

## **БУРЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ КОДР МОЛДОВЫ: ПРИРОДНЫЕ РЕЗЕРВЫ КАЛИЯ**

**В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля, Е.Б. Варламов**  
*Институт почвоведения, агрохимии и защиты почв им. Н.А. Димо,  
г. Кишинев, Молдова*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Калий (К) относится к важнейшим элементам питания растений. В то же время известно, что запасы К в природных экосистемах ограничены, а они, в частности, имеют важное значение для производительности и поддержания лесов и требуют изучения [27].

Агрохимики при оценке обеспеченности почвы К обычно руководствуются определением водорастворимого, обменного, необменного и реже валового К [7, 8]. Вместе с тем существуют и другие подходы к оценке резервов К в почве. Исследования в СССР, а также в Европе показали, что большой вклад в обеспечение сельскохозяйственных культур К принадлежит почвенным минералам [2, 20]. Учет этого источника увеличивает возможность оптимизации использования питательных веществ. В этой связи, помимо решения генетических вопросов, изучение бурых лесных почв предполагало оценку их по резервам и доступности растениям заключенного в них К на основании их минералогического состава. К сожалению, нам неизвестны аналогичные по подходу и составу исследования подобных бурых лесных почв других регионов, что исключило возможность провести на их примере сравнительный анализ. Сравнение проведено с ксерофитно-лесными черноземами той же лесной экосистемы, занимающими высоты 140–240 м.

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Изучены 3 разреза бурых лесных почв Кодр Молдовы. Они описаны в предыдущих сообщениях. Определен состав первичных и глинистых минералов. Первичные минералы исследованы во фракции >1 мкм, глинистые – во фракции <1 мкм. Фракционное разделение образцов проведено по методике [4]. Органическое вещество и карбонаты перед фракционированием образцов удалялись. Состав первичных и глинистых минералов изучен методом рентгеновской дифрактометрии. Качественный состав первичных и глинистых минералов установлен по известным рекомендациям [9, 10]. Количественный анализ проведен по методикам [3, 5] с некоторой их детализацией по [1]. Коэффициент вариации результатов анализа, установленный по стандартным калибровочным смесям минералов, в зависимости от содержания минералов в смеси характеризуется следующими параметрами (отн. %): кварц – 2,9–3,3; полевые шпаты – 3,8–8,9; слюды – 5–20; хлорит – 15–26; группа смектита – 2,5–3,0; иллит – 2,2–2,6;

хлорит (ил) – 12–25; каолинит (ил) – 15–25. Все расчеты произведены на минеральную и бескарбонатную части фракций и почвы.

По минералогической концепции Горбунова [6], резервы К в почве подразделяются на непосредственный, ближний и потенциальный. К непосредственному резерву относится обменный К (по Масловой). Во вторую категорию по доступности растениям, ближний резерв, входит К, содержащийся в глинистых минералах. Этот К заключен в таких минералах, как иллит и смектит (точнее, суммарно смектит и смешаннослойный иллит-смектит с высокой нормой смектитовых пакетов). Наименее доступный или потенциальный резерв К принадлежит грубодисперсным минералам размерности более 0,001 мм. К ним относятся слюды (биотит, мусковит) и калиевые полевые шпаты (ортоклаз, микроклин). По методике Горбунова, расчет резервов К ведется по результатам химического анализа. Определяется валовое содержание К в почве, содержание его в иллитовой фракции и обменный К. Последний является непосредственным, К ила – ближним резервом. По разнице между суммой непосредственного и ближнего резервов и валовым К устанавливается его потенциальный резерв. Располагая данными по содержанию указанных минералов, резервы К мы рассчитали напрямую по результатам минералогического анализа. В основе расчетов лежат данные по содержанию минералов и содержанию в них К согласно химическим формулам. Пример расчетов представлен в таблице 1.

Исследования [13–14, 17 и др.] показали, что важная роль как источника природного К принадлежит 2:1 глинистым минералам, среди которых указывается иллит, почвенный вермикулит, смешаннослойный иллит-смектит. Эти данные лежат в русле концепции Горбунова. Установлено также, что растения могут освобождать К из слоев иллита, что сопровождается расширением 1 нм иллитовых слоев до 1,4 нм вермикулитовых слоев (19, 21, 25 и др.). Напротив, иллитизация приводит к сокращению слоев вермикулита с 1,4 нм до 1 нм в результате поглощения ионов К (18, 23 и др.). Некоторые авторы отмечают смектизацию, проявляющуюся в увеличении количества смектитовых слоев в смешаннослойных иллит-смектитах в результате потери К (26, 28), и иллитизацию в тех же смешаннослойных иллит-смектитах при поглощении К (22, 24). Предпринимаются попытки количественной оценки участия различных К-содержащих минералов в питании растений [11, 12].

При расчете резервов К по результатам минералогического анализа руководствовались выводами в приведенных выше исследованиях, согласно которым после обменного К (по Масловой, непосредственный резерв) наиболее доступным растениям является К, принадлежащий иллиту и иллит-смектиту (в нашем случае иллиту и иллит-смектиту с высокой нормой смектитовых пакетов, ближний резерв). Наименее доступен К калиевых полевых шпатов и мусковита (потенциальный резерв). В таблице 1 представлен элементный состав верхнего горизонта бурой лесной почвы разреза 7м, рассчитанный по ее минералогическому составу и выраженный в оксидах. Среди них и данные по  $K_2O$ . В правой крайней графе таблицы приведены данные по содержанию в почве минералов и составляющих их оксидов. Жирным шрифтом выделены К-содержащие минералы, содержание их в почве и содержание в них  $K_2O$ .

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 1

Элементный состав бурой лесной почвы (разрез 7м, гор. АЕҺҫ, глубина 0–10 см) по данным минералогического анализа (весовой процент)

Минералогический состав	H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Содержание минерала/ оксидов
<b>Глубина 0–10 см</b>									
Кварц		56,9							56,9
Плагиоклаз (15% An)		4,3	1,5		0,2			0,6	6,7
<b>Калиевый полевой шпат</b>		4,6	1,3				<b>0,926</b>	0,2	<b>7,1</b>
<b>Мусковит</b>	0,2	1,8	1,6				<b>0,456</b>		<b>4,1</b>
Хлорит (фр. >1 мкм)	0,1	0,3	0,2	0,3		0,2			1,1
Каолинит (фр. >1 мкм)	0,3	0,5	0,5						1,3
<b>Иллит-сметит</b>	1,6	6,2	2,2	1,4	0,2	0,2	<b>0,082</b>		<b>11,9</b>
<b>Иллит</b>	0,6	3,6	1,9	0,4		0,2	<b>0,434</b>		<b>7,1</b>
Хлорит (фр. <1 мкм)	0,1	0,3	0,3	0,3		0,3			1,3
Каолинит (фр. <1 мкм)	0,3	1,1	1,0						2,5
<b>Сумма</b>	<b>3,3</b>	<b>79,8</b>	<b>10,5</b>	<b>2,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,9</b>	<b>1,898</b>	<b>0,8</b>	<b>100,0</b>

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Общий резерв К в форме K<sub>2</sub>O в исследуемых бурых лесных почвах по разрезам изменяется в пределах 1917–2671 мг/100 г почвы и определяется главным образом динамикой гранулометрического и минералогического составов почв по профилю, т.е. геологическим и почвенно-генетическим факторами (табл. 2). В сравнении с ксерофитно-лесными черноземами (табл. 3) он заметно ниже по размеру, что прежде всего относится к верхней части профиля. В его распределении по профилю наблюдается вполне закономерный характер: от породы к верхним горизонтам его размер уменьшается, чего нельзя сказать о ксерофитно-лесных черноземах. Непосредственный резерв в бурых лесных почвах меньше (7–30 мг/100 г), чем в лесных черноземах (16–74 мг/100 г), что можно объяснить менее активным оборотом биогенного К, но с глубиной он также, как и в лесных черноземах, снижается, но более резко. Ближний резерв,

заклученный в глинистых минералах (иллит, иллит-сметит, сметит), в бурых лесных почвах составляет 360–600 мг/100 г, или 15–25% от общего резерва против 600–1200 мг/100 г, или 25–50% от общего резерва в ксерофитно-лесных черноземах. Причина снижения доли ближнего резерва в общем в бурых лесных почвах связана с их суглинистым, более легким гранулометрическим составом, а значит и с пониженным содержанием глинистых минералов. В разрезах 7 м и 8 м, как и в лесных черноземах, содержание ближнего резерва вверх по профилю увеличивается, что обусловлено увеличением в этом направлении содержания иллита, продукта главным образом физической диспергации обломочных слюд, а также иллита, образованного по сметиту при фиксации биоциклического К [16]. В разрезе 9 м эта закономерность нарушена в результате утяжеления породы вниз по профилю. Различия в распределении ближнего резерва в сравниваемых почвах, по нашему мнению, связаны еще с двумя факторами. В бурых лесных почвах заметно снижение этого резерва в горизонтах АЕh и Вехw, которые в предыдущих сообщениях рассматривались как в перспективе быть оподзоленными. Помимо этого, в лесных черноземах увеличение ближнего резерва к верхним горизонтам происходит более интенсивно, чем в бурых лесных почвах. Причина, вероятнее всего, в более выраженном в них накоплении иллитоподобных структур, свойственном вообще черноземам, в результате фиксации биогенного К высокозарядным сметитом.

Таблица 2

**Резервы К (К<sub>2</sub>О) в бурых лесных почвах по данным минералогического анализа (мг/100 г)**

Горизонт	Глубина, см	Непосредственный	Ближний	Потенциальный	Общий
<b>Разрез 7 м. Хородиште, водораздел, абс. выс. 376 м</b>					
Аеҫ	0–10	22	516	1382	1920
АЕh	10–21	10	424	1581	2015
Вехw	21–35	8	392	1558	1958
Вhwt	35–50	9	468	1524	2001
BCw	75–101	н.о.	415	1882	2297
<b>Разрез 8 м. Пыржолтень, водораздел, абс. выс. 371 м</b>					
Аеҫ	0–9	29	499	1763	2291
АЕh	9–21	10	376	1811	2197
Вехw	21–31	9	440	1834	2283
Вhw	35–52	9	430	1940	2379
BCw	76–108	н.о.	469	2202	2671
<b>Разрез 9 м. Лозово-Полтавка, водораздел, абс. выс. 377 м</b>					
АЕҫ	0–6	30	407	1539	1976
АЕh	6–20	10	389	1573	1972
Вехw	20–31	7	363	1704	2074
Вhwg	31–48	13	574	1688	2275
BCwg	60–80	н.о.	626	1847	2473

Примечание. Н.о. не определялся.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 3

### Резервы калия ( $K_2O$ ) в ксерофитно-лесных черноземах по данным минералогического анализа (мг/100 г)

Горизонт	Глубина, см	Непосредственный	Ближний	Потенциальный	Общий
<b>Разрез 1м. Верхние Андруши, увалообразный водораздел, абс. выс. 227 м</b>					
Ад	0–10	33	916	1460	2409
А	25–47	16	822	1490	2328
Вк	70–85	н.о.	702	1653	2355
ВСк	97–110	н.о.	635	1657	2292
Ск	160–180	н.о.	685	1733	2418
<b>Разрез 2м. Калфа-Гырбовец, увалообразный водораздел, абс. выс. 165 м</b>					
Ад	0–10	46	1095	1311	2452
Аh	25–46	18	1024	1364	2406
В1	64–85	н.о.	884	1590	2474
В2к	100–115	н.о.	944	1521	2465
Ск	160–180	н.о.	825	1389	2214
<b>Разрез 3м. Пугой, увалообразный водораздел, абс. выс. 222 м</b>					
Ад	0–10	74	1233	1123	2430
А	25–50	19	1154	1189	2362
В1	65–85	н.о.	1062	1404	2466
В2	100–113	н.о.	877	1512	2389
Ск	160–180	н.о.	716	1693	2409

Примечание. Н.о. не определялся.

Потенциальный резерв К в бурых лесных почвах заключен в калиевых полевых шпатах и слюдах. В отличие от ближнего резерва, потенциальный, напротив, увеличивается с глубиной, т.е. он под воздействием процессов выветривания и почвообразования разрушается в верхних горизонтах, переходя в ближний резерв. Его размер в исследуемых почвах близок к таковому в ксерофитно-лесных черноземах, находится в пределах 1300–1800 мг/100 г и в 3–4 раза превышает ближний резерв. В ксерофитно-лесных черноземах это превышение в лучшем случае 2-кратное. Отсутствие в данных бурых лесных почвах, как показано в предыдущих сообщениях, проявлений оглинивания и лессиважа не позволило оценить влияние этих процессов на их резервы калия.

Таким образом, изученные бурые лесные почвы характеризуются в самых верхних горизонтах более низким, чем в ксерофитно-лесных черноземах непосредственным резервом (обменным) К. Содержание ближнего резерва, заключенного в глинистых минералах, в этих почвах также увеличивается к верхней части профиля. Напротив, потенциальный резерв, связанный с первичными минералами, возрастает в направлении породы и по размеру в несколько раз превышает ближний резерв К. Закономерности распределения резервов К

по профилю в бурых лесных почвах и ксерофитно-лесных черноземах, как видим, имеют общие элементы и отличия.

### **ВЫВОДЫ**

Исследованные бурые лесные почвы водоразделов Кодр характеризуются высоким общим резервом природного К (1917–2671 мг/100г), несколько ниже, но соизмеримым с общим резервом К в ксерофитно-лесных черноземах. Особенность структуры резервов К в этих почвах заключается в том, что при аналогичном изменении содержания по глубине, что и в ксерофитно-лесных черноземах, непосредственный и ближний резервы в них существенно меньше по размеру. В сравнении с ксерофитно-лесными черноземами в них относительно высока доля потенциального резерва, представленного грубодисперсными слюдами и калиевыми полевыми шпатами, и выше степень дифференцированности в распределении резервов по профилю как следствие более легкого гранулометрического состава и других их генетических особенностей.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Алексеев, В.Е. Способ оценки минералогического состояния силикатной части черноземов / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 2012. – № 2. – С. 189–199.
2. Алексеев, В.Е. Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы: диагностика, параметры, факторы, процессы / В.Е. Алексеев. – Кишинев, 1999. – 241 с.
3. Алексеев, В.Е. Способ количественного определения первичных минералов в почвах и породах методом рентгеновской дифрактометрии / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 1994. – № 1. – С. 104–109.
4. Алексеев, В.Е. Методика супердисперсного фракционирования почв и пород при их минералогическом анализе / В.Е. Алексеев, К.Г. Арапу, А.Н. Бургеля // Почвоведение. – 1996. – № 7. – С. 873–878.
5. Глинистые минералы в лесных почвах Молдавии / В.Е. Алексеев [и др.] // Генезис и рациональное использование почв Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1977. – С. 23–41.
6. Горбунов, Н.И. Минералогия и физическая химия почв / Н.И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – 294 с.
7. Дурынина, Е.П. Агрохимический анализ почв, растений, удобрений / Е.П. Дурынина, В.С. Егоров. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 113 с.
8. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
9. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов / под ред. Г. Брауна. – М.: Мир, 1965. – 599 с.
10. Рентгенография основных типов породообразующих минералов / редкол.: В.С. Власов [и др.]. – Л.: Недра, 1983. – 359 с.
11. Assessing potassium reserves in northern temperate grassland soils: A perspective based on quantitative mineralogical analysis and aqua-regia extractable potassium / Y. Andrist-Rangel [et al.] // Geoderma. – 2010. – Vol. 58. – P. 303–314.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

---

12. Andrist-Rangel, Y. Mineralogical budgeting of potassium in soil: a basis for understanding standard measures of reserve potassium / Y. Andrist-Rangel // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. – 2006. – Vol. 169. – P. 605–615.

13. Arkcoll, D.B. Traces of 2:1 layer silicate clays in oxisols from Brazil and their significance for potassium nutrition / D.B. Arkcoll, K.B.T. Goulding, J.C. Hughes. – *Traces Journal of Soil Science*. – 1985. – Vol. 36. – P. 123–128.

14. Arnold, P.W. Nature and mode of weathering of soil–potassium reserves / P.W. Arnold // *J. Sci. Food Agric*. – 1960. – Vol. 11. – P. 285–292.

15. Which 2:1 clay minerals are involved in the potassium reservoirs? Insights from potassium addition or removal experiments on three temperate grassland clay assemblages / P. Barre [et al.] // *Geoderma*. – 2008. – Vol. 146. – P. 216–223.

16. Barre, P. Dynamic role of “illite-like” clay minerals in temperate soils: facts and hypothesis / P. Barre // *Biogeochemistry*. – 2007. – Vol. 82. – P. 77–88.

17. Hinsinger, P. *Encyclopedia of Soil Science* / P. Hinsinger. – New York, 2002.

18. Hinsinger, P. Root-induced release of interlayer K and vermiculitization of phlogopite as related to K depletion in the rhizosphere of ryegrass / P. Hinsinger, B. Jaillard // *Journal of Soil Science*. – 1993. – Vol. 44. – P. 525–534.

19. Hinsinger, P. Rapid weathering of a trioctahedral mica by the roots of ryegrass / P. Hinsinger, B. Jaillard, E.D. Dufey // *Soil Science Society of American Journal*. – 1992. – Vol. 56. – P. 977–982.

20. Application of the PROFILE model to estimate potassium release from mineral weathering in Northern European agricultural soils / J. Holmqvist [et al.] // *European Journal of Agronomy*. – 2003. – Vol. 20. – P. 149–163.

21. Mojallali, M. Weathering of micas by mycorrhizal soybean plants / M. Mojallali, S.B. Weed // *Soil Science Society of American Journal*. – 1978. – Vol. 42. – P. 367–372.

22. Soil mineralogy evolution in the INRA 42 plots experiment (Versailles, France) / A. Pernes-Debuyser [et al.] // *Clays and Clay Minerals*. – 2003. – Vol. 51. – P. 577–584.

23. Transformation of vermiculite to pedogenic mica by fixation of potassium and ammonium in a 6-year field manure application experiment / G.J. Ross, P.A. Phillips, J.L.R. Culley // *Transformation Canadian Journal of Soil Scienc*. – 1985. – Vol. 65. – P. 599–603.

24. Potassium release and fixation as a function of fertilizer application rate and soil parent material / M. Simonsson [et al.] // *Geoderma*. – 2007. – Vol. 140. – P. 188–198.

25. The mineralogy and potassium supplying power of some loessial and related soils of New Zealand / A. Surapaneni [et al.] // *Geoderma*. – 2002. – Vol. 110. – P. 191–204.

26. Effect of potassium removal by crops on transformation of illitic clay minerals / H. Tributh [et al.] // *Soil Science*. – 1987. – Vol. 143. – P. 404–409.

27. Patterns in K dynamics in forest ecosystems / C.E. Tripler [et al.] // *Ecology Letters*. – 2006. – Vol. 9. – P. 451–466.

28. Velde, B. Clay mineral changes in the Morrow Experimental Plots, University of Illinois / B. Velde, T. Peck // *Clays and Clay Minerals*. – 2002. – Vol. 50. – P. 364–370.

## **BROWN FOREST SOILS OF MOLDOVA'S CODRY: NATURAL RESERVES OF POTASSIUM**

**V.E. Alekseev, V.V. Cherbari, A.N. Burghelya, E.B. Varlamov**

### **Summary**

Brown forest soils of watersheds of Moldova's Codry are characterized by high total reserve of natural K (1917–2671 mg/100 g) which is less, but comparable with the total reserve of K in the xerophytic forest chernozems. A feature of structure of the reserves of K in these soils is that immediate and near reserves in them are significantly smaller by size than in the xerophytic forest chernozems. They have relatively high proportion of potential reserve represented by coarse mica and potassium feldspars, and have higher degree of differentiation in the distribution of reserves by the profile as a consequence of lighter texture and their other genetic characteristics.

*Поступила 08.05.14*

УДК 631.433.5

## **ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА ЭМИССИЮ CO<sub>2</sub> ИЗ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО**

**О.П. Сябрук, Н.Н. Мирошниченко, А.В. Доценко**

*ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского»,  
г. Харьков, Украина*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Земледельческая деятельность значительно влияет на баланс и динамику органического углерода почв, в особенности черноземного ряда. В связи с этим любые долговременные изменения в практике сельскохозяйственного производства могут привести к увеличению или уменьшению запасов углерода в почве, которые постепенно накапливаются в течение нескольких лет или десятилетий, не выявляясь традиционными химико-аналитическими методами контроля. Как известно, ошибка определения органического углерода по методу И.В. Тюрина составляет 10–20%, что значительно усложняет интерпретацию данных агрохимической паспортизации земель сельскохозяйственного назначения. Поэтому мониторинговые наблюдения за динамикой содержания гумуса в почве целесообразно дополнять балансовыми расчетами и оценкой прямых потерь углерода на эмиссию CO<sub>2</sub>. Такой комплексный подход позволяет выявлять неблагоприятную тенденцию на ранних этапах и своевременно вносить изменения в земледельческую практику.