УДК 631.45:630:53(571.54)

ПЛОДОРОДИЕ МЕРЗЛОТНОГО ЧЕРНОЗЕМА ЕРАВНИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ (БУРЯТИИ) И ОЦЕНКА ЕГО АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Н.Н. Дармаева, Н.Б. Бадмаев, д.б.н., О.Д. Нимаева, ИОЭБ СО РАН

Приведены агрохимические, физические и физико-механические параметры плодородия мерзлотной почвы и дана оценка устойчивости почвы к внешним воздействиям.

Ключевые слова: чернозем мерзлотный, плодородие, гранулометрический, агрегатный состав, водопрочность, плотность, удельная поверхность, теплота смачивания, пластичность, прочность почвы.

Введение. Еравнинская котловина Витимского плоскогорья расположена в Забайкалье в области распространения многолетней мерзлоты, залегающей на глубине 3-4 м. Активная температура проникает на глубину 60-80 см. Активный влагооборот охватывает преимущественно 0,5 слой. Основным источником влаги являются летние осадки, определенный вклад в обеспечение растений влагой в летний период вносит надмерзлотная верховодка [2,6].

Основным направлением сельского хозяйства является животноводство, развито и очаговое земледелие, в котором используются преимущественно лугово-черноземные мерзлотные почвы. На равнинных участках они полностью распаханы. Эти почвы характеризуются высоким плодородием. Дефицит тепловых ресурсов ограничивает биологическую активность и в почвах низка обеспеченность нитратным азотом. В силу геохимических особенностей почвообразующих пород в почвах мало содержится подвижного фосфора. При соблюдении культуры земледелия и применении минеральных удобрений получают сравнительно высокие урожаи ячменя, овса, картофеля, сена однолетних и многолетних трав [8]. В связи с активным освоением природных ресурсов региона и необходимостью укрепления местной продовольственной базы предусматривается расширение площади сельскохозяйственного пользования. Потенциально пригодными для этих целей являются черноземы криптоглееватые мерзлотные. В настоящее время исследованы тепловой и водный режимы почвы в сезонной и многолетней динамике, но физические и физико-механические свойства почв, характеризующие энергетический потенциал, плодородие и устойчивость почв к внешним воздействиям практически не изучены.

Цель данного исследования - изучение агрохимических, физических и физико-механических свойств целинного мерзлотного чернозема и оценка его потенциального плодородия, водоустойчивости, пластичности и прочности почвы.

Методика исследований. Агрохимические параметры почвы определяли общепринятыми в агрохимии методами [10]. Удельную поверхность определяли десорбцией паров воды над солями методом БЭТ (Брунауэр, Эммет, Теллер); теплоту смачивания – в калориметре ОХ12К по формуле $Q(кал/г)=K_k \cdot t_n \cdot P_c$, где K_k – теплоемкость калориметра равная 73,90 кал. Для перевода калорий в систему СИ (Дж/г), необходимо результат умножить на 4,18; плотность и пористость почвы – в соответствии с общепринятыми в физике почв методами [3,9]. Пределы Аттерберга (влажность пределов текучести и пластичности) определяли методом конуса Васильева и раскатыванием почвы в шнур. Пластическую прочность (P_m) оценивали при влажности предела текучести по формуле $P_m=k \cdot F/h^2$, где k – коэффициент, зависящий от величины угла конуса (для конуса 30^o k=1,108); F – действующая нагрузка на конус, кг; h – глубина погружения конуса, см [1].

Результаты и их обсуждение. Черноземы криптоглееватые мерзлотные формируются на вершине террасоувала под лугово-степным разнотравьем с проективным покрытием 60%, почвообразующие породы представляют тяжелые суглинки и глины. Гранулометрический состав почв суглинистый, во втором полуметре переходящий в тяжелый суглинок, структура гумусового горизонта ореховато-зернистая. Реакция среды слабокислая, в горизонте А1 близкая к нейтральной. При среднем содержании гумуса в А1, его количество резко убывает с глубиной. В составе обменных катионов, при их общем невысоком количестве, преобладает кальций (табл. 1). Вследствие угнетенности биологических процессов в почве отмечается высокое содержание негидролизуемого остатка (НГО) – гуминовых веществ прочносвязанных с минеральной частью почвы (табл. 2). В групповом составе гумуса преобладают фульвокислоты и тип гумуса фульватный, что обусловлено недостатком тепловых ресурсов и низкой активностью гумификации.

1. Физико-химические свойства черноземной мерзлотной почвы

Горизонт, см	pH_{H2O}	Гумус	$N_{общ}$	Обменные		<0,001	<0,01
				Ca^{2+}	Mg^{2+}		
		%		мг-экв/100г почвы		%	
А1 2-24	6,2	6,22±0,01	0,35	15,40	6,6	24,2	31,8
В1 24-36	5,4	1,77±0,02	0,21	6,65	5,0	27,9	33,4
В2 36-68	5,4	1,50±0,01	0,20	10,35	6,25	42,8	65,0
ВС 68-100	5,7	0,42±0,02	0,15	6,60	3,30	31,7	46,9

2. Групповой состав гумуса почвы

Горизонт, см	$C_{общ}$, %	% от $C_{общ}$		$C_{ГК}/C_{ФК}$	НГО, % от $C_{общ}$
		$C_{ГК}$	$C_{ФК}$		
А1 2-24	3,90	7,9	29,1	0,3	62,9
В1 24-36	0,68	12,5	23,4	0,5	64,1

В агрегатном составе почвы при сухом просеивании присутствуют агрегаты всех размерностей (табл. 3). Содержание агрономически ценных агрегатов от 0,25 до 10 мм составляет в горизонте А1 и В1 86 и 84%, в В2 – 69%. По шкале Н.А.Качинского [3] структура почвы оценивается как хорошая при сухом рассеве. После мокрого просеивания в гумусовом горизонте резко убывает количество агрегатов от 2-1 до 5-3 мм. В горизонтах В1 и В2 полностью исчезают агрегаты размером от 3-2 до 7-5 мм и резко убывает количество агрегатов в 2-1 мм. При распаде этих агрегатов в десятки раз увеличивается содержание самых мелких агрегатов < 0,25, возрастает и количество агрегатов от 0,5-0,25 до 1-0,5 мм (табл. 3).

3. Агрегатный состав,%, черноземной мерзлотной почвы при просеивании сухом / мокром										
Горизонт, см	Размер фракций агрегатов, мм									
	>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	>0,25
А1	10,8	6,4	5,9	13,2	16,3	30,3	7,7	6,1	3,3	-
2-24	-	-	4,62	0,28	0,58	0,52	13,34	7,74	72,52	27,58
В1	10,5	6,3	5,8	12,9	15,9	29,6	7,5	5,9	3,3	-
24-36	-	-	0	0	0	0,52	10,64	13,26	75,58	24,4
В2	11,6	8,9	6,4	8,9	9,5	15,3	6,5	13,2	19,8	-
36-68	-	-	0	0	0	0,42	7,36	14,06	78,16	21,8

По классификации Качинского по суммарному содержанию агрегатов >0,25 мм при мокром рассеве их водоустойчивость оценивается как недостаточно удовлетворительная. Таким образом, прочность или сопротивляемость структурных агрегатов почвы размывающему действию воды слабая, что подразумевает потенциальную податливость почвы эрозии.

Оптимальная плотность почвы, являющаяся физическим показателем условий роста и развития большинства культурных растений находится в пределах 1,0-1,25 г/см^3 [7]. Плотность мерзлотного чернозема в гумусовом горизонте соответствует плотности, благоприятной для возделывания сельскохозяйственных растений. С глубиной с утяжелением гранулометрического состава плотность почвы возрастает. Пористость почвы в верхнем полуметре по Качинскому удовлетворительная (табл. 4).

Величина удельной поверхности частиц твердой фазы используется в агропочвоведении для оценки физических и физико-механических свойств почв и определения уровня их плодородия. Значение удельной поверхности в гумусовых горизонтах черноземов (от выщелоченного до южного) варьирует от 120 до 150 м^2/г[11]. В этом интервале находится удельная поверхность мерзлотного чернозема в гумусовом горизонте. С глубиной значение удельной поверхности значительно снижается в соответствии с изменением количества гумуса.

4. Физические и физико-механические свойства черноземной мерзлотной почвы								
Горизонт, см	Плотность почвы Р, г/см^3	Общая пористость, %	Удельная поверхность S, м^2/г	Теплота смачивания, Дж/г	W, % ПТ	W, % ПП	ЧП	P_m, кг/см^2
А1	1,26	50	137,1	15,90±	32,31±	24,61±	7,7±	6,64±
2-24				0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
В1	1,31	50	74,7	11,18±	20,05±	14,86±	5,2±	0,42±
24-36				0,02	0,05	0,05	0,05	0,02
В2	1,37	47	99,8	11,47±	24,33±	17,66±	6,7±	0,60±
36-38				0,03	0,03	0,03	0,03	0,01
ВС	1,45	44	50,6	6,74±	15,66±	14,27±	1,4±	0,84±
68-100				0,03	0,03	0,03	0,03	0,02

Одним из показателей энергетического потенциала почвы является теплота смачивания. Она представляет суммарный тепловой эффект адсорбции и гидратации, который является выражением (при смачивании водой) образования прочносвязанной воды. Величина теплоты смачивания зависит от удельной поверхности частиц твердой фазы, гранулометрического состава, содержания гумуса [4]. Теплота смачивания в мерзлотном черноземе изменяется по профилю в соответствии с удельной поверхностью и содержанием гумуса. Величина теплоты смачивания (ТС) в гумусовом горизонте почвы приближается к аналогичному показателю ТС южных черноземов – 20,9 Дж/г, в мощных черноземах она достигает 25-30,6 Дж/г [11].

Одним из важных показателей физико-механических свойств почвы является пластичность – способность почвы деформироваться и принимать приданную ей во влажном состоянии форму без образования трещин и сохранить ее после прекращения внешних воздействий. Пластичность проявляется в определенном диапазоне влажности, характеризующем верхний и нижний предел пластичности. Величина пластичности определяется числом пластичности (ЧП) – разницей в содержании воды в процентах между пределом текучести (ПТ) или верхним пределом пластичности и нижним пределом пластичности (ПП). ЧП количественно характеризует область, в которой почва находится в пластичном состоянии. Верхняя граница пластичности является и показателем устойчивости почв к водной эрозии [13]. Как показано в таблице 4, узкий интервал влажности, в котором мерзлотный чернозем сохраняет пластичное состояние, определяет невысокое число пластичности. При ЧП немногим более 7 почву гумусового горизонта можно отнести к пластичной, почву нижних горизонтов с ЧП ниже 7 – к слабопластичной [7].

Физико-механической характеристикой почв, определяющей их плодородие и устойчивость к внешним деформирующим воздействиям является показатель пластической прочности – P_m, отражающий способность почвы сопротивляться разрушению под влиянием приложенных механических напряжений. По величине P_m можно судить о силе сцепления почвенных частиц или прочности контактов между ними [13]. Пластическую прочность мерзлотного чернозема определяли при влажности предела текучести. Почва гумусового горизонта при более высоком содержании гумуса и бóльшей удельной поверхности характеризуется более высокой пластической прочностью, чем почва в горизонте В1. Максимальная нагрузка, при которой сохраняется структурное состояние мерзлотного чернозема и он находится в пластичном состоянии, ниже, чем в гумусовом горизонте А1 серой лесной почвы (0,77 кг/см^2) и несколько выше, чем в пахотном слое дерново-подзолистой почвы (0,58 кг/см^2) Европейской части России [12]. Невысокая пластическая прочность мерзлотного чернозема соответствует небольшой величине ЧП. Увеличение прочности во втором полуметре почвенного профиля обусловлено глееватостью и повышенной плотностью почвы.

Заключение. Физические и физико-механические свойства чернозема криптоглееватого мерзлотного характеризуют почву как потенциально слабоустойчивую к водной эрозии, с невысокими показателями пластичности и прочности. Полученные результаты могут быть использованы при планировании и организации рационального землепользования в сельскохозяйственном производстве в северных и северо-восточных областях Забайкалья.

Литература

1. Абрукова Л.П. Применение пластического пластометра для исследования прочностных свойств почв // Почвоведение. 1980. N 1. С.147-156. 2. Бадмаев Н.Б., Куликов А.И., Корсунов В.М. Разнообразие почв криолитозоны Забайкалья. – Улан-Удэ. Бурятский научный центр СО РАН. 2006. 165 с. 3. Вадюнина А.Ф. Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. – М.: «Высшая школа».- 1961.- 345 с. 4. Димо В.Н., Утнаева В.Ф. Теплота смачивания как один из энергетических показателей почв // Почвоведение. 1984.N 2. С. 37-46. 5. Качинский Н.А. Физика почв. – М.: «Высшая школа». 1965. 322 с. 6. Куликов А.И., Дугаров В.И. Корсунов В.М. Мерзлотные почвы: экология, теплоэнергетика, прогноз продуктивности. – Улан-Удэ. Бурятский научный центр СО РАН. -1997.- 312 с. 7. Муха В.Д. и др. Агропочвоведение. – М.: Колос.- 2001.- 528 с. 8. Пигарева Н.Н., Корсунов В.М. Агрохимия почв криолитозоны Забайкалья. – Улан-Удэ. Бурятский научный центр СО РАН.- 2004.- 203 с. 9. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв. Под ред. Е.В.Шеина. – М.: МГУ. 2001. – 208 с. 10. Практикум по агрохимии. – М.: МГУ. 2001. 11. Уткаева В.Ф. Удельная поверхность и теплота смачивания различных типов почв Европейской территории России // Почвоведение. -1994.- N 11/- С. 99-106. 12. Хайдапова Д.Д., Пестонова Е.А. Прочность межчастичных связей в почвенных пастах и агрегатах // Почвоведение.- 2007.- N 11.- С. 130-1336. 13. Шеин Е.В. Курс физики почв. – М.: МГУ.- 2005.–430 с.

FERTILITY OF CHERNOZEM OF THE YERAVNINSKAYA DEPRESSION (BURYATIA) AND THE ASSESSMENT OF ITS AGROECOLOGICAL STABILITY

N.N. Darmaeva, N.B. Badmaev, Z.A. Nimaeva

Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, ul. Sakhjanova 6, Ulan-Ude, 670047 Russia, e-mail: darmaeva@mail.ru

Summary. *Agrochemical, physical, and physico-mechanical fertility parameters of a cryogenic soil were determined, and the resistance of the soil to external impacts was assessed.*

Key words: *cryogenic chernozem, fertility, particle-size distribution, aggregate composition, water stability, density, specific surface, heat of wetting, plasticity, soil strength.*