

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ МЕТАЛЛ-ДИЭЛЕКТРИК

Выполнил СТм-161 Козлов Н. В.

Проверил Доктор т. н. Ситников А. В.

Электрические свойства гетерогенных систем полностью определяются их морфологией, фазовым составом.

Существуют несколько уровней рассмотрения электропереноса в гетерогенных средах:

- 1) все композиты металл-диэлектрик по составу на две группы: с диэлектрической и металлической проводимостью
- 2) анализ изменения удельного электрического сопротивления двухфазной гетерогенной системы.

На этом уровне вводится понятие порога перколяции, как образование бесконечной сетки соприкасающихся проводящих металлических гранул

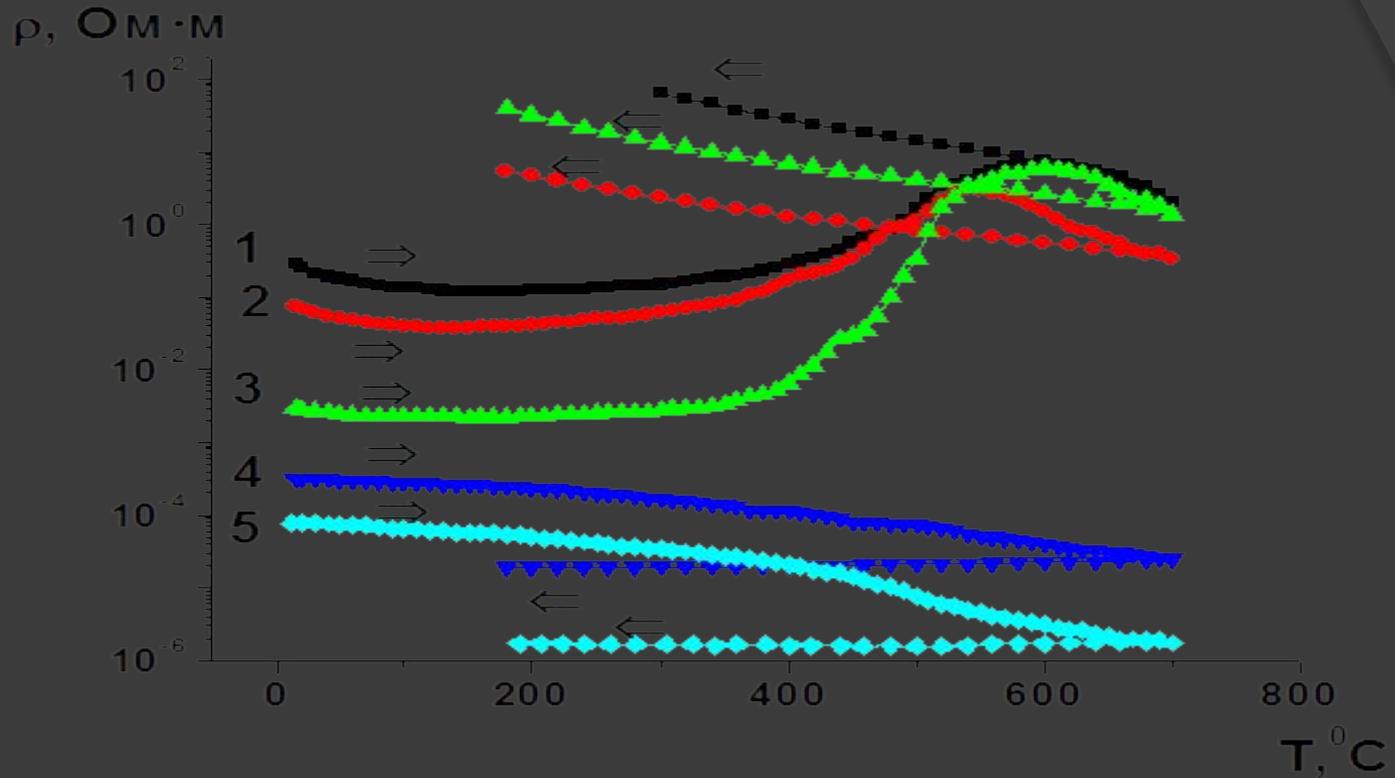


Рис. 4. Температурные зависимости удельного электросопротивления гранулированных композитов  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ , полученных при температуре подложки  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , для составов:  $x = 35\text{ ат.}\%$  (1),  $x = 40\text{ ат.}\%$  (2),  $x = 48\text{ ат.}\%$  (3),  $x = 52\text{ ат.}\%$  (4),  $x = 53\text{ ат.}\%$  (5)

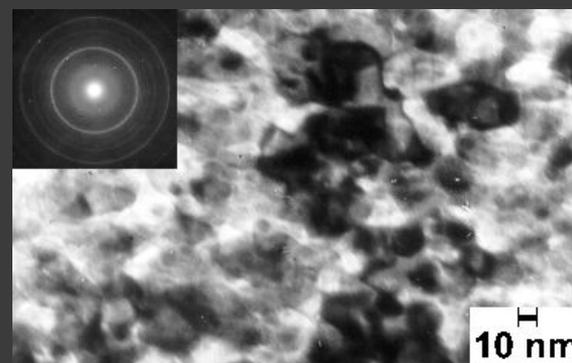
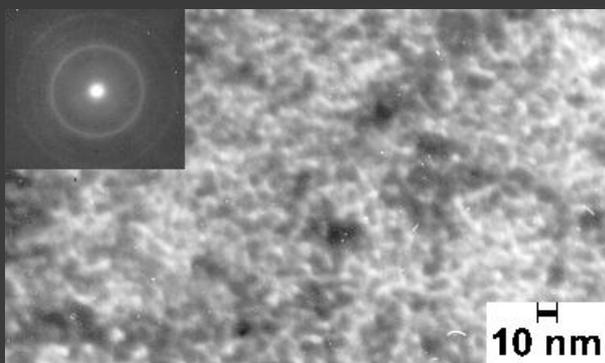
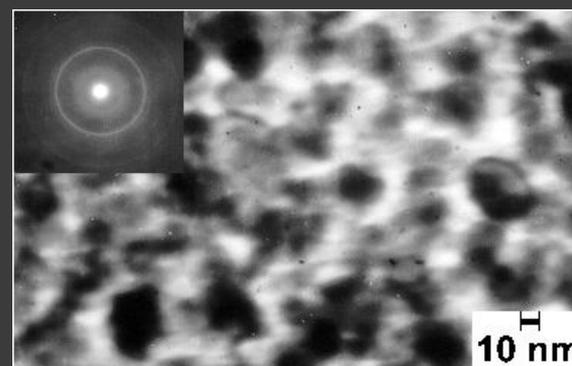
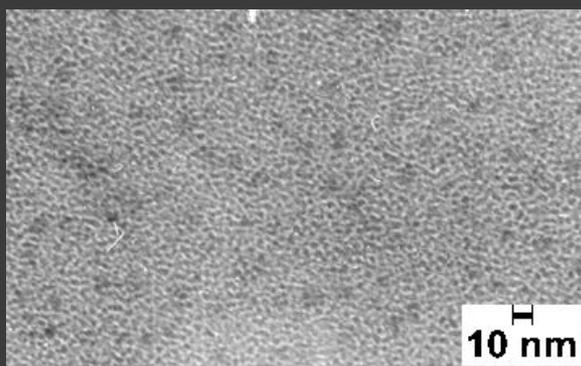
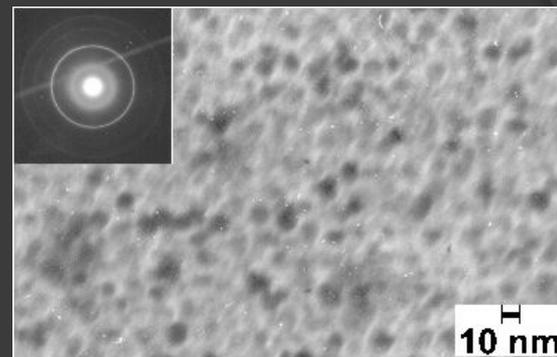
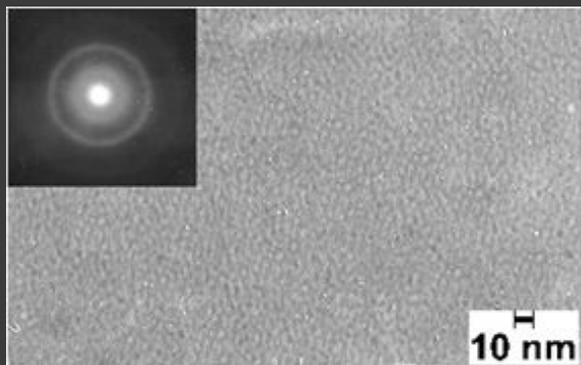


Рис. 3. Микрофотографии и электронограммы образцов гранулированных композитов  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ , отожженных при 773 К (а, в, д) и при 873 К (б, г, е) в течение 1 мин: а, б –  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_{36}(\text{SiO}_2)_{64}$ ; в, г –  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_{48}(\text{SiO}_2)_{52}$ ; д, е –  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_{48}(\text{SiO}_2)_{52}$

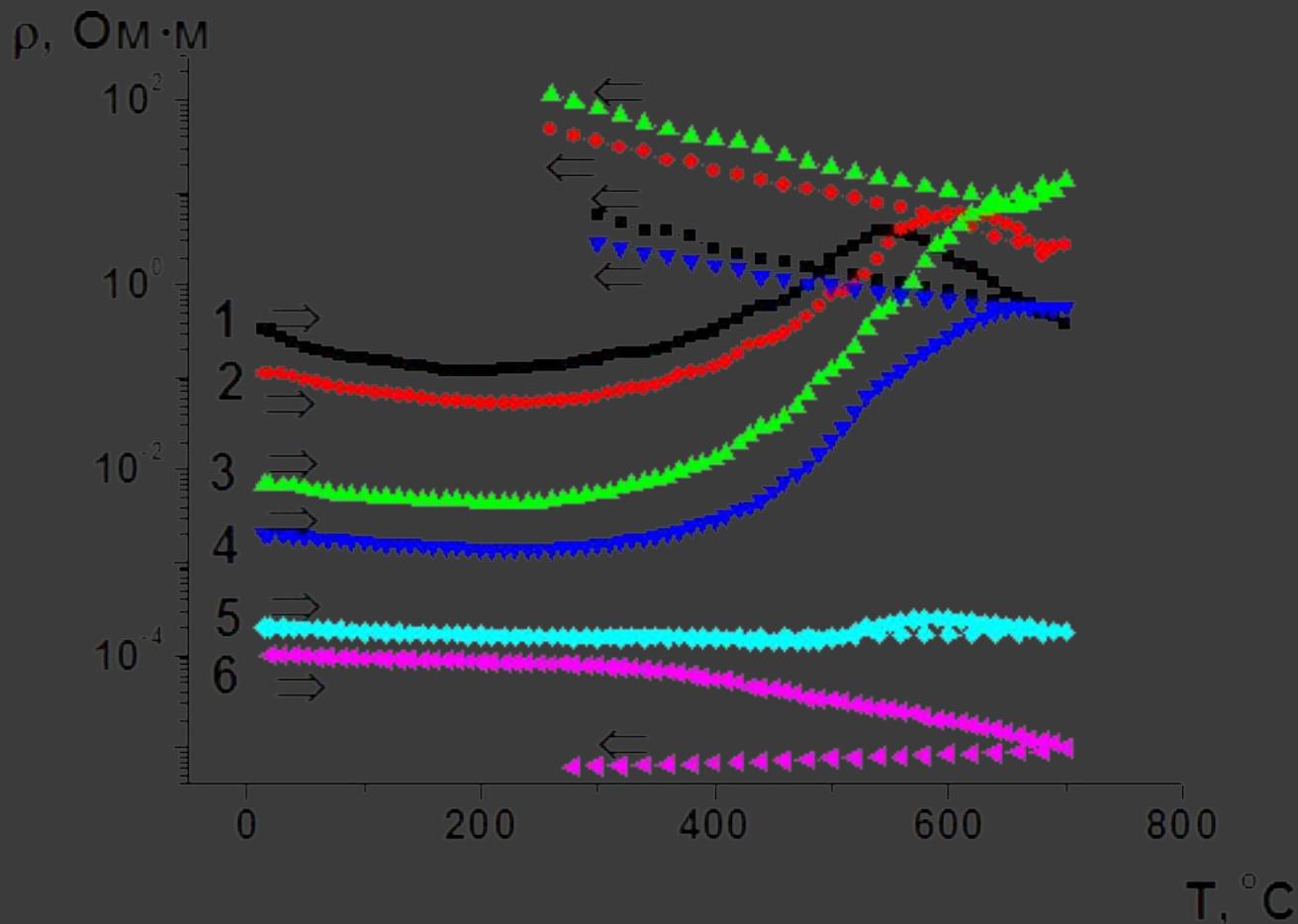


Рис. 2.2. Зависимость удельного электрического сопротивления от температуры композитов  $(Co_{41}Fe_{39}B_{20})_x(SiO_2)_{100-x}$ , полученных при температуре подложки  $180^{\circ}C$ , для составов:  $x = 33$  ат.% (1),  $x = 39$  ат.% (2),  $x = 48$  ат.% (3),  $x = 52$  ат.% (4),  $x = 55$  ат.% (5),  $x = 59$  ат.% (6)

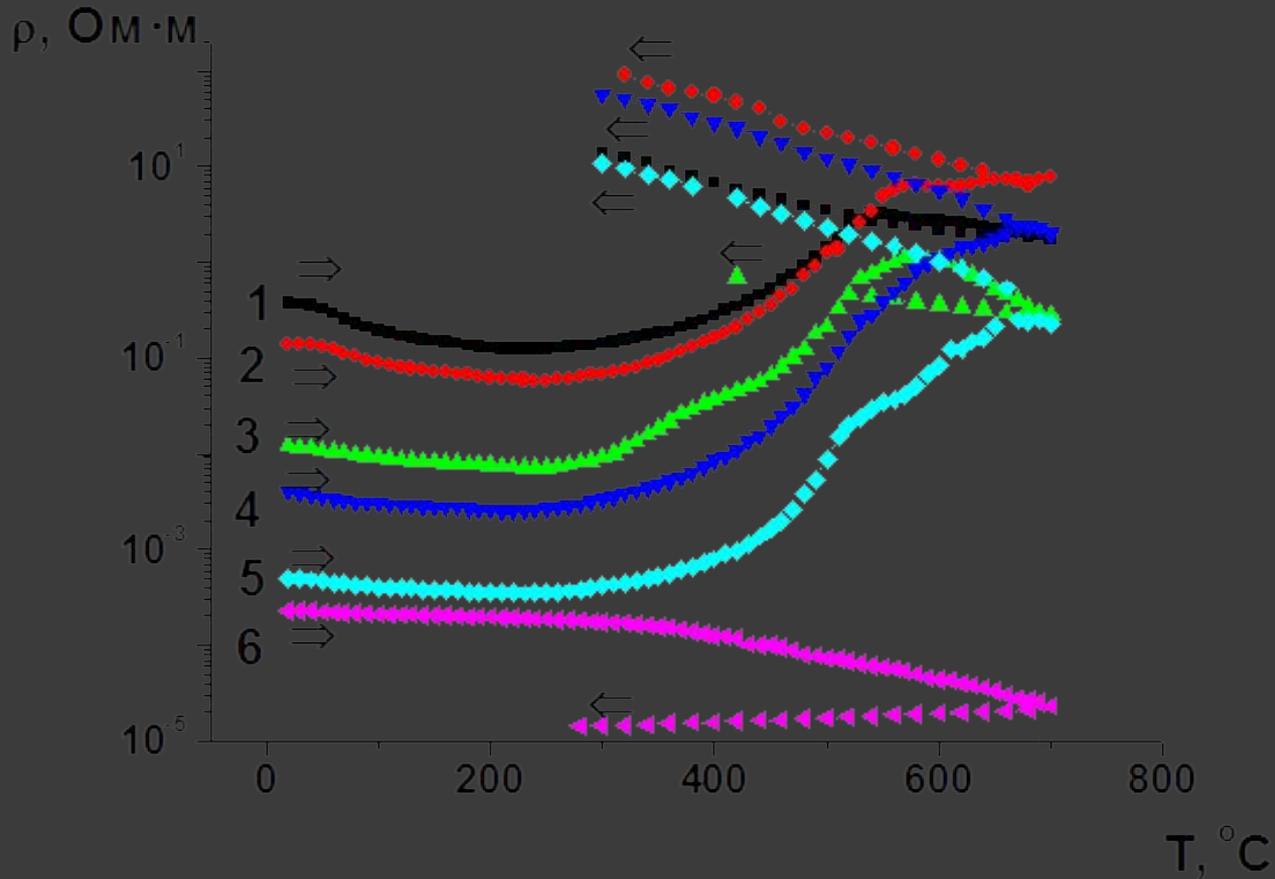


Рис. 2.3. Зависимость удельного электрического сопротивления от температуры композитов  $(Co_{41}Fe_{39}B_{20})_x(SiO_2)_{100-x}$ , полученных при температуре подложки 250  $^{\circ}C$ , для составов:  $x = 35$  ат.% (1),  $x = 39$  ат.% (2),  $x = 48$  ат.% (3),  $x = 51$  ат.% (4),  $x = 55$  ат.% (5),  $x = 59$  ат.% (6).

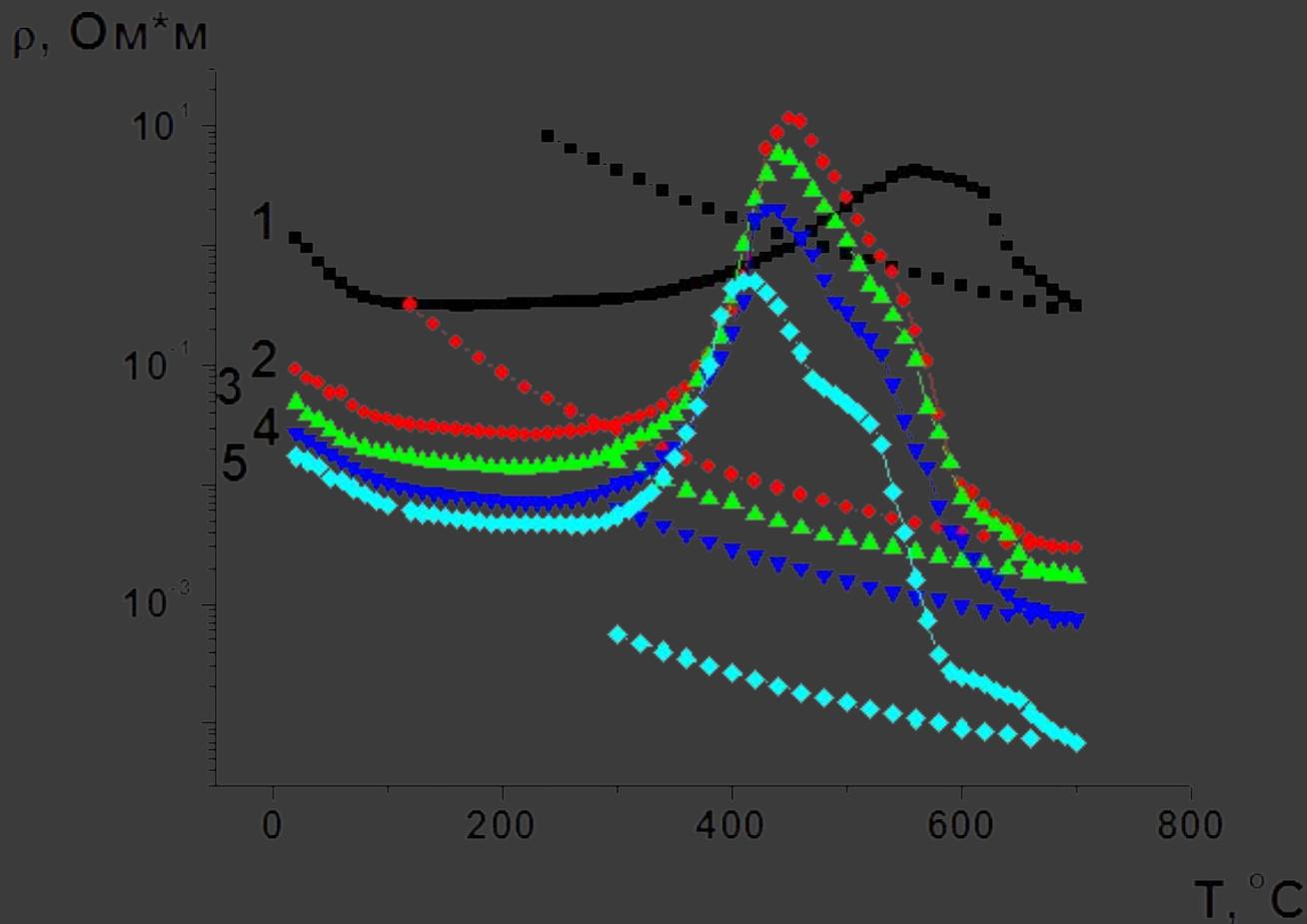


Рис. 2.5. Зависимость удельного электрического сопротивления от температуры композитов  $(Co_{41}Fe_{39}B_{20})_x(SiO_2)_{100-x}$ , полученных при введении кислорода давлением  $P = 2,5 \cdot 10^{-5}$ , для составов:  $x = 37$  ат.% (1),  $x = 48$  ат.% (2),  $x = 52$  ат.% (3),  $x = 57$  ат.% (4),  $x = 61$  ат.% (5)



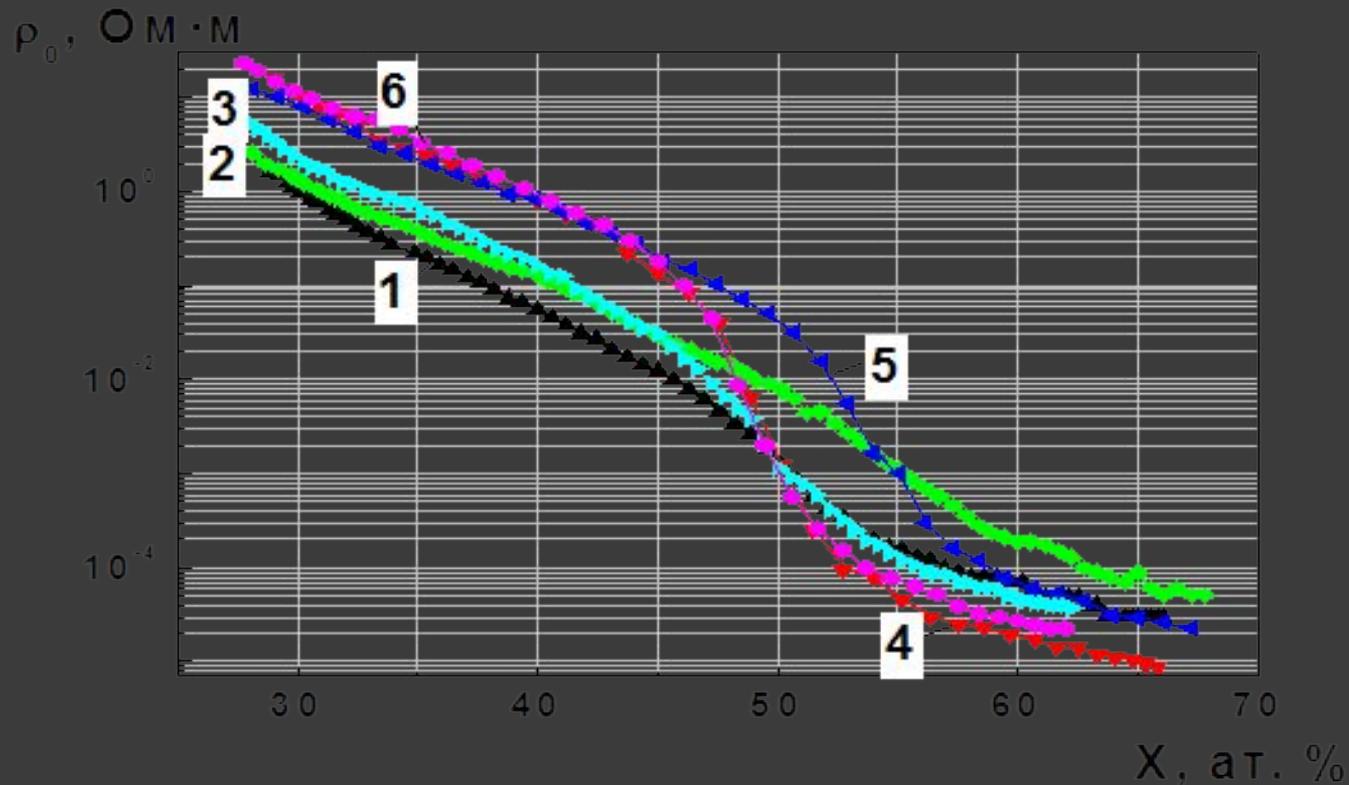


Рис. 5. Концентрационные зависимости удельного электрического сопротивления аморфных композитов  $(Co_{41}Fe_{39}B_{20})_x(SiO_2)_{100-x}$  при комнатной температуре для исходного состояния, полученного на неподвижную подложку при  $T=20\text{ }^\circ\text{C}$  (кривая 1),  $250\text{ }^\circ\text{C}$  (кривая 2), на вращающуюся подложку (кривая 3) и после отжига при  $T = 400\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 30 мин (кривые 4, 5 и 6, соответственно)

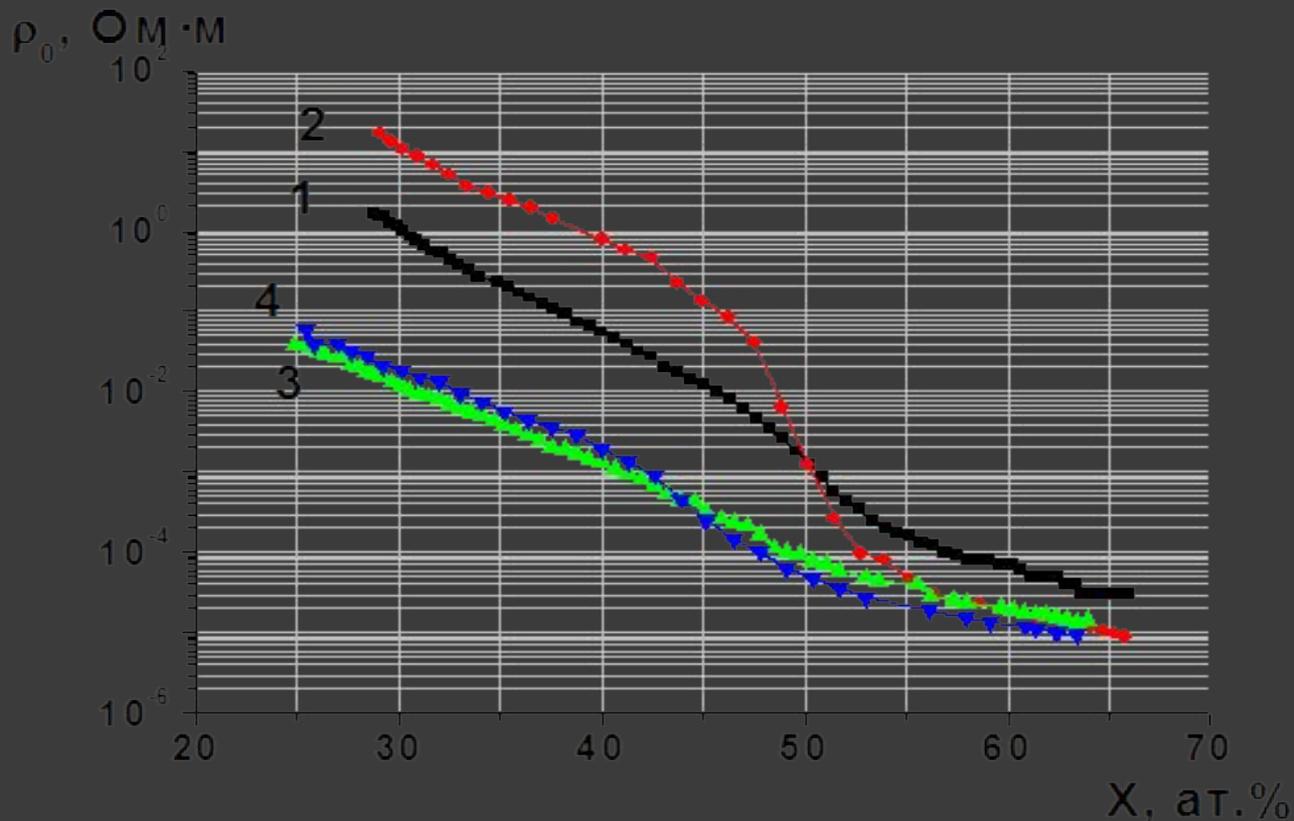


Рис. 2. 14. Зависимости удельного электрического сопротивления от атомной доли металла при комнатной температуре композитов  $(Co_{41}Fe_{39}B_{20})_X(SiO_2)_{100-X}$  (кривая 1) и  $(Co_{41}Fe_{39}B_{20})_X(Al_2O_3)_{100-X}$  (кривая 3) в исходном состоянии и после отжига в течение 30 мин при  $T = 400^\circ C$  (кривые 2,4), соответственно

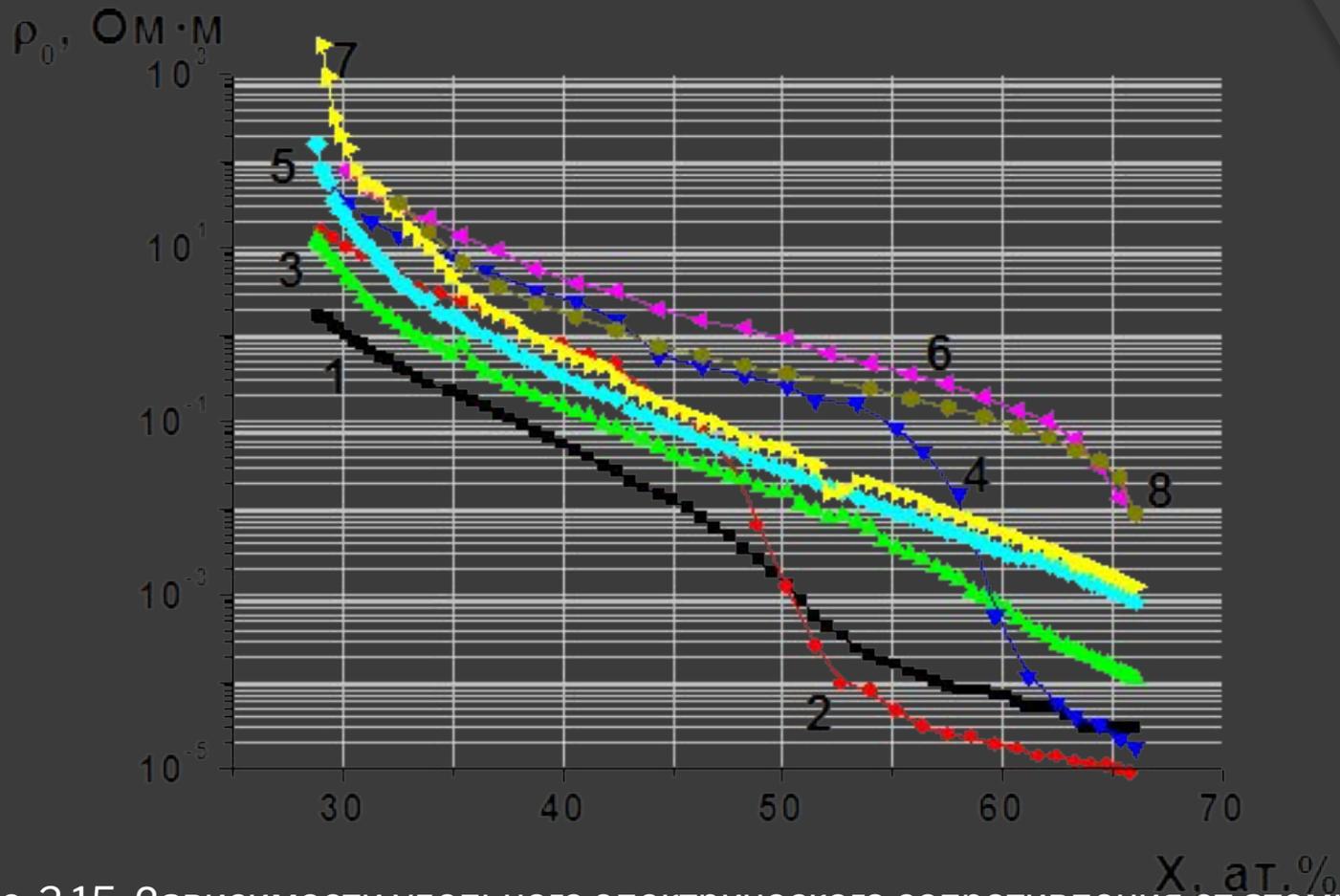


Рис. 2.15. Зависимости удельного электрического сопротивления от атомной доли металлической фазы при комнатной температуре композитов  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ , напыляемых на неподвижную водоохлаждаемую подложку при введении азота давлением  $P = 0$  (кривые 1-2),  $P = 9,8 \cdot 10^{-5}$  Торр (кривые 3-4),  $P = 1,85 \cdot 10^{-4}$  Торр (кривые 5-6),  $P = 2,8 \cdot 10^{-4}$  Торр (кривые 7-8) в исходном состоянии (кривые 1, 3, 5, 7) и после отжига при  $T = 450^\circ\text{C}$  в течение 30 мин (кривые 2, 4, 6, 8)

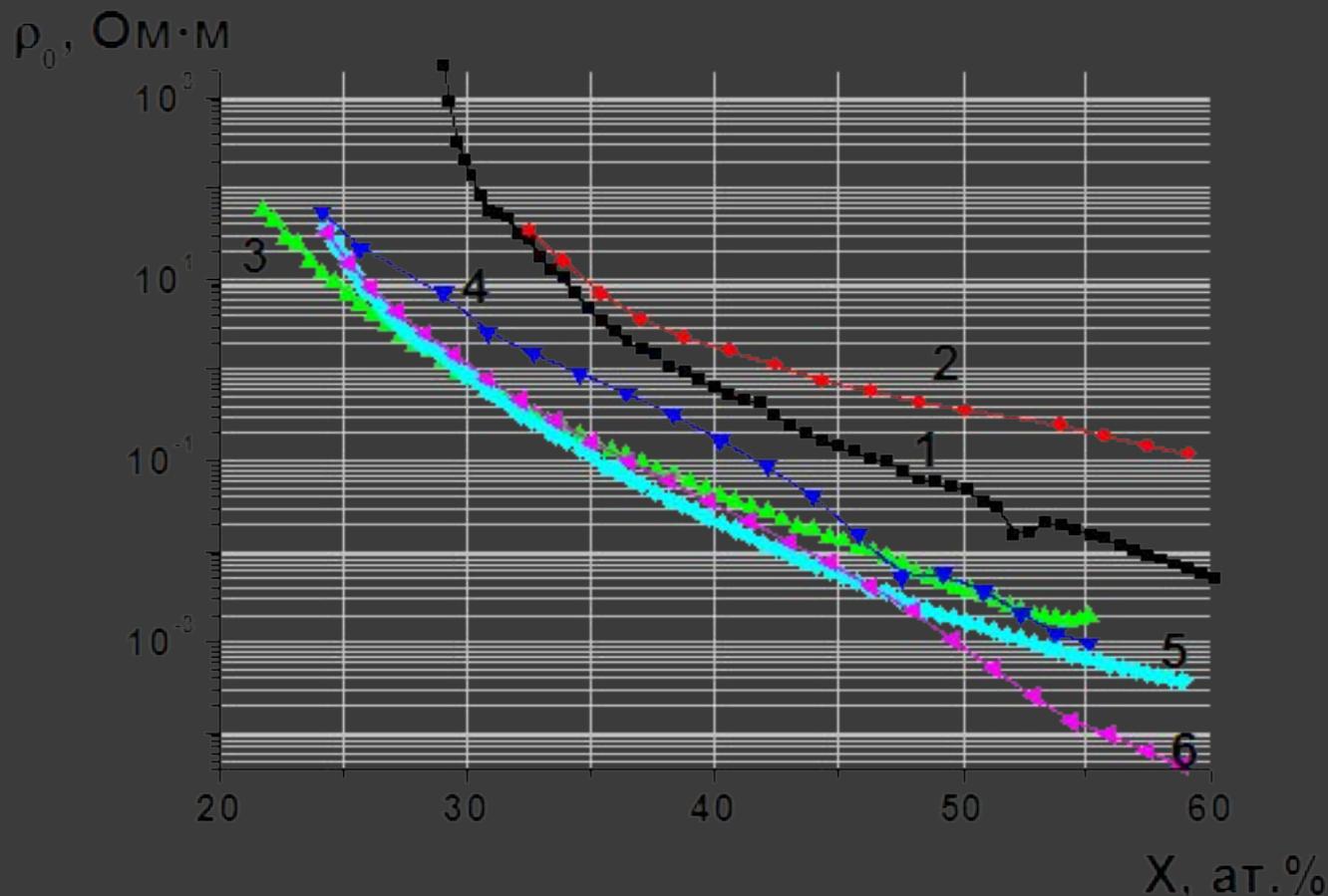


Рис. 2.17. - Зависимости удельного электрического сопротивления от атомной доли металлической фазы при комнатной температуре композитов, осажденных на неподвижную водоохлаждаемую подложку при введении азота давлением  $P = 2,8 \cdot 10^{-4}$  Торр:  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$  (кривая 1) и  $(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$  (кривая 3),  $(\text{Fe}_{45}\text{Co}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$  (кривая 5) в исходном состоянии и после отжига в течение 30 мин при  $T = 450$  °C (кривые 2, 4) и  $T = 400$  °C (кривая 6), соответственно

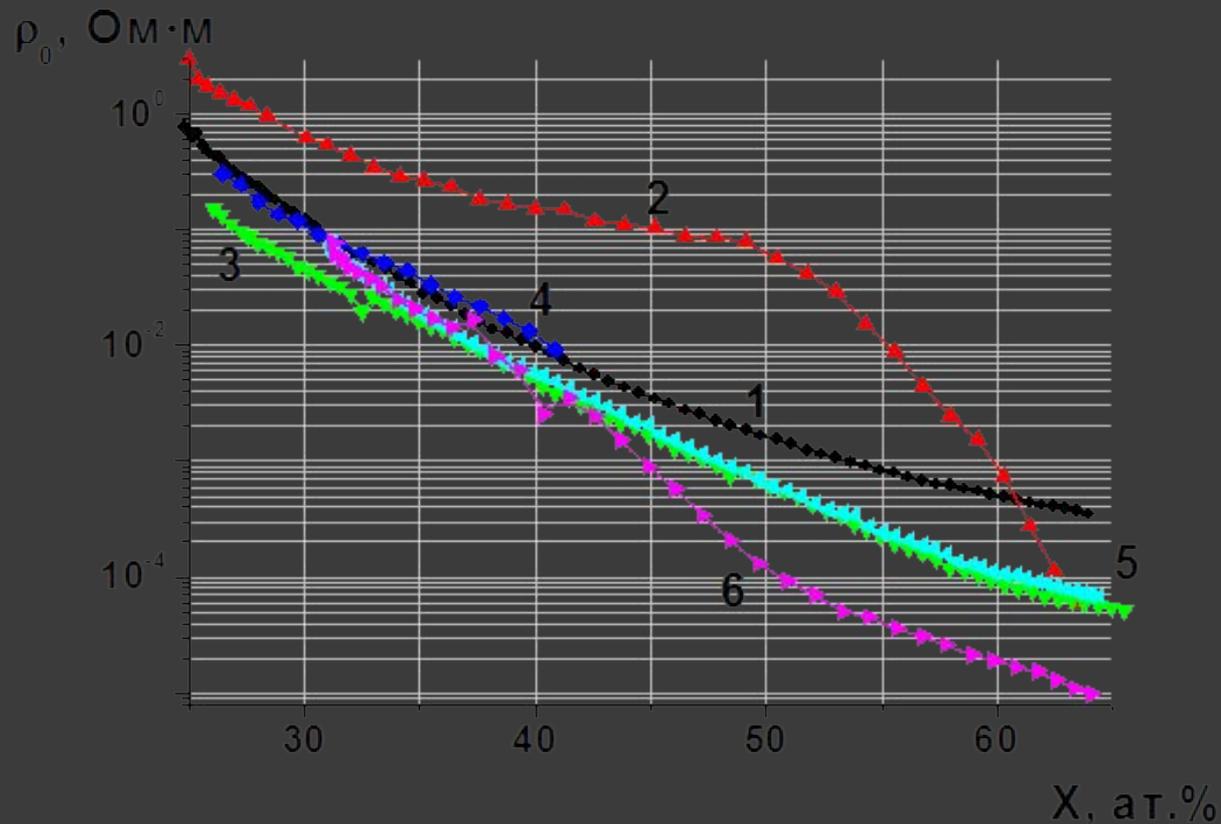


Рис. 2.18. Зависимости удельного электрического сопротивления от атомной доли металлической фазы при комнатной температуре композитов, осажденных на неподвижную водоохлаждаемую подложку при введении азота давлением  $P = 2,6 \cdot 10^{-4}$  Торр:  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{V}_{20})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{3 \cdot 100-x}$  (кривая 1) и  $(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{3 \cdot 100-x}$  (кривая 3),  $(\text{Fe}_{45}\text{Co}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{3 \cdot 100-x}$  (кривая 5) в исходном состоянии и после отжига в течение 30 мин при  $T = 550$  °C (кривые 2, 4) и  $T = 450$  °C (кривая 6), соответственно

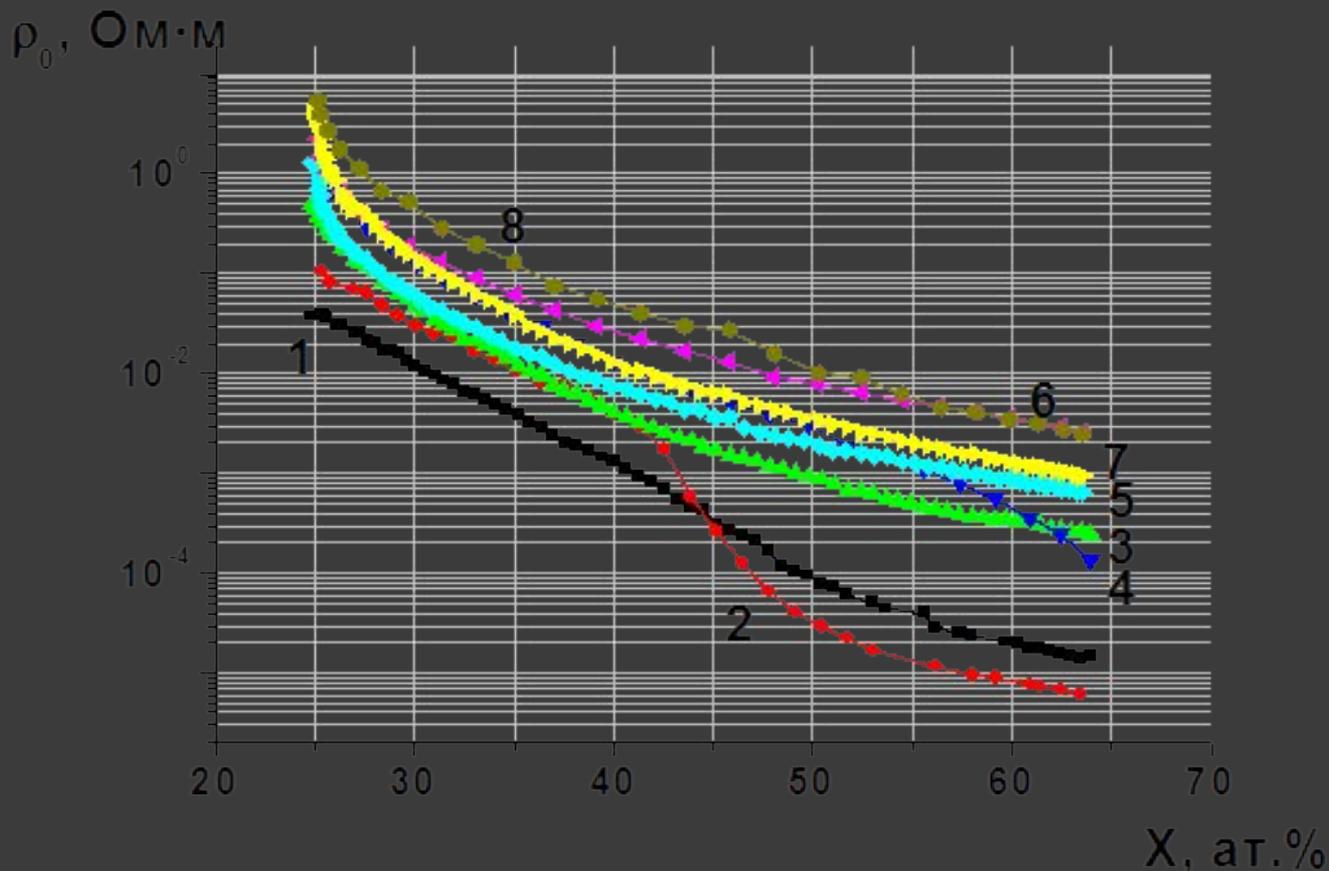


Рис. 2.20. Зависимости удельного электрического сопротивления от атомной доли металлической фазы при комнатной температуре композитов  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{3/100-x}$ , напыляемых на неподвижную водоохлаждаемую подложку при введении кислорода давлением  $P = 0$  (кривые 1-2),  $P = 2,05 \cdot 10^{-5}$  Торр (кривые 3-4),  $P = 2,8 \cdot 10^{-5}$  Торр (кривые 5-6),  $P = 3,25 \cdot 10^{-5}$  Торр (кривые 7-8) в исходном состоянии (кривые 1, 3, 5, 7) и после отжига при  $T = 450^\circ\text{C}$  в течение 30 мин (кривые 2, 4, 6, 8)

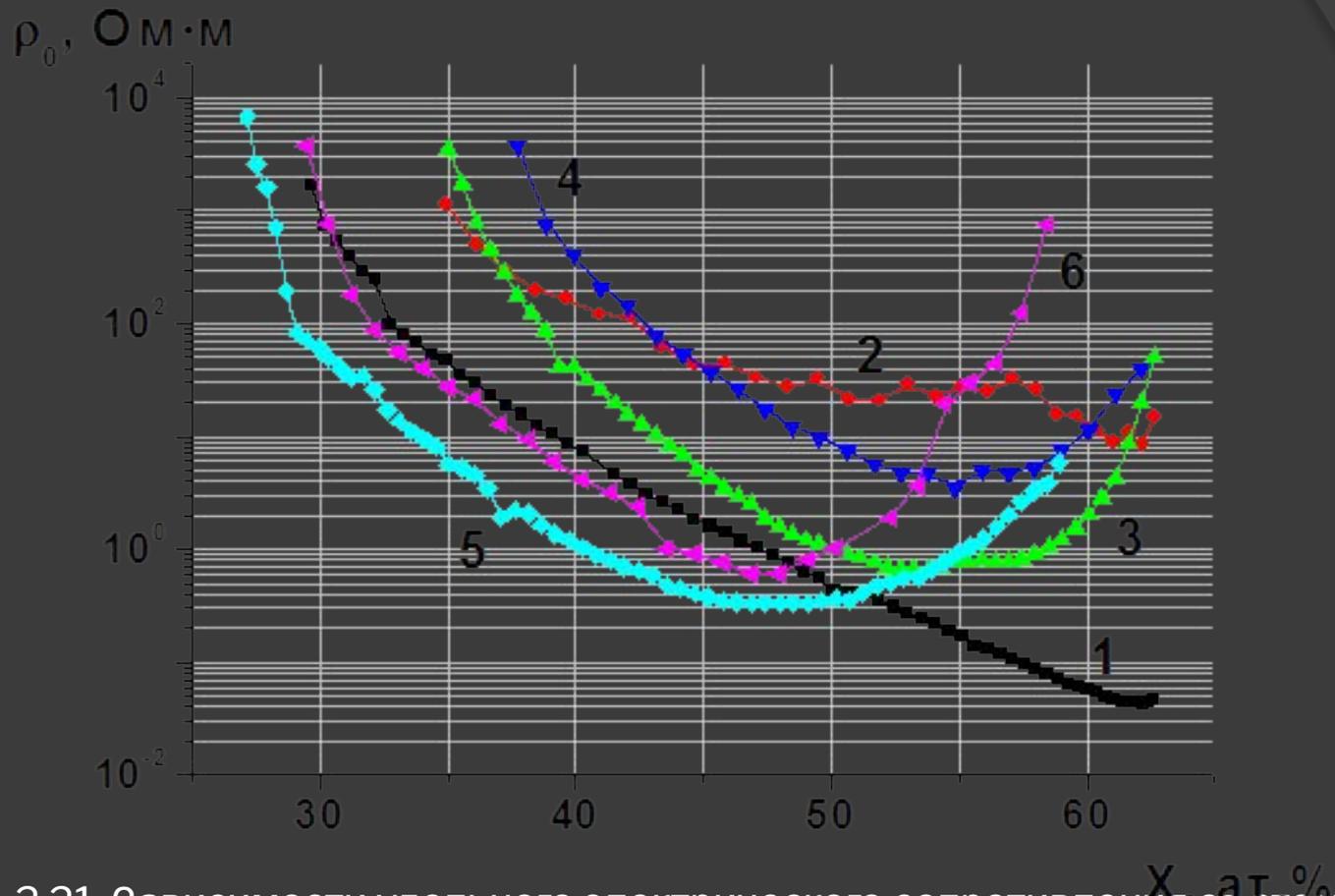


Рис. 2.21. Зависимости удельного электрического сопротивления от атомной доли металла при комнатной температуре композитов, осажденных на неподвижную водоохлаждаемую подложку при введении кислорода давлением  $P = 3,3 \cdot 10^{-5}$  Торр:  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ , (кривая 1) и  $(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$  (кривая 3),  $(\text{Fe}_{45}\text{Co}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$  (кривая 5) в исходном состоянии и после отжига в течение 30 мин при  $T = 450$  °С (кривая 2) и в течение 60 мин при  $T = 400$  °С (кривые 4, 6), соответственно