

Таблица 1

Поперечники частиц, которым соответствует максимальное содержание в суспензии.
STD – стандартное отклонение

Глауконит	40 % обогащение		95 % обогащение	
	непрокаленный	прокаленный	непрокаленный	прокаленный
Поперечник, мкм	1,1	4,8	6,2	9,0
STD	3,5	1,4	1,6	2,3

$$S_{уд} = \sum_i \omega_i S_i = \sum_i \omega_i \frac{3}{r_i}$$

где ω_i , r_i , S_i – доля, удельная поверхность и средний радиус частиц i -й фракции.

Одно из практических приложений глауконита, важное для рядовых потребителей, – это очистка артезианской воды от солей жесткости и прочих поллютантов. При этом следует использовать фракционирован-

ный обогащенный и прокаленный сорбент с известной адсорбционной емкостью. Утилизация глауконита, исчерпавшего адсорбционную емкость, достаточно проста. Его можно использовать в качестве компонента строительных смесей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брек Д. Цеолитные молекулярные сита. М.: Мир, 1976. 781 с.

Поступила в редакцию 25 сентября 2012 г.

Tanygina E.D. APPLICATION AND DISPERSE CONTENT OF GLAUCONITE

The disperse content of the Glauconite is investigated. The Glauconite is layer zeolite of Bondar's deposit of Tambov's region. It is shown, that sizes of maximum Glauconite particles are near 50...100 mcm by microscopic and sieve analysis. It is shown, that Glauconite contains particles, which size is less 10 mcm by method of dynamic light scattering. Such particles can form a suspension in media, in which the pollutant adsorption takes place. The application of enriched fractionated Glauconite is proposed for the artesian water purification.

Key words: glauconit; zeolite; particles sizes distribution; adsorption.

УДК 631.41

ЭМИССИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ СОВРЕМЕННЫХ И ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВ СУХИХ СТЕПЕЙ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

© С.Н. Удальцов, Т.В. Кузнецова, В.А. Демкин

Ключевые слова: диоксид углерода; подкурганые палеопочвы; нитратная форма азота.

Методом закрытых камер оценена скорость эмиссии диоксида углерода *in situ* в летний период из современных и погребенных (I в. н. э.) почв сухих степей Нижнего Поволжья (Северные Ергени). Различия в скорости выделения C-CO₂ подкурганые палеопочвами и их современными аналогами зависели от типа почвы и в значительной степени были обусловлены более высокой влажностью почв, погребенных под курганами. Показано, что повышенное содержание нитратной формы азота в подкурганых палеопочвах (гор. А1) может служить индикатором сезонности сооружения курганной насыпи.

Почва является одновременно природным источником, стоком и резервуаром диоксида углерода [1–6]. Обмен CO₂ в системе почва–атмосфера включает в себя разнообразные биотические и абиотические процессы его образования, внутрипочвенного перемещения и трансформации, улетучивания в атмосферу и поглощения из атмосферного воздуха. Как известно [7–10], в палеопочвах, погребенных под культурными слоями, курганными насыпями, оборонительными валами и пр., до настоящего времени сохранились многие признаки и свойства, отражающие геохимические, климатические, биологические и многие другие условия их формирования и развития. Концентрация диоксида углерода в почвенном воздухе и скорость его обмена в системе почва – атмосфера служат отчетливым индикатором аэробных и анаэробных условий в почвенной среде, численности и активности микробного сообщества, характеризуют запасы легкоразлагаемых органических соединений, их минерализационную

способность, соотношение окислительных и восстановительных процессов трансформации углерода в почве [1–5].

Цель данного исследования – оценить размеры эмиссии диоксида углерода *in situ* из подкурганых палеопочв и из их современных фоновых аналогов в сухостепной зоне Нижнего Поволжья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами изучения послужили подкурганые палеопочвы среднесарматского времени (I в. н. э.), а также их современные фоновые аналоги. Раскопки курганов проводились археологическими экспедициями Волгоградского государственного университета. Исследованный курганный могильник «Перегрузное» находится на западном склоне Северных Ергеней в пределах сухостепной зоны (подзона каштановых почв) на плоском межбалочном водоразделе у с. Пере-

грузное Октябрьского р-на Волгоградской обл. (в 100 км к юго-западу от г. Волгограда). Характерными природными особенностями района являются: лессовидные суглинистые почвообразующие породы, засоленная и карбонатная почвенно-грунтовая толща, расчлененность рельефа, сравнительно хорошие условия дренированности, комплексный почвенно-растительный покров. В составе комплексов доминируют каштановые почвы различной степени солонцеватости и засоленности и солонцы. Естественный растительный покров преимущественно представлен типчакowo-попынной ассоциацией.

На объектах могильника «Перегрузное» (курганы № 45 и № 51) методом закрытых камер впервые *in situ* в летний период было оценено выделение диоксида углерода из подкурганых палеопочв и из современных фоновых почв. Перед установкой камер (по три камеры на каждом участке отбора) поверхность современной почвы освобождали от растительности, а для установки камер-изоляторов на палеопочве (гор. А1) подготавливали площадку со снятием насыпной толщи (непосредственно перед началом измерений на стенке разреза делали выемку). Отбор газовых проб проводился в одно и то же время суток (между 9.00 и 10.00 ч утра), время экспозиции составляло 45 мин. Газовые пробы отбирали в вакуумные пробирки. При отборе проб контролировали температуру и влажность воздуха и почвы. Вблизи от камер-изоляторов отбирали почвенные образцы для последующего химического анализа. Концентрацию CO₂ в пробах измеряли на газовом хроматографе «Кристаллюкс-4000М» (Россия). Величину потоков диоксида углерода рассчитывали по изменению его концентрации в изоляторе за период экспозиции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основные исходные характеристики исследуемых почв приведены в табл. 1. Величина pH (H₂O) в современных почвах находилась в пределах 7,2–7,9, в подкурганых палеопочвах – 7,1–7,6. Изучаемые почвы, как современные, так и погребенные, значительно различались по содержанию С орг и N общ.

Следует отметить, что в большинстве исследуемых подкурганых палеопочв (гор. А1) было обнаружено высокое содержание подвижного минерального азота, представленного преимущественно нитратной формой (табл. 2). Доля нитратной формы азота от содержания N общ в современных почвах составляла 0,05–2,0 %, а в палеопочвах – 0,9–16,9 %. Известно, что в почве содержание доступного азота контролируется протекающими в ней противоположно направленными процессами минерализации и иммобилизации [11–15], которые напрямую зависят от жизнедеятельности почвенных микроорганизмов.

Накопление подвижных минеральных форм азота в почве происходит в том случае, когда в ней преобладает процесс минерализации. В связи с этим можно предположить, что сооружение курганной насыпи было произведено в поздневесенний период, когда в почве имелись оптимальные условия увлажнения и присутствовал в достаточном количестве легкоразлагаемый органический субстрат с высоким содержанием азота (зеленая травянистая растительность). Такая растительная биомасса (с узким соотношением С:N) при

Таблица 1

Исходные характеристики современных и погребенных почв (гор. А1)

Почва, обозначение	pH (H ₂ O)	С орг, %	N общ, мг/100 г
«Перегрузное-2010»			
Современная фоновая почва			
Каштановая солонцеватая солончаковатая, К2 ^{сн,ск}	7,9	0,73	108
Солонец мелкий солончаковатый, Сн ^{м,ск}	7,6	0,97	135
Погребенная палеопочва, курган № 45			
Солонец средний солончаковатый, Сн ^{сп,ск}	7,4	0,25	51
Каштановая глубоко солончаковатая, К2 ^{гск}	7,6	0,65	78
Лугово-каштановая глубоко засоленная, Кл ^{гз}	7,1	0,80	133
Солонец мелкий солончаковатый, Сн ^{м,ск}	7,6	0,23	51
«Перегрузное-2011»			
Современная фоновая почва			
Солонец средний солончаковатый, Сн ^{сп,ск}	7,8	1,11	129
Каштановая солонцеватая, К2 ^{сн}	7,2	1,82	203
Погребенная палеопочва, курган № 51			
Солонец глубоко солончаковатый, Сн ^{гск}	7,6	0,22	44
Каштановая глубоко солончаковатая, К2 ^{гск}	7,4	0,54	62
Лугово-каштановая глубоко засоленная, Кл ^{гз}	7,0	0,56	65

Таблица 2

Влажность и содержание минерального азота в погребенных и современных почвах (гор. А1)

Почва*	Влажность, вес. %	N-NH ₄ ⁺ _{обм} / N-NO ₃ ⁻		N-NO ₃ ⁻ , % от N _{общ}
		мг/100 г		
«Перегрузное-2010»				
Современная фоновая почва				
К2 ^{сн,ск}	2,7	0,26	0,05	0,05
Сн ^{м,ск}	5,2	0,33	0,27	0,2
Погребенная палеопочва, курган № 45				
Сн ^{сп,ск}	8,7	0,42	0,48	0,9
К2 ^{гск}	11,7	0,51	10,23	13,2
Кл ^{гз}	16,1	0,18	7,86	5,9
Сн ^{м,ск}	9,5	0,12	0,29	0,6
Перегрузное-2011				
Современная фоновая почва				
Сн ^{сп,ск}	16,	0,25	1,86	1,
К2 ^{сн}	12,4	0,29	4,03	2,0
Погребенная палеопочва, курган № 51				
Сн ^{гск}	9,1	0,07	3,66	8,3
К2 ^{гск}	11,2	0,09	10,54	16,9
Кл ^{гз}	12,1	0,06	7,56	11,7

Примечание: * – обозначения почв как в табл. 1.

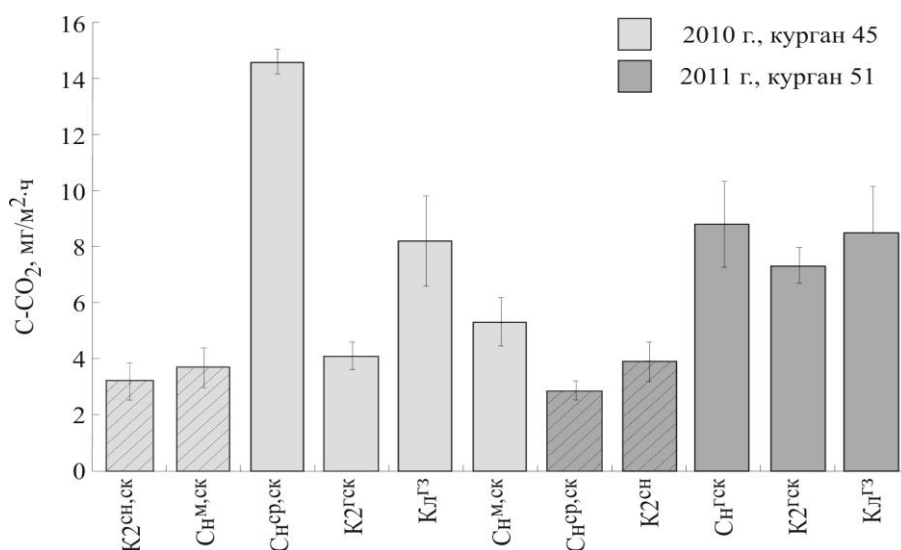


Рис. 1. Эмиссия диоксида углерода из подкурганых палеопочв и из их современных аналогов (заштрихованные столбики)

оптимальных для жизнедеятельности микроорганизмов условиях могла энергично минерализоваться [13–16] с накоплением в почве достаточно высокого количества нитратного азота. Легкодоступный углеродный субстрат при его минерализации быстро исчерпывался и в почве не происходила дальнейшая реиммобилизация накопленного минерального азота. После сооружения насыпи из-за недостатка кислорода накопленный азот нитратов не подвергался дальнейшей трансформации, а депонировался в погребенных горизонтах. Для более детального объяснения феномена накопления нитратной формы азота в подкурганых палеопочвах необходимы дополнительные исследования по оценке содержания фракций легко- и умеренноминерализуемого углерода активного органического вещества, углерода и азота микробной биомассы и скорости оборачиваемости этих компонентов активного органического вещества.

Исследуемые почвы значительно различались по скорости выделения из них диоксида углерода (рис. 1). Скорость эмиссии диоксида углерода из современных почв была сравнима и составляла для каштановой почвы 3,2 и 3,9 мг С-СО₂/м² в час (измерения 2010 г. и 2011 г. соответственно), для солонцов – 3,7 (2010 г.) и 2,9 (2011 г.) мг С-СО₂/м² в час.

Из палеосолонцов кургана № 45 (измерения 2010 г.) выделялось от 5,3 до 14,6 мг С-СО₂/м² в час, а кургана № 51 (измерения 2011 г.) – 8,8 мг С-СО₂/м² в час. Скорость эмиссии диоксида углерода из лугово-каштановых погребенных почв курганов № 45 (измерения 2010 г.) и № 51 (измерения 2011 г.) практически не отличались. Погребенная каштановая почва кургана № 51 (2011 г.) выделяла в 1,8 раза больше диоксида углерода, чем каштановая палеопочва кургана № 45 (2010 г.). Скорость выделения С-СО₂ почвами зависела от типа почвы, но в большей степени была обусловлена более высокой влажностью погребенных палеопочв (табл. 2), чем их современных аналогов.

Таким образом, обнаруженное высокое содержание нитратного азота в гор. А1 подкурганых палеопочв сухостепной зоны Нижнего Поволжья позволяет говорить о сезонности (поздне-весеннем периоде) сооружения курганной насыпи. Интенсивность выделения С-СО₂ подкургаными палеопочвами и их современ-

ными аналогами в летний период зависела от типа почвы, эмиссия диоксида углерода из погребенных палеопочв в значительной степени была обусловлена их более высокой влажностью по сравнению с фоновыми почвами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заварзин Г.А., Кудеяров В.Н. Почва как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестник РАН. 2006. Т. 76. № 1. С. 14-29.
2. Кудеяров В.Н., Заварзин Г.А., Благодатский С.А., Борисов А.В., Воронин П.Ю., Демкин В.А., Демкина Т.С., Евдокимов И.В., Замолдчиков Д.Г., Карелин Д.В., Комаров А.С., Курганова И.Н., Ларионова А.А., Лопес де Гереню В.О., Уткин А.И., Чертов О.Г. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России. М.: Наука, 2007. 315 с.
3. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н. Устойчивость органических соединений почвы и эмиссия парниковых газов в атмосферу // Почвоведение. 1998. № 7. С. 783-793.
4. Смагин А.В. Газовая функция почв // Почвоведение. 2000. № 10. С. 1211-1223.
5. Conrad R. Soil Microorganisms as Controllers of Atmospheric Trace Gases (H₂, CO, CH₄, OCS, N₂O and NO) // Microbiological reviews. 1996. V. 60. № 4. P. 609-640.
6. Mosier A.R. Soil processes and global change // Biol. Fert. Soils. 1998. V. 27. P. 221-229.
7. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. 223 с.
8. Борисов А.В., Демкина Т.С., Демкин В.А. Палеопочвы и климат Ергеней в эпоху бронзы (IV–II тыс. до н. э.). М.: Наука, 2006. 210 с.
9. Демкин В.А., Борисов А.В., Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Золотарева Б.Н., Каширская Н.Н., Удальцов С.Н., Ельцов М.В. Волго-Донские степи в древности и средневековье (по материалам почвенно-археологических исследований). Пушкино: SYNCHROBOOK, 2010. 120 с.
10. Демкин В.А., Гузалинская Л.А., Алексеев А.О., Алифанов В.М., Демкина Т.С., Алексеева Т.В., Борисов А.В., Хомутова Т.Э., Иванникова Л.А., Кабанов П.Б., Алексеева В.А., Каширская Н.Н., Демкина Е.В., Дуда В.И., Дмитриев В.В., Сузина Н.Е., Ельцов М.В., Калинин П.И. Палеопочвы как индикаторы эволюции биосферы. М.: НИА Природа, 2007. 282 с.
11. Кудеяров В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. М.: Наука, 1989. 216 с.
12. Кудеяров В.Н. Азотно-углеродный баланс в почве // Почвоведение. 1999. № 1. С. 73-82.
13. Кузнецова Т.В., Семенов А.В., Ходжаева А.К., Иванникова Л.А., Семенов В.М. Накопление азота в микробной биомассе серой лесной почвы при разложении растительных остатков // Агрохимия. 2003. № 10. С. 3-12.
14. Кузнецова Т.В., Ходжаева А.К., Семенова Н.А., Иванникова Л.А., Семенов В.М. Минерализационно-иммобилизационная обрачи-

- ваемость азота в почве при разной обеспеченности разлагаемым органическим веществом // *Агрохимия*. 2006. № 6. С. 5-12.
15. *Deng S.P., Moore J.M., Tabatabai M.A.* Characterization of active nitrogen pools in soils under different cropping systems // *Biol. and Fertil. Soils*. 2000. V. 32. P. 302-309.
 16. *Jensen L.S., Mueller T., Magid J., Nielsen N.E.* Temporal variation of C and N mineralization, microbial biomass and extractable organic pools in soil after oilseed rape straw incorporation in the field // *Soil Biology and Biochem.* 1997. V. 29. № 7. P. 1043-1055.

БЛАГОДАРНОСТИ: Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН, грантов Ведущей научной школы (НШ-6620.2012.4) и Российского фонда фундаментальных исследований (12-04-00385-а).

Поступила в редакцию 15 сентября 2012 г.

УДК 631.415.11

ФЕНОМЕН КРИОГИДРОМОРФНОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ЛАНДШАФТАХ СЕВЕРА ЗАЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

© Л.А. Фоминых

Ключевые слова: надмерзлотно-гидроморфное почвообразование; морфолитогенная основа; криоземы; криоглееземы.

Для регионов Севера Восточной Сибири, где в ландшафтах сохранилась плейстоценовая мерзлота, обсуждается роль морфолитогенной основы (рельеф-породы) и климата в формировании как наиболее специфических и загадочных – криогидроморфных суглинистых неглеевых почв (криоземов), так и традиционных для северных равнин криогидроморфных глеевых почв (криоглееземов). Обоснованы экологические ниши и экологические ареалы этих двух контрастных морфотипов суглинистых почв на плакорных мерзлотных участках Севера.

ВВЕДЕНИЕ

Почвенный мир Сибири и Дальнего Востока – это крайне сложный и во многом еще недостаточно изученный феномен. Реальная картина почвенного покрова этого региона может быть понята лишь на основе исчерпывающего сравнительно-экологического подхода с максимально полным учетом всех факторов почвообразования [1].

На основе собственных материалов по регионам тайги Сибирской платформы, тундрам Колымской субарктики и обобщения литературных данных мы исследуем природу «наиболее специфических и загадочных» почв мерзлотной области Сибири – криогидроморфных неглеевых почв – криоземов (КР), изучение которых инициировано на Севере Средней Сибири работами И.А. Соколова [2–3]. Наиболее неожиданное свойство КР, непривычное для европейского опыта, – это феномен неглеевости на фоне переувлажнения суглинистых профилей этих почв. Появился ряд гипотез по поводу причин неоглеенности этих криогидроморфных почв: Криогенная. Активные криотурбации затушевывают проявления признаков оглеения в профилях этих почв [2, 3 и др.], и все последующие публикации других авторов по северу Заенисейской Сибири). Литогенная (в противоречивых толкованиях разными авторами): 1) богатство пород основаниями препятствует разви-

Udaltsov S.N., Kuznetsova T.V., Demkin V.A. CARBON DIOXIDE EMISSION FROM MODERN AND BURIED CHESTNUT SOILS OF DRY STEPPE IN LOWER VOLGA RIVER BASIN

The rate of carbon dioxide emission from the modern and buried (I century AD) chestnut soils of the dry steppe in the Lower Volga river basin was estimated *in situ* in the summer. Differences in the rate of C-CO₂ emission under burial mound paleosoils and their modern analogues depended on the type of soil and substantially were caused by higher moisture of soils, buried under burial mound. It is shown that raised contents of the nitrate form of the nitrogen in under burial mound paleosoils (A1 horizon) can serve as the season indicator of burial mound buildings.

Key words: dioxide carbon; under burial mound paleosoils; nitrate form of nitrogen.

тию глеевых процессов в профиле этих почв – «литокриоземы» [4]; 2) низкое содержание в почвообразующих толщах валового железа приводит к специфической форме плакорного глеегенеза: происходит высвобождение железа из кристаллических решеток глинистых минералов, что не сопровождается формированием ярких морфологических признаков оглеения в профилях этих почв [5]. Авторы вышеуказанных концепций считают оглеение актуальным процессом современного плакорного почвообразования на равнинах и низменностях в гумидной климатической обстановке мерзлотной области Севера. Поэтому и не предполагалась возможность существования «в чистом виде» неглеевого криогидроморфного почвообразования, например, в условиях тундры на Колымской низменности.

Криолитогенная концепция, предлагаемая нами на основе многолетних исследований почв Севера, базируется на представлении об одновременном (совместном) процессе формирования рельефа, слагающих его отложений и формирующихся здесь почв [6].

История вопроса. Появление материалов по неизвестным ранее почвам, формирующимся в условиях, которые до сих пор были изучены крайне слабо, обусловило необходимость дальнейшего совершенствования терминологического аппарата [7].

Начиная с работ первых исследователей Севера, изучение зонального плакорного почвообразования