А	14	0–5	0,97	1,98	8,17	1,29	28,22	16,77	1,68	–
	13	5–10	0,71	1,97	8,17	0,43	27,88	20,43	1,36	0,84
	12	10–15	0,64	1,71	8,24	1,08	26,21	20,42	1,28	0,86
	11	15–19	0,56	1,11	8,30	1,29	21,40	22,42	0,95	0,99
	10	19–24	0,55	1,09	8,32	1,08	18,22	24,14	0,75	1,22
АВ	9	24–30	0,43	0,91	8,40	2,16	16,86	34,42	0,49	1,45
	8	30–35	0,41	0,87	8,42	9,92	15,70	34,97	0,45	–
	7	35–40	0,40	0,75	8,52	11,86	16,85	36,92	0,46	–
	6	40–45	0,36	0,68	8,58	12,94	16,68	38,71	0,43	–
	5	45–50	0,27	0,65	8,52	12,94	18,75	49,89	0,38	–
	4	50–60	0,26	0,67	8,56	14,44	16,23	59,48	0,27	–
Вса	3	60–70	0,20	0,69	8,50	10,35	16,74	58,79	0,28	–

Окончание табл. 2

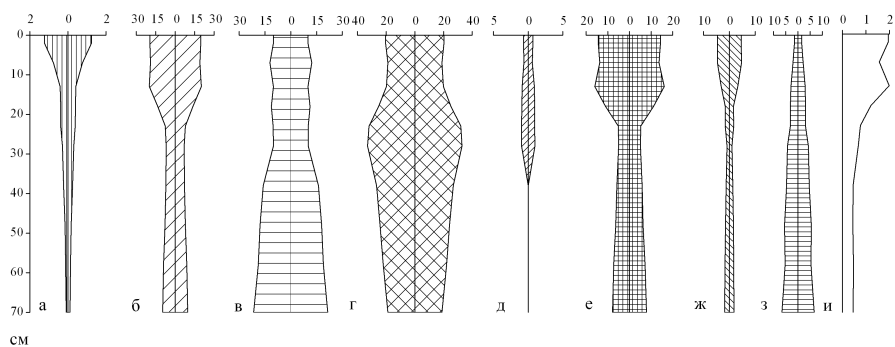
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	2	70–80	0,16	0,98	8,61	9,70	14,48	58,72	0,25	–
	1	80–90	0,16	0,72	8,67	14,23	16,93	61,65	0,27	–
Разрез 2										
A	10	0–2	2,49	1,81	8,53	0	39,24	20,09	1,95	0,80
	9	2–7	1,52	1,97	8,53	0	37,97	24,40	1,56	0,76
AB	8	7–13	0,82	1,48	8,52	0	40,13	20,14	1,99	–
	7	13–18	0,78	1,12	8,66	0	27,16	22,40	1,21	0,85
	6	18–23	0,76	1,21	8,81	0,21	15,48	20,48	0,76	0,96
	5	23–28	0,60	1,11	8,83	0,43	13,81	20,34	0,68	1,24
Bca	4	28–38	0,48	0,76	8,82	10,24	14,37	32,10	0,45	1,73
	3	38–48	0,32	0,82	9,06	12,80	15,76	35,77	0,44	1,60
	2	48–58	0,26	0,76	9,15	13,44	17,87	37,92	0,47	–
	1	58–68	0,20	0,79	9,15	9,17	19,29	43,02	0,45	–
Разрез 3										
A	6	0–5	0,54	1,83	8,64	0	42,3	30,4	1,39	0,91
	5	5–11	0,48	1,80	8,33	0	33,6	38,7	0,87	1,11
AB	4	11–15	0,42	1,34	8,22	0	25,6	49,4	0,52	1,71
	3	15–24	0,28	0,99	8,29	8,8	21,0	57,8	0,36	1,65
Bca	2	24–40	0,30	0,78	8,31	8,4	20,0	62,6	0,32	–
	1	40–50	0,27	0,85	8,13	8,2	15,8	58,8	0,27	–

В то же время образование этой почвы происходило при увлажнении, которое обусловило выщелачивание карбонатов в более глубокие горизонты, так что верхняя часть профиля содержит небольшое их количество, а максимум их содержания приходится на 37–70 см. Наличие карбонатов в гумусовом горизонте в виде пропитки позволяет предполагать, что самая древняя почва формировалась при более низких летних температурах, чем в последующие периоды, о чем может свидетельствовать их отличие от других погребенных почв, где наиболее распространены сегрегационные формы карбонатов. Реакция среды по всему профилю щелочная ( $pH_{\text{водн}}$  8,2–8,7).

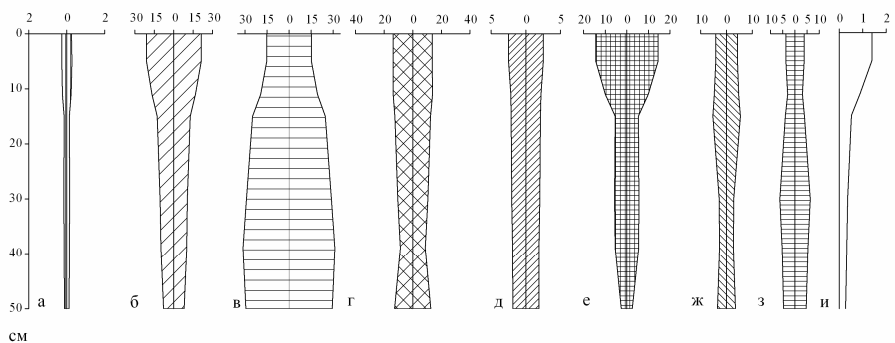
Гумус относится к гуматному и фульватно-гуматному типу ( $C_{\text{гк}}:C_{\text{фк}}$  1,28–1,68), который ниже сменяется на гуматно-фульватный и затем на фульватный состав (рис. 1, А). Почва имеет типичный для степных почв гумусовый профиль: постепенное уменьшение гуминовых кислот с глубиной, увеличение фульвокислот в том же направлении, преобладание гуматов кальция (ГК фр. 2), равномерное распределение и небольшая доля (2–5%) гуминовых кислот, прочно связанных с минеральной частью (ГК фр. 3). О формировании почв в умеренно-влажных условиях свидетельствует распределение фракции 1а фульвокислот по профилю: их доля увеличивается с глубиной, достигая в нижней части профиля 10–14%. Подобный состав гумусовых веществ характеризует черноземный тип почвообразования при умеренно теплых и умеренно влажных условиях [7–8 и др.]. Соотношение углерода и водорода (Н:С) в гуминовых кислотах гумусового горизонта этой палеопочвы лежит в пределах 0,84–0,86, что также характерно для почв умеренно засушливой степи.



А



Б



В

Рис. 1. Гумусовые профили погребенных почв: А – VIII–IX вв.;  
 Б – XII–XIII вв.; В – XIII–XIV вв. Обозначения: а – общий углерод, % к почве;  
 б – гуминовые кислоты; в – фульвокислоты; г – негидролизуемый остаток (гумин);  
 д – фракция ГК1; е – фракция ГК2; ж – фракция ГК3; з – ФК1а, % к почве; и –  $C_{гк}:C_{фк}$

Датирование по  $C_{14}$  верхней 2-сантиметровой толщи гумусового горизонта рассматриваемой палеопочвы показало, что она относится ко времени VI–VII вв. Сравнение полученной даты с археологической обнаружило их разницу в 200–300 лет. Это позволяет нам, согласно О.А. Чичаговой [9], интерпре-

тировать радиоуглеродную дату как время минимального возраста погребения, а за реальное время погребения принять археологическую дату.

Профиль почвы разреза 2 испытал последующую турбацию верхней части гумусового горизонта в процессе вспашки. Поэтому были отобраны образцы нижней части гумусового горизонта без морфологических признаков вспашки (гор. [А] 0–7 см). В нижележащей части профиля отмечается его ненарушенность. Распределение органического углерода по профилю характеризуется аккумулятивным типом и постепенным уменьшением  $C_{орг}$  с глубиной – от 2,5% в гор. [А] до 0,2% в гор. [Вса] (табл. 2). Магнитная восприимчивость имеет повышенные значения в горизонтах [А] и [АВ]; где она достигает  $1,11–1,97 \times 10^{-6}$  ГСЕ/г, составляя в [В] около  $0,80 \times 10^{-6}$  ГСЕ/г. Нижняя часть горизонта [Вса] в этой и других почвах характеризуется близкими значениями (0,7–0,9), что может свидетельствовать в пользу единого генезиса рассматриваемых горизонтов почв. Реакция почвенной массы сильно щелочная ( $pH_{водн}$  8,5–9,1), максимум  $CaCO_3$  приходится на глубину 30–60 см от вскрытой поверхности палеопочвы. Верхняя часть почвы до глубины 23 см выщелочена от карбонатов, которые в профиле фиксируются в сегрегационной форме, что может свидетельствовать о более контрастных и высоких температурах в период их формирования.

Гумусово-аккумулятивная толща характеризуется гуматным типом гумуса, который к низу профиля меняется на фульватно-гуматный и затем фульватный. Наиболее подвижные фульвокислоты накапливаются в нижней части профиля, достигая там 12–13%. Профильное распределение компонентов гумуса характерно для автоморфных степных почв и аналогично предыдущей почв (рис. 1, Б). Величина Н:С гуминовых кислот в гумусово-аккумулятивном горизонте лежит в пределах, характерных для степных условий. Наблюдается уменьшение степени обуглероженности с глубиной, тогда как доля водорода в составе гуминовых кислот увеличивается, что приводит к расширению величины Н:С до 1,6–1,7 в гор. [Вса]. Характеристики гумусово-аккумулятивной толщи вскрытой палеопочвы свидетельствуют о степном типе почвообразования (Н:С 0,7–0,8) в период её погребения. Данный состав гумуса соответствует условиям зоны умеренно-засушливой степи, но, по видимому, несколько более теплым, чем в предыдущем случае.

Свойства погребенной почвы разреза 3 близки к предыдущим почвам. Органический углерод имеет аккумулятивное распределение. Реконструируемое его количество, согласно И.В. Иванову [10], составляет в погребенном гумусовом горизонте около 1,5%. Гумусовый горизонт также характеризуется высокой магнитной восприимчивостью ( $1,80–1,83 \times 10^{-6}$  ГСЕ/г), которая снижается в [АВ] почти на 0,5%, глубже характеризуется величинами, близкими к предыдущим почвам. Реакция среды почвы щелочная ( $pH_{водн}$  8,1–8,6). Максимум  $CaCO_3$  в этой почве приурочен к глубине 15–50 см, где его количество составляет около 8% (табл. 2). Формы  $CaCO_3$ , так же, как и в предыдущей почве, встречаются в виде белоглазки.

Тип гумуса в верхних горизонтах почвы фульватно-гуматный, сменяющийся глубже на гуматно-фульватный и фульватный. Среди гуминовых кислот преобладают черные их формы (гуматы кальция), количество которых

уменьшается с глубиной. Бурые гуминовые кислоты в профиле распределены равномерно и не превышают 4–5%. Доля ГК фр. 3 составляет не более 10%. Подвижные фульвокислоты (ФК фр. 1а) накапливаются в нижней части профиля, и максимум их практически совпадает с максимумом накопления карбонатов (см. рис. 1, В).

### **Заключение**

Анализ характеристик палеопочв городища Бозок, погребенных в период VIII–XIV вв., показал, что распределение всех групп и фракций гумуса по профилю отражает степные условия почвообразования, которые соответствуют умеренно-засушливому резкоконтинентальному климату, схожему с современным, что дает возможность предполагать развитие почвообразования в близких условиях, поскольку количественные показатели почв не выходят за пределы типовых характеристик степных автоморфных почв. Небольшие колебания в групповом составе гумусовых кислот и их соотношении, а также распределение карбонатов кальция по профилю и его формы отражают слабую флуктуацию тепло- и влагообеспеченности. Погребенная почва VIII–IX вв. функционировала при более низких летних температурах, чем в последующие периоды, причем в условиях умеренной увлажненности, как и все рассматриваемые почвы. В период XII–XIV вв. условия почвообразования стали более аридными за счет повышения летних температур и перераспределения осадков в течение года. При этом суммарное количество осадков, скорее всего, оставалось на прежнем уровне.

### **Литература**

1. Соколов И.А., Таргульян В.О. Взаимодействие почвы и среды: сенсорность и рефлекторность почв // Системные исследования природы. Вопросы географии. М., 1977. С. 153–170.
2. Дергачева М.И., Рябова Н.Н. Коррелятивные связи состава гумуса и климатических показателей в условиях горных территорий юга Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2005. № 15. С. 68–71.
3. Дергачева М.И. Гумусовая память почв // Память почв: Почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий. М., 2008. С. 530–560.
4. Соколов И.А., Таргульян В.О. Взаимодействие почвы и среды: почва-память и почва-момент // Изучение и освоение природной среды. М., 1976. С. 150–164.
5. Дергачева М.И. Археологическое почвоведение. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1997. 231 с.
6. Редков В.В. Почвы Казахской ССР. Вып. 5 : Почвы Целиноградской области. Алма-Ата, 1964. 326 с.
7. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). Л. : Наука, 1980. 222 с.
8. Дергачева М.И. Органическое вещество почв: статика и динамика (на примере Западной Сибири). Новосибирск : Наука, 1984. 152 с.
9. Чичагова О.А. Радиоуглеродное датирование гумуса почв. М. : Наука, 1985. 157 с.
10. Иванов И.В. Эволюция почв степной зоны в голоцене. М. : Наука, 1992. 144 с.



Denis A. Gavrilov<sup>1</sup>, Maria I. Dergacheva<sup>1,2</sup>, Maral K. Khabdulina<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Soil Science and Agrochemistry of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

<sup>2</sup>*Biological Institute of Tomsk State University, Tomsk, Russia*

<sup>3</sup>*Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

#### PALEOSOL AND NATURAL CONDITIONS OF MEDIEVAL SETTLEMENT BOZOK FUNCTIONING IN VIII–XIV CC.

*In the paper the basic results of paleopedology researches on the territory of Bozok archeological monument (VIII–XIV centuries) are reflected. The paper aim is the reconstruction of types and conditions of soil formation for the period of the settlement functioning.*

*A series of buried soils was dated by archeological and radiocarbon methods – of the VIII–IX centuries, the X–XII centuries and the XIII–XIV centuries. Except for the characteristics of a complex of attributes paleosol humus (the contents of the general organic carbon, structure humic acids and their ratio with other humus components) also some of morphological, physical and chemical paleosols properties (operating pH, the contents and distribution of carbonates on a floor profile, a magnetic susceptibility of soils) have been studied. The humus structure was investigated according to the method of V.V. Ponomareva and T.A. Plotnikova in modification of the year 1968. Humus profile-grams have been executed in Origin program with a special application.*

*Pedohumus method of M.I. Dergacheva was used for the diagnostics of ancient soil formation type and the reconstruction of the environment. It is founded on formation capacity humic substances allowing to reconstruct natural conditions of the past on the basis of studying connections of contents, structure and humic substances properties with climate parameters.*

*The analysis of paleosol properties has allowed to prove that buried soils formation occurred in steppe conditions which corresponds to humic acids structure characteristics and their ratio with other humus components. Small fluctuations of the contents of separate humic substances groups and their ratio as well as forms of calcium carbonates reflect weak changes of warmth and moisture. The paleosol of the VIII–IX centuries has been generated in conditions with lower summer temperatures and with moderate humidifying. During the XII–XIV centuries the climate became more arid because of the increase in summer temperatures and redistribution of precipitation within a year. Thus, the total quantity of precipitation remained at a former level.*

**Key words:** *humus; soil humus memory; paleosols; conditions of soil formation.*

*Received May 5, 2011*