

АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
МАРИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПОВОЛЖСКАЯ
АРХЕОЛОГИЯ

№ 3 (5)

2013

Главный редактор

Член-корреспондент АН РТ Ф.Ш. Хузин

Заместители главного редактора:

доктор исторических наук А.Г. Ситдигов

доктор исторических наук Ю.А. Зеленева

Ответственный секретарь — кандидат ветеринарных наук Г.Ш. Асылгараева

Редакционный совет:**Р.С. Хакимов** — вице-президент АН РТ (Казань, Россия) (председатель)**Х.А. Амирханов** — член-корреспондент РАН, доктор исторических наук, профессор (Махачкала, Россия)**И. Бальдауф** — доктор наук, профессор (Берлин, Германия)**П. Георгиев** — доктор наук, доцент (Шумен, Болгария)**Е.П. Казаков** — доктор исторических наук (Казань, Россия)**Н.Н. Крадин** — член-корреспондент РАН, доктор исторических наук, профессор (Владивосток, Россия)**А. Тюрк** — PhD (Будапешт, Венгрия)**И. Фодор** — доктор исторических наук, профессор (Будапешт, Венгрия)**В.Л. Янин** — академик РАН, доктор исторических наук профессор (Москва, Россия)**Редакционная коллегия:****А.А. Выборнов** — доктор исторических наук, профессор (Самара, Россия)**М.Ш. Галимова** — кандидат исторических наук (Казань, Россия)**Р.Д. Голдина** — доктор исторических наук, профессор (Ижевск, Россия)**И.Л. Измайлов** — кандидат исторических наук (Казань, Россия)**С.В. Кузьминых** — кандидат исторических наук (Москва, Россия)**А.Е. Леонтьев** — доктор исторических наук (Москва, Россия)**Т.Б. Никитина** — доктор исторических наук (Йошкар-Ола, Россия)**Адрес редакции:**

420012 г. Казань, ул. Бутлерова, 30

Телефон: (843) 236-55-42

E-mail: arch.pov@mail.ru<http://archaeologie.pro>

Индекс 31965, каталог «ПОЧТА РОССИИ»

Выходит 4 раза в год

© ГБУ «Институт истории им. Ш. Марджани Академии наук Республики Татарстан», 2013

© ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», 2013

© Редколлеги журнала «Поволжская археология», 2013

Editor-in-Chief:

Corresponding Member of the Tatarstan Academy of Sciences **F.Sh. Khuzin**

Deputy Chief Editors:

Doctor of Historical Sciences **A.G. Sitdikov**

Doctor of Historical Sciences **Yu.A. Zeleneev**

Executive Secretary — Candidate of Veterinary Sciences **G.Sh. Asylgaraeva**

Executive Editors:

R.S. Khakimov — Vice-Chairman of the Tatarstan Academy of Sciences (Institute of History named after Shigabuddin Mardzhani, Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russian Federation) (chairman)

Kh.A. Amirkhanov — Doctor of Historical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (Dagestan Regional Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russian Federation)

I. Baldauf — Doctor Habilitat, Professor (Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, Germany)

P. Georgiev — Doctor of Historical Sciences (National Archeological Institute with Museum, Bulgarian Academy of Sciences, Shumen Branch, Shumen, Bulgaria)

E. P. Kazakov — Doctor of Historical Sciences (Institute of History named after Shigabuddin Mardzhani, Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russian Federation)

N.N. Kradin — Doctor of Historical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (Institute of History, Archaeology and Ethnology, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation)

A. Türk — PhD (Institute of History, Research Centre for the Humanities, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary)

I. Fodor — Doctor (Hungarian National Museum, Budapest, Hungary)

V.L. Yanin — Doctor of Historical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation)

Editorial Board:

A.A. Vybornov — Doctor of Historical Sciences, Professor (Samara State Academy of Social Sciences and Humanities, Samara, Russian Federation)

M.Sh. Galimova — Candidate of Historical Sciences (Institute of History named after Shigabuddin Mardzhani, Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russian Federation)

R.D. Goldina — Doctor of Historical Sciences, Professor (Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation)

I.L. Izmaylov — Candidate of Historical Sciences (Institute of History named after Shigabuddin Mardzhani, Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russian Federation)

S.V. Kuz'minykh — Candidate of Historical Sciences (Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation)

A. E. Leont'ev — Doctor of Historical Sciences (Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation)

T.B. Nikitina — Doctor of Historical Sciences (V. M. Vasilyev Mari Research Institute of Language, Literature and History, Yoshkar-Ola, Russian Federation)

Editorial Office Address:

Butlerov St., 30, Kazan, 420012, Republic of Tatarstan, Russian Federation

Telephone: (843) 236-55-42

E-mail: arch.pov@mail.ru

<http://archaeologic.pro>

© Institute of History named after Shigabuddin Mardzhani, Tatarstan Academy of Sciences, 2013

© Mari State University, 2013

© "Povolzhskaya Arkheologiya" Editorial Board of Journal, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Асылгараева Г.Ш. К юбилею А.Г. Петренко (1933–2010)7

Статьи

Стёганцев М.А. Определение соотношения видов животных
в стаде доклассовых обществ9

Подобед В.А., Усачук А.Н., Цимиданов В.В. Зубы человека
в обрядах племен Поволжья эпохи бронзы56

Хомутова Т.Э., Демкина Т.С., Каширская Н.Н., Демкин В.А.
Состояние микробных сообществ палеопочв солонцового
комплекса Северных Ергеней как индикатор увлаженности
климата в среднесарматское время (I в. н.э.)79

Яворская Л.В. Специфика заполнения культурных слоев
и динамика мясного потребления в городе Болгар
(по археозоологическим материалам раскопа CLXXIX)91

Асылгараева Г.Ш. Исследования остеологических
материалов Нижегородского кремля103

Аськеев И.В., Галимова Д.Н., Аськеев О.В. Птицы Среднего Поволжья
в V–XVIII вв. н.э. (по материалам археологических раскопок)116

Комаров С.Г., Васильев С.В. Краниологические особенности
населения города Костромы XIII–XIV веков145

Рахматуллин Н.Р. Построение ушной раковины
при пластической реконструкции лица по черепу155

Беговатов Е.А., Лебедев В.П., Храмченкова Р.Х.
Химический состав серебряных монет X века
I Семеновского селища (Республика Татарстан)169

Публикации

Кутуков Д.В., Пантелеев С.А. Исследования булгарских захоронений
домонгольского времени на территории Астраханской области175

Губайдуллин А.М. Исследования в центральной части
Болгарского городища («дом ремесленника»)191

Критика и библиография

Ставицкий В.В. Рец. на: Моргунова Н.Л. Энеолит Волго-Уральского междуречья (Оренбург, 2011. 220 с.)200

Хроника

Ситдииков А.Г., Харитонович В.А.
К юбилею ученого: Н.Ф. Калинин (1888–1959)209

Набиуллин Н.Г. Исследователь средневекового города Джукетау (к 85-летию Т.А. Хлебниковой)213

Кузнецова Л.В. К юбилею ученого: Н.П. Салугина220

Герасимова М.М. Сергею Владимировичу Васильеву – 50!228

Галимова М.Ш. Третья Всероссийская научная конференция «Динамика современных экосистем в голоцене»234

Список сокращений239

Правила для авторов241

CONTENTS

Asylgaraeva G.Sh. Toward the jubilee of A.G. Petrenko (1933–2010)7

Articles

Stegantsev M.A. Determining the ratio of animal species
in the herd of pre-class societies9

Podobed V.A., Usachuk A.N., Tsimidanov V.V. Human teeth in the rites
of the Volga tribes during the Bronze Age56

Khomutova T.E., Demkina T.S., Kashirskaya N.N., Demkin V.A.
The state of microbial communities in paleosoils of the solonetz assemblage
on the Northern Yergeni upland as indicator of climate humidity
within the middle sarmatuan time-window (I c. AD)79

Yavorskaya L.V. A specificity of filling-up the cultural layers and
dynamics of meat consumption in the town Bulgar (according to
archaeozoological material of excavation trench CLXXIX)91

Asylgaraeva G.Sh. Investigation osteologic materials
of Nizhny Novgorod kremlin103

Askeyev I.V., Galimova D.N., Askeyev O.V. Birds of the Middle
Volga region during the V–XVIII centuries AD
(according to archaeological excavations)116

Komarov S.G., Vasilyev S.V. Craniological features of the citizens
of Kostroma in the XIII–XIV centuries145

Rakhmatullin N.R. Construction of the auricle in the course
of plastic reconstructing a face from the cranium155

Begovatov E.A., Lebedev V.P., Khramchenkova R.Kh.
Chemical composition of coins complex of the X century
from the I Semenov settlement (Tatarstan Republic)169

Publications

Kutukov D.V., Panteleev S.A. Investigation of the Bulgarian burials
of pre-Mongolian times in the territory of Astrakhan Region175

Gubaydullin A.M. Researches in the central part of the Bulgar ancient
hill-fort settlement («House of the handicraftsman»)191

Critique and Bibliography

Stavitsky V.V. Review of the book: Morgunova N.L. Eneolit
Volgo-Ural'skogo mezhdurech'ya [The Eneolithic
of the Volga-Urals interstream area] (Orenburg, 2011. 220 p.)200

Chronicle

Sitdikov A.G., Kharitonovich V.A.
Toward the jubilee of scientist: N.F. Kalinin (1888–1959)209

Nabiullin N.G. The researcher the medieval town Dzhuketau
(the 85th anniversary of T.A. Khlebnikova)213

Kuznetsova L.V. Toward the jubilee of scientist: N.P. Salugina220

Gerasimova M.M. Sergey Vladimirovich Vasilyev is 50 years old!228

Galimova M.Sh. The Third All-Russian Scientific Conference
«The dynamics of modern ecosystems in the Holocene»234

List of abbreviations239

Rules for authors241

УДК 631.46:631.48:930.26

**СОСТОЯНИЕ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ
ПАЛЕОПОЧВ СОЛОНЦОВОГО КОМПЛЕКСА
СЕВЕРНЫХ ЕРГЕНЕЙ КАК ИНДИКАТОР УВЛАЖНЕННОСТИ
КЛИМАТА В СРЕДНЕСАРМАТСКОЕ ВРЕМЯ (I в. н.э.)**

© 2013 г. Т.Э. Хомутова, Т.С. Демкина,
Н.Н. Каширская, В.А. Демкин

Исследованы суммарная и живая биомасса, численность и эколого-трофическая структура микробных сообществ в палеопочвах солонцового комплекса, погребенных под курганом среднесарматского времени (I в. н.э.) в сухостепной зоне возвышенности Северные Ергени (Волгоградская область). Суммарная микробная биомасса в палеопочвах была сопоставима, а в некоторых случаях превышала таковую современных фоновых аналогов. Доля микробного углерода в общем органическом углероде палеопочв (40–58%) была выше, чем в современных почвах (20–26%). Живые клетки в микробных сообществах палеопочв составляли 2,4–10,2%, что сопоставимо с показателями современных почв. Эколого-трофическая структура микробных сообществ палеопочв, а также индексы их олиготрофности в целом были сходны с параметрами современных фоновых аналогов. Влияние степени солонцеватости на изменения величин микробиологических параметров в различных горизонтах подкурганых палеопочв проявлялось во всем профиле, но в каждом горизонте достоверно сказывалось только на численности какой-то одной трофической группы микробного сообщества. Полученные микробиологические данные свидетельствуют о том, что в I в. н.э. в сухих степях Северных Ергеней климатические условия были более влажными по сравнению с современностью.

Ключевые слова: Волго-Донское междуречье, I в. н.э., палеопочвы, степь, курганы, микробные сообщества, биомасса, численность микроорганизмов, климат.

Введение. Проведенные в последние годы исследования подкурганых палеопочв степной зоны показали, что в них сохраняются микробные сообщества, которые могут служить индикаторами палеоэкологических условий прошлых исторических эпох (Демкина, Борисов, Демкин, 2000, с. 1117–1126; Demkina et al., 2008, р. 1439–1447). Ряд микробиологических параметров может быть использован для оценки степени увлаженности климата в различные исторические периоды (Демкина, Борисов, Демкин, 2004, с. 853–859; Дем-

кина, Хомутова и др., 2004, с. 87–95). К их числу относится эколого-трофическая структура микробного сообщества (ПА:НА:БС), характеризующаяся соотношением микроорганизмов, растущих на почвенном агаре (ПА) и использующих элементы питания из рассеянного состояния, на нитритном агаре (НА) и потребляющие гумус, на богатой органической среде (БС) и разлагающие растительные остатки (в % от суммарной численности всех групп микроорганизмов). Информативным является также соотношение численности микроорганизмов, использу-

ющих легкодоступное органическое вещество – растительные остатки (БС) и труднодоступное – гумус (НА): БС/НА. Индекс олиготрофности (ПА/БСх100) характеризует способность микробного сообщества ассимилировать из рассеянного состояния зольные элементы питания: чем выше его значение, тем к более бедным условиям питания приспособлены почвенные микроорганизмы и, наоборот, чем ниже, тем к более богатым условиям, связанным с большим поступлением в почву растительных остатков. Количественные характеристики состояния микробных сообществ, такие, как преобладание в эколого-трофической структуре микроорганизмов, использующих легкодоступные органические вещества, высокие значения отношения численности микробов, использующих растительные остатки и гумус, низкие величины индекса олиготрофности дают основания говорить о возрастающем поступлении в почву растительной массы. Известно, что в засушливых областях, к каковым относится и исследованная территория Нижнего Поволжья, увеличение растительной массы, прежде всего, обусловлено повышением атмосферных осадков в тот или иной исторический период. Усиление же аридизации климата в масштабе исторического времени, напротив, приводит к снижению первых показателей и увеличению последнего.

Суммарная микробная биомасса, оцениваемая с помощью метода экстракции микробной фракции из почв (Хомутова и др. 2004, с. 241–247; Каширская и др. 2009, с. 581–587), охватывает микроорганизмы на разных стадиях жизненного цикла, а также погибшие и мумифицированные клет-

ки. Живая микробная биомасса, оцениваемая по содержанию фосфолипидов в почвах (Хомутова и др. 2011, с. 1496–1503), характеризует живую часть микробных сообществ, включающую клетки на разных стадиях жизненного цикла, в том числе покоящиеся и некультивируемые формы. В почвах засушливых регионов, к которым относятся и исследованные нами почвы, клетки микробных сообществ находятся в основном в покоящемся состоянии и соотношение содержания фосфолипидов и углерода в них квази-постоянно. Было установлено, что 1 г углерода клеток соответствует 521 мкмоль фосфатов фосфолипидов (Findlay et al., 1989, p. 2888–2893). Используя это соотношение, возможно рассчитать величину живой микробной биомассы в единицах углерода, а также оценить ее долю в суммарной биомассе и в общем органическом углероде почв. Рассмотренные микробиологические параметры погребенных подкурганных и современных фоновых почв позволяют оценить динамику климата в исследуемом регионе, в частности, степень его увлажненности.

Целью работы было оценить состояние микробных сообществ в подкурганных палеопочвах, погребенных в I в. н.э. курганного могильника «Аксай-3» и сопоставить его с состоянием современных микробных сообществ в связи с изменчивостью увлажненности климата в регионе.

Объекты и методы исследований. Исследованный ключевой участок расположен в северной части Ергенинской возвышенности в 100 км к западу от г. Волгограда. Объектами изучения послужили погребенные каштановые почвы и солонцы кур-

ганного могильника «Аксай-3». Археологические раскопки курганного могильника проводились археологической экспедицией Волгоградского государственного университета под руководством к.и.н. И.В. Сергацкова. Время сооружения исследованного кургана датируется I в. н.э. (около 2000 лет назад, среднесарматская культура). Высота курганной насыпи в центральной части 1.7 м, диаметр 30 м. Она сложена материалом горизонта А1 и В1 древней почвы. Погребенные почвы изучались в траншее длиной 6 м, заложенной в центральной части кургана. Древний почвенный покров представлен палеосолонцом глубоко солончаковатым и каштановыми глубоко солончаковатыми палеопочвами различной степени солонцеватости. Современные фоновые почвы изучались на целинном участке вблизи кургана. В составе растительности доминирует типчак (*Festuca sulcata*) с участием разнотравья. Проективное покрытие 70–90%. Объектами изучения послужили каштановая солонцеватая глубоко солончаковатая почва и солонец. Основные характеристики исследованных погребенных и фоновых современных почв представлены в табл. 1. На микробиологические анализы отбирали почвенные образцы с соблюдением условий стерильности по генетическим горизонтам. В свежих образцах определяли суммарную и живую микробную биомассу, а также эколого-трофическую структуру микробных сообществ.

Определение величины углерода, связанного с суммарной микробной биомассой (С-СМБ), проводили, используя метод экстракции и центрифугирования микробной фракции с оценкой полноты экстракции (Кашир-

ская и др. 2009, с. 581–587). Почвенные навески 6 г размешивали в 0.5% растворе пирофосфата натрия, обрабатывали ультразвуком, почвенную суспензию доводили до 250 мл. Экстракт, содержащий микробные клетки, отделяли от почвенного осадка центрифугированием при 2000 g при охлаждении. К почвенному осадку прибавляли 60 мл раствора пирофосфата натрия и повторяли вышеописанные процедуры. Экстракцию проводили троекратно.

Объединенные экстракты от трех обработок центрифугировали при 7000 g в течение 2 часов. Надосадочную жидкость отбрасывали, а осажденную фракцию промывали раствором пирофосфата натрия и переносили количественно в малые центрифужные стаканы с известным весом. Осаждали микробную фракцию центрифугированием при 7000 g в течение 30 минут. Осажденную фракцию высушивали при 105°C и определяли их массу. Содержание органического углерода в высушенных фракциях определяли методом бихроматного окисления со спектрофотометрическим окончанием. Полноту экстракции микробной фракции оценивали по численности микроорганизмов в экстракте и почвенном осадке на почвенном агаре, оцененной прямым счетом под микроскопом с использованием красителя DAPI.

Живая микробная биомасса оценивалась по содержанию почвенных фосфолипидов (Хомутова и др. 2011, с. 1496-1503). Почвенный образец растирали до состояния пудры. Навески 0.5 г помещали во флаконы и суспендировали в 18.3 мл однофазной смеси, состоящей из хлороформа, метанола и фосфатного буферного рас-

Таблица 1

Свойства современных и подкурганых почв солонцового комплекса

Разрез	Глубина, см	Горизонт	Сорг, %	pH _{водн}	Сумма солей, %	Ил, %	Глина, %	Влажность, %
Современная каштановая солонцеватая глубокосолончаковая почва								
Д-678	0-18	A1	1.13	8.1	0.08	22.0	38.8	3.8
	18-29	B1	0.71	9.1	0.13	29.8	48.4	5.4
	29-50	B2	0.11	9,9	0.18	31.6	50.8	5.5
Современный солонец солончаковатый								
Д-677	0-17	A1	0.95	7.7	0.17	20.0	37.6	1.8
	17-32	B1	0.80	8.9	0.47	34.8	49.6	6.8
	32-44	B2	0.44	8.9	0.42	30.0	50.4	6.5
Палеосолонец глубокосолончаковатый 2000 лет назад								
Д-679	163-176	A1	0.32	6.5	0.45	5.2	23.9	5.0
	176-202	B1	0.42	7.6	0.35	14.4	31.2	6.0
	202-210	B2ca	0.23	8.2	0.63	17.2	43.1	8.5
Каштановая сильносолонцеватая глубокосолончаковая палеопочва								
Д-680	157-167	A1	0.32	7.1	0.36	6.0	20.3	4.0
	167-191	B1	0.32	7.1	0.37	14.8	32.0	6.7
	191-205	B2ca	0.32	8.2	0.46	15.1	38.4	6.9
Каштановая среднесолонцеватая глубокозасоленная палеопочва								
Д-681	143-153	A1	0.26	6.8	0.32	8.0	20.4	3.0
	153-175	B1	0.23	7.0	0.29	18.4	30.4	5.5
	175-187	B2ca	0.17	8.1	0.32	14.8	33.2	5.4
Каштановая несолонцеватая глубокозасоленная палеопочва								
Д-682	124-137	A1	0.38	6.9		8.4	21.1	4.9
	137-162	B1	0.35	8.0		18.4	28.8	5.0
	162-177	B2ca	0.26	8.1		20.8	38.4	6.5

твора (50мМ, pH 7.4) в соотношении 1: 2: 0.8 (объемные доли). Липидный материал экстрагировали в течение 2 часов, встряхивая при комнатной температуре. Почвенный осадок осаждали центрифугированием при 2000 об/мин в течение 15 мин. Супернатанты отбирали, к почвенному осадку прибавляли 5 мл однофазной смеси, перемешивали и центрифугировали. Супернатанты от обоих центрифугирований объединяли, к ним добавляли по 6.2 мл хлороформа и фосфатного буферного раствора и оставляли в холодильнике на ночь для расслоения органической и водной фаз. Верхний

водный слой, содержащий буферный раствор, удаляли, а нижний органический слой, содержащий липиды, в том числе и фосфолипиды, анализировали. Измеряли объем слоя и отбирали из него аликвоты 0.5 и 1 мл в двух повторностях для количественного анализа фосфолипидов. Аликвоты органической фазы упаривали под азотом, прибавляли 0.9 мл насыщенного раствора персульфата аммония и ставили на окисление при 95°C в течение 4 суток. Затем к ним прибавляли 0.2 мл 2.5% раствора кислого молибдата аммония и окрашивали малахитовым зеленым. Спустя 30 мин спектрофото-

метрировали при длине волны 610 нм. В качестве калибровочного раствора использовали 0.1 мМ глицерофосфат натрия.

Эколого-трофическую структуру микробных сообществ устанавливали по численности микроорганизмов различных трофических групп методом высева почвенной суспензии на агаризованные среды по общепринятой методике (Звягинцев, 1980). Микроорганизмы, довольствующиеся элементами питания из рассеянного состояния, учитывали на почвенном агаре (ПА), потребляющие гумус – на нитритном агаре (НА, Теппер, 1976), использующие легкодоступное органическое вещество – на богатой органической среде (БС, Ананьева, Васильева, 1985, с. 57–64). Рассчитывали эколого-трофическую структуру (ЭТС) микробного сообщества (ПА: НА: БС) в процентах от суммарной численности всех групп микроорганизмов, коэффициент БС/НА, индекс олиготрофности по Никитину (Никитин, Никитина, 1978) $ПА/БС \times 100\%$.

Каждый почвенный образец анализировали в трех повторностях. Статистическую обработку данных проводили стандартными методами.

Результаты и обсуждение. Данные по содержанию суммарной микробной биомассы в современных и подкурганых палеопочвах солонцового комплекса I в. н.э. объекта «Аксай-3» представлены на рис. 1. Средневзвешенные величины (гор. А1+В1+В2) суммарной микробной биомассы (рис. 1а) были максимальны в фоновом солонце (1980 мкг С/г почвы) и ниже на 53% (940 мкг С/г почвы) в фоновой каштановой почве. В погребенном палеосолонце суммарная микробная биомасса составляла

86%, а в погребенных каштановых почвах она достигала 94% от фона (среднесолонцеватая каштановая палеопочва) и превышала его в два раза (сильносолонцеватая и несолонцеватая каштановые палеопочвы). Доля суммарной микробной биомассы в общем органическом углероде современных почв составляла 20–26%, а в палеопочвах достигала 40–58%.

Средневзвешенные величины живой микробной биомассы (рис. 1б) были максимальны в фоновой каштановой почве (131 мкг С/г почвы) и ниже на 16% (110 мкг С/г почвы) в фоновом солонце. В погребенных палеопочвах средневзвешенные величины живой микробной биомассы составляли 34–40% (каштановая сильносолонцеватая и несолонцеватая палеопочвы) и 64–68% от фона (каштановая среднесолонцеватая палеопочва и палеосолонец). Доля живой микробной биомассы в суммарной рассматривалась как показатель сохранности микроорганизмов в конкретных почвенных условиях. Она была максимальна в фоновой каштановой почве (14%) и ниже в фоновом солонце (5.6%). В погребенных палеопочвах доля живой микробной биомассы составляла 2.4–2.7% (сильносолонцеватая и несолонцеватая каштановые палеопочвы), увеличивалась до 4.2% (палеосолонец) и достигала 10.2% в среднесолонцеватой каштановой палеопочве. В целом, живая микробная биомасса в фоновых почвах составляла 2.8% от общего органического углерода и 1.5–4.1% – в погребенных палеопочвах.

Суммарная численность микроорганизмов, оцененная по средневзвешенным значениям (гор. А1+В1+В2), в современных почвах была больше (13–14 млн. КОЕ/г почвы), чем в под-

Рис. 1. Средневзвешенные величины (гор. А1+В1+В2) суммарной микробной биомассы (а) и живой микробной биомассы (б) современных фоновых почв курганного могильника «Аксай-3».

Разрезы фоновых почв:

Д-677 – солонец,

Д-678 – каштановая почва.

Разрезы подкурганых палеопочв I в. н.э.:

Д-679 – палеосолонец,

Д-680 – сильносолонцеватая,

Д-681 – среднесолонцеватая,

Д-682 – несолонцеватая каштановые палеопочвы.

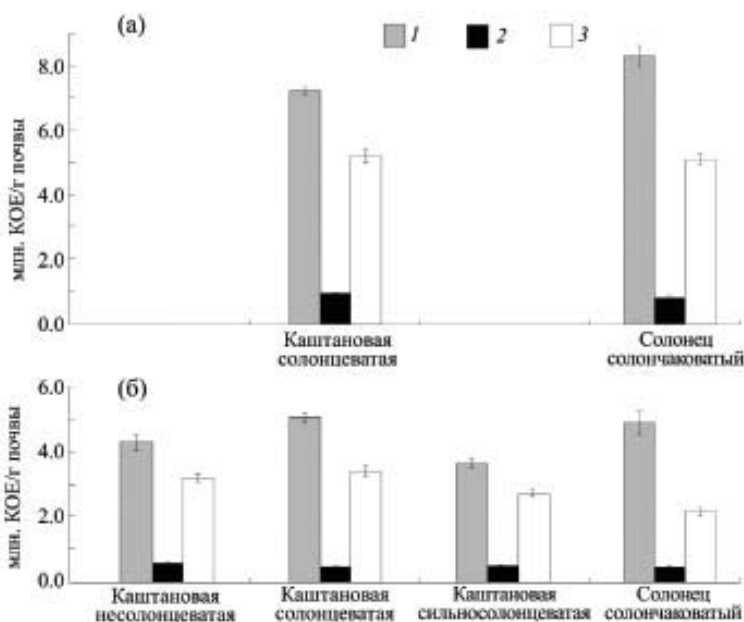
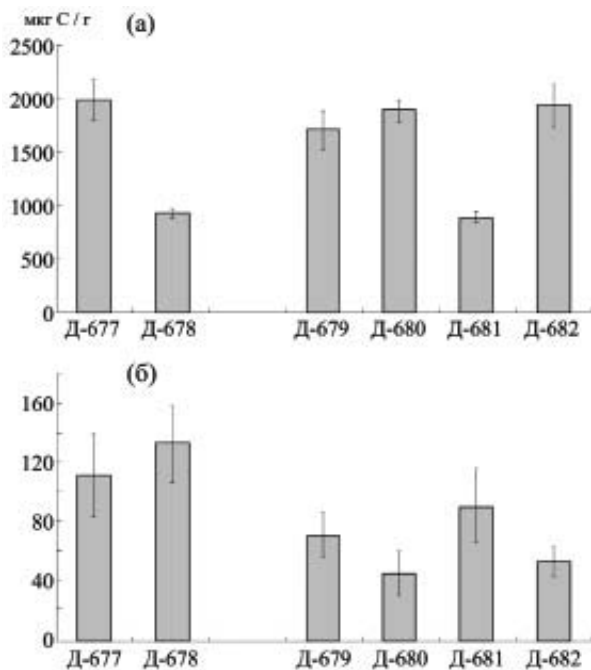


Рис. 2. Численность микроорганизмов различных трофических групп в современных (а) и погребенных (б) почвах солонцовых комплексов курганного могильника «Аксай-3» (средневзвешенные значения величин в гор. А1+В1+В2).

1 – Численность микроорганизмов, выросших на почвенном агаре (ПА);

2 – численность микроорганизмов, выросших на нитритном агаре (НА);

3 – численность микроорганизмов, выросших на богатой органической среде (БС).

курганных (7–9 млн. КОЕ/г почвы) (табл. 2). Уменьшение численности микроорганизмов в подкурганных палеопочвах касалось всех трофических групп. Так, численность микроорганизмов, использующих элементы питания из рассеянного состояния, в современных почвах составила 7–8 млн. КОЕ/г почвы, в подкурганных – 4–5 млн. КОЕ/г почвы; разлагающих гумус – 0.8–0.9 и 0.4–0.6 млн. КОЕ/г почвы; минерализующих растительные остатки – 5 и 2–3 млн. КОЕ/г почвы соответственно (рис. 2). При сравнении современных почв выявлены достоверные различия: численность микроорганизмов, выросших на ПА, в профиле каштановой почвы на 20% меньше, а выросших на НА, на 10% больше, чем в солонце. Численность же микроорганизмов, выросших на БС, не имела достоверных различий в этих почвах (рис. 2а). В подкурганных палеопочвах наибольшая численность микроорганизмов, использующих элементы питания из рассеянного состояния, установлена в каштановой солонцеватой почве и солонце, наименьшая (в 1.4 раза) – в каштановой сильносолонцеватой. Достоверно большая численность микроорганизмов, минерализующих гумус, обнаружена в профиле каштановой несолонцеватой почвы (в 1.3 раза) по сравнению с другими палеопочвами, которые между собой достоверно не различались. Наибольшая численность микроорганизмов, разлагающих растительные остатки, выявлена в каштановых солонцеватой и несолонцеватой почвах, в 1.2 раза меньшая – в каштановой сильносолонцеватой и в 1.6 раза меньшая – в солонце (рис. 2б). Следовательно, прослеживалась обратная зависимость между числен-

ностью микроорганизмов, выросших на БС и степенью солонцеватости почв. В эколого-трофической структуре (ЭТС) всех исследованных каштановых почв различия долей групп микроорганизмов, использующих как трудно-, так и легкодоступные органические вещества, не превышали 2%; использующих элементы питания из рассеянного состояния – 4% (табл. 2). Четких различий между современной каштановой почвой и подкурганными палеопочвами не установлено как по ЭТС, так и по величинам БС/НА (5.7 и 5.8–7.8) и индексу олиготрофности (139 и 134–149 соответственно). Влияние степени солонцеватости на изменение величин микробиологических параметров в различных горизонтах подкурганных проявлялось во всем исследованном почвенном профиле, но в каждом горизонте достоверно сказывалось только на численности какой-то одной трофической группы микробного сообщества. Так, в гор. А1 изменения численности микроорганизмов, минерализующих гумус, на 65% были обусловлены различиями почв именно по степени солонцеватости. Наибольшая численность этой группы микроорганизмов приходилась на каштановые несолонцеватые и сильносолонцеватые почвы, наименьшая – на солонец. В гор. В1 изменения численности микроорганизмов, использующих легкодоступные растительные остатки, на 86% обусловлены варьированием степени солонцеватости. Однако максимальные значения численности этих микроорганизмов установлены в каштановой солонцеватой почве, а минимальные – также в солонце. В гор. В2 степень солонцеватости почв на 80% обусловила изменения численности микроорга-

Таблица 2

Эколого-трофическая структура микробных сообществ современных и подкурганых почв (средневзвешенные величины, гор. А1+В1+В2)

Время	Почва	СЧ, млн. КОЕ/г почвы	ЭТС, % (ПА:НА:БС)	БС/НА	Индекс олиготрофности, (ПА:БС:100)
Современность	Каштановая солонцеватая	13.36	54 : 7 : 39	5.7	139
	Солонец солончаковатый	14.24	58 : 6 : 36	6.4	162
I в. н.э.	Каштановая несолонцеватая	8.08	53 : 7 : 40	5.8	135
	Каштановая солонцеватая	8.97	57 : 5 : 38	7.8	149
	Каштановая сильносолонцеватая	6.86	53 : 7 : 40	6.1	134
	Солонец солончаковатый	7.54	65 : 6 : 29	5.0	228

Примечание: СЧ – суммарная численность микроорганизмов, выросших на почвенном агаре, нитритном агаре и богатой органической среде; ЭТС – эколого-трофическая структура микробного сообщества, представленная соотношением долей микроорганизмов, выросших на разных средах: ПА, НА, БС.

низмов, довольствующихся низкими концентрациями элементов питания из рассеянного состояния. Наибольшая численность этой группы зафиксирована также в каштановой солонцеватой почве, а наименьшая – в каштановой сильносолонцеватой.

Выявленная неоднородность микробиологических параметров в каштановых палеопочвах одного времени, вероятно, в значительной степени связана с различиями этих почв по степени солонцеватости. Существенные различия обнаружены для солонцов (табл. 2). При одинаковой доле микроорганизмов, использующих гумусовые вещества (6%), доля микроорганизмов, разлагающих растительные остатки на 7% больше, а довольствующихся элементами питания из рассеянного состояния на 7% меньше в

современной почве по сравнению с палеосолонцом I в. н.э. Большие различия зафиксированы и по величинам БС/НА и индексу олиготрофности: в современном солонце они составили 6.4 и 162, в палеосолонце – 5.1 и 228 соответственно.

Заключение. Данные по морфологии и химическому составу подкурганых и фоновых каштановых почв и солонцов показали, что в I в. н.э. в сухих степях Северных Ергеней климатические условия были более влажными по сравнению с современностью (Демкин и др., 2009). Эти данные подтверждаются полученными микробиологическими характеристиками подкурганых палеопочв. Так, суммарная микробная биомасса в погребенных палеопочвах была сопоставима, а в некоторых случаях

превышала таковую современных фоновых аналогов. Сохранилась также и живая микробная биомасса. Доля живых клеток в суммарной микробной биомассе в палеопочвах солонцового комплекса в некоторых случаях была близка таковой фоновых почв. Соотношение углерода, связанного с суммарной микробной биомассой, и общего органического углерода в палеопочвах оказалась выше, чем в современных аналогах, что очевидно, связано с минерализацией органического вещества микробными клетками и исчерпанием запасов доступного органического углерода в процессе длительного погребения (около 2000 лет).

Проведенные исследования микробных сообществ современных и погребенных под курганной насыпью в I в. н.э. каштановых почв разной степени солонцеватости и солонцов показали, что закономерности изменения численности микроорганизмов

различных трофических групп (довольствующимися элементами питания из рассеянного состояния, потребляющих гумус, использующих легкодоступное органическое вещество) по профилю этих почв во многом сходны. При сравнении изученных почв в целом по средневзвешенным в профиле величинам микробиологических параметров прослеживается обратная зависимость между численностью микроорганизмов, использующих легкодоступное органическое вещество (растительные остатки) и степенью солонцеватости подкурганых палеопочв I в. н.э. Влияние степени солонцеватости на изменения величин микробиологических параметров в различных горизонтах подкурганых проявлялось во всем исследованном почвенном профиле, но в каждом горизонте достоверно сказывалось только на численности какой-то одной трофической группы микробного сообщества.

Исследования проводились при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьева Н.Д., Васильева Г.К. Роль микробиологического фактора в разложении 3,4-дихлоранилина в почвах // Почвоведение. – 1985. – № 5.
2. Демкин В.А., Демкина Т.С., Алексеев А.О. и др. Палеопочвы и климат степей Нижнего Поволжья в I–IV вв. н.э. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2009. – 96 с.
3. Демкина Т.С., Борисов А.В., Демкин В.А. Микробные сообщества палеопочв археологических памятников пустынно-степной зоны // Почвоведение. – 2000. – № 9.
4. Демкина Т.С., Борисов А.В., Демкин В.А. Микробиологические исследования подкурганых палеопочв пустынно-степной зоны Волго-Донского междуречья // Почвоведение. – 2004. – № 7.
5. Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Борисов А.В., Демкин В.А. Микробиологические исследования подкурганых палеопочв в долине реки Иловли // Материалы по археологии Волго-Донских степей. – Вып. 2. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2004.
6. Звягинцев Д.Г., Асеева И.В., Бабьева И.П., Мирчинк Т.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М.: Изд-во МГУ, 1980.

7. *Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э., Демкина Т.С., Демкин В.А.* Микробная биомасса подкурганых и современных почв степной зоны Нижнего Поволжья // Почвоведение. – 2009. – № 5.
8. *Никитин Д.И., Никитина Э.С.* Процессы самоочищения окружающей среды и паразиты бактерий (род *Vdellovibrio*). – М., 1978. – 205 с.
9. *Теннер Е.З.* Микроорганизмы рода *Nocardia* и разложение гумуса. – М.: Наука, 1976. – 199 с.
10. *Хомутова Т.Э., Демкина Т.С., Демкин В.А.* Оценка суммарной и активной микробной биомассы в погребенных подкурганых палеопочвах разного возраста // Микробиология. – 2004. – Т. 73. – № 2.
11. *Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н., Демкин В.А.* Оценка живой и суммарной биомассы микробных сообществ современной каштановой почвы и подкурганых палеопочв // Почвоведение. – 2011. – № 12.
12. *Demkina T.S., Khomutova T.E., Kashirskaya N.N., Demkina E.V., Stretovich I.V., El-Registan G.I., Demkin V.A.* Age and activation of microbial communities in soils burial mounds and in recent surface soils of steppe zone // Eurasian Soil Science. – 2008. – V. 41. – № 13.
13. *Findlay R.H., King G.M., Watling L.* Efficacy of phospholipid analysis in determining microbial biomass in sediments // Applied and Environmental Microbiology. – 1989. – Vol. 55. – № 11.

Информация об авторах:

Хомутова Татьяна Эдуардовна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (г. Пущино, Россия); khomutova-t@rambler.ru

Демкина Татьяна Сергеевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (г. Пущино, Россия); demkina@issp.serpukhov.su

Каширская Наталья Николаевна, кандидат биологических наук, старший сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (г. Пущино, Россия); Kashirskaya81@rambler.ru

Демкин Виталий Александрович, доктор биологических наук, профессор (г. Пущино, Россия)

THE STATE OF MICROBIAL COMMUNITIES IN PALEOSOILS OF THE SOLONETZ ASSEMBLAGE ON THE NORTHERN YERGENI UPLAND AS INDICATOR OF CLIMATE HUMIDITY WITHIN THE MIDDLE SARMATUAN TIME-WINDOW (I c. AD)

T.E. Khomutova, T.S. Demkina, N.N. Kashirskaya, V.A. Demkin

The total and live biomass, the abundance and ecological-trophic structure of microbial communities in the paleosoils of the solonetz complex buried beneath the mid-Sarmatian (1st century AD) kurgan, located in the dry steppe zone of the Severnye Yergeni Upland (Volgograd oblast), have been studied. The total biomass in paleosoils was comparable to and in some cases exceeded that of the recent background analogs. The share of microbial carbon in the total organic carbon of the paleosoils (40–58%) was higher than in recent soils (20–26%). The live cells in microbial communities of the paleosoils constituted 2.4–10.2%, which is comparable to recent soil parameters. The ecological-trophic structure of microbial communities and their oligotrophy indices were generally similar to the parameters of recent

background soils. The impact of the degree of alkalinity on the changes in the values of microbiological parameters in different horizons of the sub-kurgan paleosoils was evident throughout the profile; however, in each soil horizon it significantly affected only a single trophic group of the microbial community. The microbiological data obtained show that in the first century AD, the climatic conditions in the dry steppes of the Severnye Yergeni Upland were more humid as compared to the recent conditions.

Key words: the Volga-Don river interfluvium, 1st century AD, paleosols, the steppe, burial mound, microbial communities, biomass, number of microorganisms, climate.

REFERENCES:

1. Anan'eva, N. D., Vasil'eva, G. K. 1985. In *Pochvovedenie (Eurasian Soil Science)* (5), 57-64 (in Russian).
2. Demkin, V. A., Demkina, T. S., Alekseev, A. O. et al. 2009. *Paleopochvy i klimat stepei Nizhnego Povolzh'ia v I-IV vv. n.e. (Palaeo-Soils and the Climate of Lower Volga Steppes in 1st—4th Centuries AD)*. Pushchino: Russian Academy of Sciences, Pushchino Scientific Center (in Russian).
3. Demkina, T. S., Borisov, A. V., Demkin, V. A. 2000. In *Pochvovedenie (Eurasian Soil Science)* (9), 1117-1126 (in Russian).
4. Demkina, T. S., Borisov, A. V., Demkin, V. A. 2004. In *Pochvovedenie (Eurasian Soil Science)* (7), 853-859 (in Russian).
5. Demkina, T. S., Khomutova, T. E., Borisov, A. V., Demkin, V. A. 2004. In *Materialy po arkheologii Volgo-Donskikh stepei (Proceedings on the Archaeology of the Volga-Don Steppes)* (2). Volgograd: Volgograd State University, 87-95 (in Russian).
6. Zviagintsev, D. G., Aseeva, I. V., Bab'eva, I. P., Mirchink, T. G. 1980. *Metody pochvennoi mikrobiologii i biokhimii (Methodology of Soil Microbiology and Biochemistry)*. Moscow: Moscow State University (in Russian).
7. Kashirskaia, N. N., Khomutova, T. E., Demkina, T. S., Demkin, V. A. 2009. In *Pochvovedenie (Eurasian Soil Science)* (5), 581-587 (in Russian).
8. Nikitin, D. I., Nikitina, E. S. 1978. *Protsessy samoochishcheniia okruzhaiushchei sredy i parazity bakterii (rod Bdellovibrio) (Processes of Self-Purification of Natural Environment and Parasites of Bacteria: Bdellovibrio genus)*. Moscow: "Nauka" Publ. (in Russian).
9. Tepper, E. Z. 1976. *Mikroorganizmy roda Nocardia i razlozhenie gumusa (Microorganisms of the Nocardia genus and Putrefaction of Humus)*. Moscow: "Nauka" Publ. (in Russian).
10. Khomutova, T. E., Demkina, T. S., Demkin, V. A. 2004. In *Mikrobiologiya (Microbiology)* 73 (2), 241-247 (in Russian).
11. Khomutova, T. E., Kashirskaia, N. N., Demkin, V. A. 2011. In *Pochvovedenie (Eurasian Soil Science)* (12), 1096-1503 (in Russian).
12. Demkina, T. S., Khomutova, T. E., Kashirskaya, N. N., Demkina, E. V., Stretovich, I. V., El-Registan, G. I., Demkin, V. A. 2008. Age and activation of microbial communities in soils burial mounds and in recent surface soils of steppe zone. In *Eurasian Soil Science* 41 (13). doi: 10.1134/S1064229308130139.
13. Findlay, R. H., King, G. M., Watling, L. 1989. Efficacy of phospholipid analysis in determining microbial biomass in sediments. In *Applied and Environmental Microbiology* 55 (11), 2888-2893.

About the Authors:

Khomutova Tatyana E. Doctor of Biological Sciences. Institute of Physical-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences. Institutskaya St., 2, Pushchino, 142290, Moscow Oblast, Russian Federation; khomutova-t@rambler.ru

Demkina Tatyana S. Candidate of Biological Sciences. Institute of Physical-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences. Institutskaya St., 2, Pushchino, 142290, Moscow Oblast, Russian Federation; demkina@issp.serpukhov.su

Kashirskaya Natalya N. Candidate of Biological Sciences. Institute of Physical-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences. Institutskaya St., 2, Pushchino, 142290, Moscow Oblast, Russian Federation; Kashirskaya81@rambler.ru

Demkin Vitaliy A. Doctor of Biological Sciences.