

УДК 631.416.2:571.54

ФОСФАТНЫЙ ФОНД АВТОМОРФНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Ц. Д. Мангатаев

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ

E-mail: mangataev@mail.ru

Установлено, что автоморфные почвы Западного Забайкалья обладают высоким природным запасом валового фосфора, из которого более 60% находится в форме минерального фосфора. Выявлено, что минеральные фосфаты в автоморфных почвах преимущественно представлены высокоосновными кальцийфосфатами типа апатита.

Ключевые слова: агрохимия, автоморфные почвы, фосфор.

Автоморфные почвы Западного Забайкалья преимущественно используются в основном как пахотные, так как большие массивы этих почв вовлечены в сельскохозяйственный оборот. Поэтому весьма актуальны исследования, направленные на улучшение плодородия почв и повышение продуктивности агроценозов.

Состав фосфатного фонда данных почв изучен слабо. Исследованием фосфатного фонда в основном охвачены пахотные аналоги (Абашеева, 1989; Загузина, 1976). Известно, что для автоморфных почв характерны разнообразие условий почвообразования, дефицит влагоресурсов, своеобразие окислительно-восстановительных процессов. Поэтому в них следует ожидать существенные различия в химическом составе, превращении и доступности растениям почвенных фосфатов.

Цель статьи – определить структуру фосфатного фонда автоморфных почв Западного Забайкалья.

В качестве объекта исследований выбраны: 1) черноземы мучнисто-карбонатные целинные и пахотные; 2) каштановые и серые лесные целинные, пахотные почвы.

Для характеристики структуры фосфатного фонда автоморфных почв выполнены следующие анализы: определено содержание фосфора (валового, общего, минерального, органического), фракционный состав по методу Гинзбург-Лебедевой. Использованы общепринятые методы почвенно-агрохимических исследований (Агрохимические..., 1975).

Закономерности распространения и свойства автоморфных почв, их гидротермический режим

и микробиологическая активность подробно описаны ранее (Корсунов, Цыбжитов, 1989; Нимаева, 1989; Ральдин и др., 2003). Здесь кратко отметим следующее: для автоморфных почв типичны средне- и легкосуглинистый гранулометрический состав, нейтрально-слабощелочная реакция среды, слабая увлажненность, достаточный запас теплоресурсов, незначительное содержание поглощенных оснований, невысокое количество гумуса и общего азота; содержание доступного P_2O_5 и обменного K_2O находится на повышенном и среднем уровне обеспеченности (табл. 1).

Как показал анализ структуры фосфатного фонда автоморфных почв, они обладают относительно высоким уровнем потенциального плодородия по фосфору (табл. 2). Содержание валового фосфора в приповерхностных слоях каштановых почв составляет 0,18–0,19%; в серых лесных – 0,20–0,23%, а в черноземах – в пределах 0,18–0,19%. В подгумусовых и подпахотных горизонтах содержание его снижалось, но несущественно. Согласно грациям, разработанным Д. Н. Прянишниковым (1940), все почвы в зависимости от содержания в них валового фосфора делятся на четыре группы: очень бедные (0,01%), бедные (0,01–0,05%), средние (0,05–0,10%) и богатые (0,10–0,20%). Поэтому автоморфные почвы Забайкалья следует считать очень богатыми по обеспеченности валовым фосфором.

Запасы валового фосфора в каштановых, целинных и пахотных почвах значительные: в слое 0–20 см они составляют 4,35 и 4,92 т/га, в слое 0–50 см – 11,64–13,32 и в слое 0–100 см – 23,63 и 28,44 (табл. 3) по абсолютным значениям.

Запасы валового фосфора в серых лесных почвах достаточно высоки: в слое 0–20 см – 5,14 и

Таблица 1. Некоторые свойства пахотных почв склоновых ландшафтов

Table 1. Some characteristics of arable soils over slope landscapes

Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций мелкозема, %; размер частиц, мм		Гумус, %	N _{общ} , %	pH _{H₂O}	Сумма поглощенных оснований, мг-экв на 100 г
		< 0,01	< 0,001				
Каштановые							
Целина							
A ₁	0–20	10	20	1,53	0,14	7,1	22,3
B ₁	20–40	5	19	1,14	0,09	7,3	18,7
B ₂	70–80	5	10	0,67	0,04	7,6	19,4
Пашня							
A _{пах}	0–20	11	21	1,14	0,11	7,2	22,8
A _{п/пах}	20–40	8,5	23	1,02	0,05	7,2	26,3
B ₁	40–70	9	20	0,42	0,02	7,8	17,4
Серые лесные							
Целина							
A ₁	2–10	16	33	4,8	0,14	6,4	24,5
A ₁ B	10–20	16	29	4,9	0,08	6,2	22,5
	20–30	26	37	2,6	0,05	7,0	19,8
B	32–42	23	35	Не опр.		7,0	16,6
BC	44–54	15	19	Не опр.		7,3	–
Пашня							
A _п	0–20	23	42	3,42	0,09	6,8	19,5
A ₁ B	20–29	29	45	2,74	0,04	7,0	17,7
B	50–60	23	34	0,5	–	7,2	17,0
Черноземы мучнисто-карбонатные							
Целина							
A ₁	0–20	16	36	3,2	0,21	6,8	20,9
AB	20–35	11,3	24,8	0,8	0,07	7,1	18,7
B	35–55	13,0	25,4	0,68	0,06	7,4	16,2
Пашня							
A _{пах}	0–22	17	30	2,41	0,18	6,9	21,9
A ₁ B _x	22–34	16	28	1,91	0,15	7,0	19,5
A ₁ B	40–50	13	27	0,9	0,11	7,0	16,0
B	55–65	13	25	0,3	0,06	7,5	14,7

5,51 т/га; в слое 0–50 см – 12,80 и 13,46; в слое 0–50 см – 24,71 и 25,76.

Запасы валового фосфора в черноземах мучнисто-карбонатных существенны; в целинных и пахотных почвах они колеблются: в слое 0–20 см – 5,03 и 4,32 т/га; 0–50 см – 13,91 и 11,72 т/га; 0–100 см – 25,22 и 25,0 т/га.

Анализ по запасам валового фосфора (см. табл. 3) свидетельствует о том, что автоморфные почвы существенно не различаются. Однако с увеличением глубины взятого в расчет слоя до 1 м разница становится заметнее только в целинных каштановых почвах (28,44 т/га), а в остальных слоях этого не происходит. По абсолютным значениям они превосходят запасы даже курских черноземов (Хейфец, 1950). Это, по-видимому, связано со спецификой минералогического состава (Осокин, 2000).

Органический фосфор в автоморфных почвах находится в пределах от 5,3 до 36,2%, который максимально сосредоточен в гумусовом и пахотном горизонтах (см. табл. 2). Доля органической

формы P₂O₅ в общем количестве также снижается вниз по профилю: в каштановых почвах – от 52,9 до 33,1 мг/100 г в гумусированных и пахотных горизонтах, в серых лесных – от 68,4 до 30,0 мг/100 г, а в черноземах мучнисто-карбонатных – от 61,6 до 60,8 мг/100 г почвы. Особенно мало органического фосфора в подгумусовых горизонтах целинных аналогов – от 8,9 до 21,0 мг/100 г, что соответствует 5,3–12,2% от общего количества P₂O₅.

Распределение минерального фосфора по профилю автоморфных почв достаточно равномерное: его содержание в каштановых почвах варьирует в пределах 119,3–136,9 мг/100 г в гумусовых и пахотных горизонтах, в карбонатных – от 150,9 до 161,2 мг/100 г. В процентном отношении минеральный фосфор намного выше, чем органический (69,3–94,7%).

Минерального фосфора в верхних горизонтах (0–20 см) серых лесных почв содержится 154,5 мг/100 г в целинных, а в пахотных аналогах 127,7 мг, что, по-видимому, связано с относи-

Таблица 2. Фосфор в автоморфных почвах Западного Забайкалья

Table 2. Phosphorus content of automorphic soils in the western Baikal area

Горизонт, см	Глубина, см	Валовой, %	Общий, мг/100 г почвы	Органический		Минеральный	
				мг/100 г почвы	% от общего	мг/100 г почвы	% от общего
Каштановые							
Целина							
A ₁	0–20	0,19	171,2	50,7	29,6	120,5	70,4
AB	20–40	0,18	170,0	33,1	19,5	136,9	80,5
B _к	40–50	0,17	169,5	14,0	8,3	155,5	91,7
	70–80	0,17	170,1	8,9	5,2	161,2	94,7
Пашня							
A _{пах}	0–20	0,18	172,2	52,9	30,7	119,3	69,3
A _{п/пах}	25–35	0,18	158,3	36,5	23,0	121,8	77,0
B _к	70–80	0,17	165,2	14,3	8,7	150,9	91,3
Серые лесные							
Целина							
A	0–20	0,23	215	60,5	28,2	154,5	71,8
B	30–45	0,21	208	30,0	14,4	178,0	85,6
BC _к	70–80	0,18	172	21,0	12,2	151,0	87,8
Пашня							
A _{пах}	0–20	0,21	195,4	62,7	32,3	132,7	68,0
A _{п/пах}	20–30	0,20	193,4	68,4	35,4	125,0	64,6
B _к	30–40	0,18	160,6	50,9	31,7	109,7	68,3
	60–70	0,17	161,4	18,2	11,3	143,2	88,7
Черноземы мучнисто-карбонатные							
Целина							
A	0–20	0,18	168,3	60,9	36,2	107,4	63,8
B	30–40	0,19	170,0	61,4	36,1	108,6	63,9
B _к	60–70	0,17	162,4	18,0	11,1	144,6	88,9
Пашня							
A _{пах}	0–20	0,18	170,0	60,8	35,8	109,2	64,2
A _{п/пах}	20–30	0,17	170,0	61,6	36,2	108,4	63,8
B _к	60–70	0,17	160,0	24,5	15,3	135,5	84,7

Таблица 3. Запасы валового фосфора в автоморфных почвах Забайкалья

Table 3. Bulk phosphorus resources in automorphic soils in the Baikal Lake area

Горизонт, см	P ₂ O ₅ , т/га	
	Целина	Пашня
Каштановые		
0–20	4,92	4,35
0–50	13,32	11,64
0–100	28,44	23,63
Серые лесные		
0–20	5,51	5,14
0–50	13,46	12,80
0–100	25,76	24,71
Черноземы мучнисто-карбонатные		
0–20	5,03	4,32
0–50	13,91	11,72
0–100	25,22	25,00

тельно большим отчуждением P₂O₅ растениями агроценозов. Абсолютная доля минерального фосфора в серых лесных почвах устойчиво возраста-

ет с глубиной. Относительный показатель равен 68,3–88,7%.

В черноземах мучнисто-карбонатных меньшее количество минерального фосфора сосредоточено в гумусовых и пахотных слоях (0–20 см) – 107,4–109,2 мг/100 г, которое с глубиной увеличивается до 136,1–144,6 мг/100 г. Относительная доля минерального P₂O₅ в этих почвах существенна и увеличивается с глубиной до 84,8–88,9%.

Известно, что содержание валового и органического фосфора, а также общего количества минеральных форм не в полной мере характеризует фосфорный режим почв. Поэтому для полного ознакомления с фосфатным фондом автоморфных почв Западного Забайкалья был определен фракционный состав минеральных фосфатов.

Полученные данные (табл. 4) свидетельствуют о незначительном содержании фосфатов фракции 1 (Ca-P₁), самых доступных для растений в каштановых почвах. Содержание их по профилю каштановых почв варьирует в пределах 5,2–12,4 мг/100 г, что составляет всего 5,4–10,3% от

Таблица 4. Фракционный состав минеральных фосфатов в автоморфных почвах

Table 4. A fraction-based composition of mineral phosphates in automorphic soils

Горизонт	Глубина, см	Минеральные фосфаты, мг/100 г почвы					Сумма, мг/100 г почвы	Неизвлеченный остаток
		Ca-P _I	Ca-P _{II}	Al	Fe-P	Ca-P _{III}		
Каштановые								
Целина								
A _I	0–20	5,2	7,3	2,9	3,8	77,1	96,3	74,9
AB	20–40	6,6	7,4	3,1	3,9	71,4	92,4	77,6
B _к	40–50	5,2	20,3	1,5	2,3	82,7	112,0	57,5
	70–80	12,4	22,8	1,3	4,8	78,9	120,2	49,1
Пашня								
A _{пах}	0–20	10,1	9,6	6,4	8,0	38,8	72,9	99,3
A _{п/пах}	25–35	8,9	15,0	3,6	6,7	81,0	115,2	43,1
B _к	70–80	11,4	19,6	5,7	5,3	92,2	134,2	31,0
Серые лесные								
Целина								
A _I	0–20	9,7	3,2	11,5	24,5	65,0	113,9	40,6
B _I	30–45	12,6	11,2	6,0	16,5	79,4	125,7	52,3
BC _к	70–80	7,7	12,5	4,3	8,0	86,0	118,5	32,5
Пашня								
A _{пах}	0–20	5,1	6,5	4,0	11,2	48,6	75,4	57,3
A _{п/пах}	20–30	5,1	6,3	4,2	11,0	51,0	77,6	47,4
B _к	30–40	4,6	6,7	3,1	11,6	52,0	78,0	31,7
	60–70	7,0	12,1	3,3	8,0	75,2	105,6	37,6
Черноземы мучнисто-карбонатные								
Целина								
A _I	0–20	4,1	10,1	3,0	7,8	45,6	70,6	36,8
B	30–40	5,6	14,5	3,5	7,2	45,0	75,8	32,8
B _к	60–70	6,1	32,1	3,0	2,2	52,5	95,9	48,5
Пашня								
A _{пах}	0–20	5,8	7,6	2,6	8,4	37,7	62,1	47,1
A _{п/пах}	20–30	3,6	8,0	1,8	6,3	36,2	55,9	52,5
B _к	60–70	4,1	32,1	1,6	3,5	45,7	87,0	48,5

суммы минеральных фосфатов. Абсолютные значения количества фракции Ca-P_{II} в верхних слоях находятся в пределах 7,3–9,6 мг/100 г, которые в нижних карбонатных слоях существенно увеличиваются до 22,8 мг/100 г, или 19% от суммы минерального фосфора. Содержание III фракции (Al-P) в целинных и пахотных почвах от 1,3 до 5,7 мг/100 г (1,08–4,2% от общего количества минеральных фосфатов). Уровень содержания железозфосфатов Fe-P незначительно превышает уровень Al-P (2,3–8,0 мг/100 г) или составляет всего 2,05–11,0% от суммы минеральных фосфатов. Основная часть минеральных фосфатов в каштановых почвах сосредоточена во фракции высокоосновных фосфатов кальция типа апатита природного или вторично образованного (Ca-P_{III}). Их содержание колеблется: в целинных почвах – 71,4–82,7 мг/100 г, или 73,8–80,0%, а в пахотных – 38,8–

92,2 мг/100 г (53,2–68,7% от суммы минеральных фосфатов).

Абсолютное и относительное содержание наиболее растворимых фосфатов (Ca-P_I) в серых лесных почвах, так же как в каштановых, невысокое, особенно в пахотных (4,6–7,0 мг/100 г, или 5,9–6,6%). Доля фракций разноосновных фосфатов (Ca-P_{II}) в серых лесных почвах более существенна в целинных почвах, особенно в нижних горизонтах (11,2–12,5 мг/100 г), возможно, благодаря наличию свободного CaCO₃. Количество фосфатов III фракции в серых лесных почвах колеблется в пределах 4,3–11,5 мг/100 г в целинных и 3,1–4,2 мг в пахотных, что составляет 3,6–10 и 4,0–5,4% от общего количества группового состава минеральных фосфатов. Уровень содержания минеральных железозфосфатов (Fe-P) заметно превышает уровень содержания предыдущих фракций, особенно в верх-

них слоях целинных почв (16,5–24,5 мг/100 г), а в пахотных аналогах почти в 2 раза ниже (11,0–11,6 мг/100 г). Удельный вес этих фосфатов составляет: в целинных – 13,1–21,5; в пахотных почвах – 14,3–14,9% и уменьшается с глубиной до 6,7–7,6%. Основная часть минеральных фосфатов в серых лесных почвах, так же как и в каштановых, сосредоточена во фракции Са-Р_{III}: в целинных ее содержание равно 65,0–86,0, в пахотных – 48,6–75,2 мг/100 г, а удельный вес их соответствует 57,1–72,6% в целинных и 64,4–71,2% в пахотных аналогах.

Для черноземов мучнисто-карбонатных, как и для других типов почв, характерно незначительное содержание первой (Са-Р_I) и третьей фракции (АI-Р), но особенно мало алюмофосфатов. Количество II и IV фракций (Са-Р_{II} и Fe-Р) несколько выше, чем предыдущих двух фракций, и составляет от 7,8 мг в верхних горизонтах и пахотных слоях до 32,1 мг в карбонатных. Относительная доля соответственно равна 11,0–33,5...36,9% от суммы минеральных фосфатов (I–V фракции). Преобладающей фракцией минеральных фосфатов в черноземах мучнисто-карбонатных являются высокоосновные фосфаты кальция (Са-Р_{III}), содержание их в целинных аналогах равно 45,0–52,5, в пахотных – 36,2–45,7 мг/100 г, что соответственно составляет 54,7–59,7 и 52,5–64,7% от суммы фракционного состава минеральных фосфатов.

Таким образом, как показал анализ фракционного состава минеральных фосфатов, основное количество фосфора сосредоточено в виде природных и вторично образованных минералов типа апатита и очень много – в виде фосфатов невыветрившихся минералов и трудногидролизующих фосфогумусовых комплексов.

ВЫВОДЫ

1. Автоморфные почвы характеризуются существенным содержанием и большими запасами валового фосфора. Содержание валового фосфора во многом зависит от состава почвообразующих пород, на которых происходит их формирование.

2. Содержание органического фосфора относительно высоко в этих почвах. Наибольший удельный вес его (в верхних гумусовых и пахотных слоях) составляет: в каштановых почвах 29,6–30,7% от общего фосфора; в серых лесных – 28,2–35,4% и черноземах мучнисто-карбонатных – 35,8–36,2%.

3. Минеральные фосфаты в автоморфных почвах преимущественно представлены высокоосновными фосфатами кальция (Са-Р_{III}). Доля наиболее растворимых фосфатов (Са-Р_I, Са-Р_{II}) незначительна, но при наличии в почвах свободного СаСО₃ она может несколько возрастать за счет увеличения доли второй фракции (Са-Р_{II}).

ЛИТЕРАТУРА

- Абашеева Н. Е. Экологические проблемы агрохимии // Почвенные ресурсы Забайкалья. – Новосибирск : Наука, СО, 1989. – С. 122–136.
- Агрохимические методы исследования почв. – М. : Наука, 1975. – 655 с.
- Загузина Н. А. Содержание и формы соединений фосфора и калия в целинных и пахотных почвах Бурятии // Гумус и почвообразование : науч. тр. / Ленингр. СХИ. – Л. : Пушкин, 1976. – Т. 296. – С. 45–53.
- Корсунов В. М., Цыбжитов Ц. Х. Почвенный покров бассейна оз. Байкал // Почвенные ресурсы Забайкалья. – Новосибирск : Наука, СО, 1989. – С. 4–12.
- Нимаева С. Ш. Микробиологические основы плодородия почв Западного Забайкалья // Почвенные ресурсы Забайкалья. – Новосибирск : Наука, СО, 1989. – С. 88–101.
- Осокин П. В. Центрально-Азиатская фосфоритоносная провинция (стратиграфия и фосфоритоносность) : науч. докл. на соиск. ст. д-ра геол.-минер. наук. – Иркутск, 2000. – 101 с.
- Прянишников Д. Н. Агрохимия. – М. : Сельхозгиз, 1940. – 644 с.
- Ральдин Б. Б., Убузунов Л. Л., Хертюев В. Н., Шагжиев К. Ш. Геоэкологические аспекты землепользования в Республике Бурятия. – Улан-Удэ : Изд-во Бурят. гос. ун-та, 2003. – 231 с.
- Хейфец Д. М. Запасы фосфора в различных почвах Советского Союза // Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – 1950. – Т. 33. – С. 5–19.

Поступила в редакцию 25.04.2006 г.

PHOSPHATE RESOURCES OF AUTOMORPHIC SOILS IN THE WESTERN BAIKAL AREA

Ts. D. Mangataev

Throughout the western Baikal area, automorphic soils are shown to be rich in natural phosphorus bulk resources including more than 60% of mineral phosphorus. Mineral phosphates in automorphic soils mainly consist of high-basic calcium phosphate like apatite.

Key words: agrochemistry, automorphic soils, phosphorus.