

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОКИСЛЕННЫХ БУРЫХ УГЛЕЙ НА КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ

**А.Ц. Мангатаев, А.И. Куликов, Ц.Д. Мангатаев,**  
**Институт общей и экспериментальной биологии,**

**М.А. Куликов, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова**

Твердые отходы угольного производства используются в основном для закладки выработанного пространства разрезов и шахтных провалов. Применение нетопливных окисленных бурых углей в качестве мелиоранта является новым приемом, требующим изучения. Полив карьерной минерализованной водой, являющейся вторичным продуктом при разработке угольного разреза, имеет существенное значение в условиях сухостепной зоны.

Для Забайкалья климатическая норма орошения, рассчитанная по дефициту испарения при 95%-й обеспеченности, составляет 4000 м<sup>3</sup>/га. В эксперименте для орошения использовали подземные воды, выклинивающиеся в карьеры открытой разработки угольного пласта. Они имеют разную степень минерализации, однако специально проведенная проверка, в т.ч. экспериментальная, показала их достаточную экологичность. За вегетационный период на опытных участках оросительная норма полива составила 2000 м<sup>3</sup>/га.

Для изучения мелиоративных качеств использовали окисленные бурые угли (ОБУ) в виде двух фракций: доведенные после механической активации путем тщательного измельчения до илистой фракции (менее 0,001 мм) — ОБУ<sub>м</sub> и доведенные после помола и отбора просеиванием фракций размером 1—3 мм — ОБУ<sub>г</sub>.

Схема опыта: I — контроль; II — полив минерализованной водой (МКВ); III — МКВ + ОБУ<sub>м</sub> (10 т/га); IV — МКВ + ОБУ<sub>м</sub> (20 т/га); V — МКВ + ОБУ<sub>г</sub> (10 т/га); VI — МКВ + ОБУ<sub>г</sub> (20 т/га). ОБУ вносились равномерным слоем на поверхности почвы под вспашку на глубину 15—20 см. Структуру почвы определяли методом Савинова сухим и мокрым просеиванием.

Бурые угли Гусиноозерского месторождения представляют собой темной окраски массу с пылевой структурой, не имеющей запаха. Плотность твердой фазы 2,8 г/см<sup>3</sup>, плотность сложения 1,6±0,01 г/см<sup>3</sup>. По результатам многочисленных анализов, в мелкоизмельченных мелиорантах в гранулометрическом составе 98% всех фракций составляют частицы размером менее 0,001 мм, а в мелиоранте грубого измельчения 90% всех фракций составляют частицы размером 1—3 мм. Влажность мелиоранта — 3—5%.

Окисление углей приводит к изменению их химического состава и технологических свойств. Так, с ростом степени окисленности Гусиноозерских и других бурых углей увеличивается выход летучих веществ. Следует отметить, что при понижении этого показателя возрастает содержание углерода и, как правило, уменьшается содержание кислорода и водорода.

Важная составляющая ископаемых углей — «зола» (минеральный остаток после сжигания топлива). В большинстве случаев 98—99% золы состоит из свободных и связанных в оксиды железа, алюминия, титана, кальция, магния, натрия, калия, кремния и серы. Минеральные вещества ископаемых углей включает в свой состав редкие элементы. В углях установлены до 30 подобных элементов, в т.ч. бериллий, бор, скандий, иттрий, палладий, радий, платина и др. [Гофтман, 1963]. Изучение свойств гусиноозерских углей, применяемых в опыте, показало, что в их состав входят гуминовые кислоты, которые обуславливают достаточно высокую концентрацию ионов водорода и понижают pH до 3,5—4,5.

Выход гуминовых кислот обычно составляет 35—70%, содержание углерода — 61—63%. Содержание Са до-

стигает 11,2%, P — 0,59, S — 0,57, K — 0,53, H — 3,5, N — 1,9, O — 44,1, зольность — 15,1%. Кроме этого, в углях содержатся ряд биофильных (Cu, Zn, Mg, Md, Co) и редкоземельных элементов. Количество тяжелых металлов (Pd, Cd, Ni) не превышает ПДК. Эффект от применения углегуминовых удобрений прямо связан с почвенными и погодными условиями, другими внешними факторами.

Неблагоприятное структурно-агрегатное состояние каштановых почв проявляется в высоком содержании микроагрегатных (менее 0,25 мм), т.е. эрозивноопасных фракций, которые при сухом просеивании составляют до 26,4% (табл. 1). Содержание крупных фракций (3—10 мм) также достаточно велико, однако эти макроагрегаты нельзя характеризовать как агрономически ценные. Под воздействием воды они почти полностью размываются, в результате чего начинают доминировать мелкие фракции. Примечательно, что мезоагрегаты (3—0,25 мм) имеют хорошую водопрочность и их количество после мокрого просеивания изменяется незначительно. Изученная каштановая почва по содержанию агрономически ценных агрегатов (0,25—10 мм) при сухом просеивании относится к градации хорошей [Шейн и др., 2001].

**Таблица 1 Влияние мелиорантов на микроагрегатный состав (%) каштановой почвы\***

Вариант	10—3 мм		3—0,25 мм		менее 0,25 мм	
	2003 г.	2004 г.	2003 г.	2004 г.	2003 г.	2004 г.
I	14,1/0,9	14,1/1,0	59,5/62,3	59,5/63,1	26,4/36,8	26,4/35,9
II	7,3/1,5	7,2/1,5	65,4/64,5	64,1/64,4	27,3/34,1	28,7/34,1
III	8,1/1,5	7,6/0,9	67,7/66,3	68,1/67,8	24,2/33,0	24,3/31,3
IV	7,6/0,7	7,3/1,0	66,8/70,7	71,3/74,0	25,6/28,1	21,4/25,0
V	7,5/0,8	7,0/0,8	67,5/65,3	69,4/64,8	25,0/33,9	23,6/34,4
VI	7,6/0,9	7,1/0,9	66,5/66,9	71,6/66,4	25,9/32,2	21,3/32,7

\* В числителе — сухое просеивание, в знаменателе — мокрое просеивание

Изменение структурно-агрегатного состояния почв под влиянием орошения отмечается в виде увеличения мелких фракций (менее 0,25 мм), чему способствует размывающее действие минерализованной воды. При этом содержание мезоагрегатов понижается на 3,6—8,6%. С внесением мелиоранта количество мезоагрегатных фракций увеличивается по сравнению с контролем на 7,0—12,1%, что свидетельствует о повышении устойчивости почвы к водному воздействию. При использовании мелиоранта происходит увеличение такого комплексного показателя, как коэффициент структурности — в первый год сухой мелиорации (2003) — на 0,07—0,34%, во второй (2004) — на 0,33—0,90%. Это свидетельствует о том, что окисленные бурые угли снижают разрушительное действие воды на структуру почвы при орошении. Этот факт имеет немаловажное значение для легких каштановых почв.

Нами получены объективные количественные параметры влияния окисленных бурых углей при орошении на структурно-агрегатное состояние каштановых почв Бурятии. При этом усиление процесса оструктурирования изученной почвы связано с тем, что частицы бурых углей являются первичными

точками (ядрами) агрегатообразования [Anderson et al., 1981]. Также возможно, что при орошении в водопрочных агрегатах почвы накапливаются инертные органические соединения, способствующие устойчивости и участвующие в восстановлении структуры [Sullivan, 1990].

По критерию водопрочности АФИ [Шеин и др., 2001], почва относится к категории «хорошей», хотя орошение несколько снижает критерий, но градиция почвы по этому показателю не изменяется (табл. 2).

Вариант	Коэффициент структурности		Критерий водопрочности, %		Количество агрономически ценных агрегатов (0,25–10 мм), %	
	2003 г.	2004 г.	2003 г.	2004 г.	2003 г.	2004 г.
I	2,79	2,79	141	139,3	73,6	73,6
II	2,66	2,48	96,5	101,2	72,7	71,3
III	3,13	3,12	112,8	109,3	75,8	75,7
IV	2,90	3,67	120,3	120,8	74,4	78,6
V	3,00	3,24	109,1	114,3	75,0	76,4
VI	2,86	3,69	109,2	104,8	74,1	78,7

Для формализации влияния мелиоранта (ОБУ) на структурообразование выведены регрессионные зависимости. Темпы изменения агрегатности почвы разные. Зависимость количества макроструктурных отдельностей (3–0,25 мм) от дозы и размерности вносимого мелиоранта имеет положительный знак, а для более мелких частиц (менее 0,25) знак противоположен.

Эти зависимости аппроксимированы уравнением прямой линии, выводимой методом наименьших квадратов (Дмитриев, 1995):

$y=63,23+3,55x$  (линия 1);  $y=35,0-2,8x$  (линия 1') — при внесении углей размером менее 0,001 мм;  $y=64,26+0,8x$  (линия 2);  $y=35,03-0,85x$  (линия 2') — при внесении углей размером 1–3 мм.

Коэффициенты регрессии при (x) (x — дозы мелиоранта заданной фракции) дают представление о темпе количественного изменения зависимой переменной (y), в нашем случае — это количество водопрочных агрегатов. Так, из

уравнения (линия 1) вытекает: для того, чтобы изменить содержание водопрочных агрегатов размером 0,25–3 мм, на единицу требуется внести угля илистой фракции в количестве 3,55 т/га. Для аналогичного же изменения количества водопрочных агрегатов 0,25–3 мм требуется 0,8 т/га угля размером 1–3 мм (линия 2).

Для того чтобы выявить, какой фактор оказывает наибольшее влияние или их совместное действие на содержание водопрочных агрегатов размером 3–0,25 мм, составлен 3-факторный дисперсионный комплекс, где фактор А — доза угля, фактор В — время воздействия и фактор С — степень измельчения мелиоранта (мелкая, грубая).

Высоко достоверно влияние доз (фактор А) и степени измельчения мелиоранта (фактор С) на содержание водопрочных агрегатов (3–0,25 мм). При этом совместное влияние фактора С в парном сочетании с факторами А и В оказалось достаточно значимо — соответственно 16,9 и 9,98%. Данный факт можно трактовать следующим образом. Высокая степень влияния фактора измельчения мелиоранта продолжает оказывать влияние и в сочетании с другими, пусть даже относительно слабыми, факториальными признаками. Дозы и время при взаимодействии ослабляют друг друга. Действие временного фактора (фактор В) оказалось незначимо. Действительно, по истечении двух лет существенного изменения содержания агрегатов не наблюдалось. В сочетании с фактором А (факториальное взаимодействие АВ) получено минимальное влияние.

Полученные результаты указывают, что сочетание факторов не всегда дает кумулятивный синергетический эффект (в системологии — эффект эмерджентности). Тем самым факторы при взаимодействии могут проявлять антагонизм.

Таким образом, орошение минерализованной водой вызывает деградацию структуры почв на уровне макро- и микроагрегатов. Обесструктуривание орошаемых почв связано с размывающим действием воды. Выявлена тенденция, свидетельствующая об увеличении водопрочности агрегатов и структурности почвы при мелиорации окисленными бурьми углями на фоне полива минерализованной карьерной водой.

#### Литература:

1. Азарова С.В. Геоэкологические проблемы угольных разрезов республики Хакасия (на примере угольного разреза Чалпан) // Материалы Южно-Сибирской международной научной конференции студентов и молодых ученых. — Абакан, 2001. — С. 71.
2. Антипов-Каратаев И.Н., Филиппова В.Н. Влияние длительного орошения на почвы. — М.: Изд-во АН СССР, 1955. — 112 с.
3. Дмитриев ЕА. Математическая статистика в почвоведении: Учебник. — М.: Изд-во МГУ, 1995. — 320 с.
4. Суюндуков Я.Т. Изменение агрофизических свойств обыкновенных черно-земов Зауралья при орошении // Почвоведение, 1995. — №7. — С. 856-861.
6. Чоудри И.А., Попова Т.В. Изменение состава и свойств обыкновенных черноземов Суклейского опытного участка под влиянием орошения // Почвоведение, 1978. — №4. — С. 97-103.
7. Шеин Е.В., Карпачевский Л.О. Толковый словарь по физике почв. — М.: ГЕОС, 2003. — 126 с.
8. Anderson D.W., Saggar S., Bettany J.R., Stewart J.W.B. Particle size fraction and their use in studies of soil organic matter. I. The nature and distribution of forms of carbon. Nitrogen. And sulfur // Soil Sci.Soc.Am.J, 1981. — № 45. — P. 767-772.
9. Sullivan Z.A. Soil organic matter and water-stable aggregates in soil // J. of Soil Sci. — 1990. — Vol. 41. — P. 529-534.