

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ В КОНТАКТЕ С ЖИДКОСТЬЮ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА

А.В. Хлюстова¹, М.Н. Шипко^{2,*}, Н.А. Сироткин¹, А.В. Агафонов¹, М.А. Степович³

¹Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, Иваново, Россия

²Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, Иваново, Россия

³Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга, Россия

*E-mail: michael-1946@mail.ru

Методом безреагентного синтеза в низкотемпературной плазме электрического разряда в контакте с жидкостью (рис. 1) получены различные структуры оксидов железа. Наноструктуры оксидов железа образуют кластерные агрегаты размером (100-120) нм, а после их сушки образуют более крупные сверхагрегаты размером (300-350) нм, иногда и более крупные (рис. 2). В зависимости от условий получения, образовавшиеся агрегаты представляли собой агломераты, соответствующие оксидам железа $\text{FeO-Fe}_3\text{O}_4$ или Fe_2O_3 различных модификаций (рис. 3). В нанокластерах наблюдается ближний порядок в расположении атомов, соответствующий $\alpha\text{-Fe}$, FeO , Fe_3O_4 , $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ в различном количественном соотношении, зависящем от силы тока разряда (рис. 4). Увеличение силы разрядного тока при синтезе оксидов железа приводит к увеличению магнитных свойств материала (рис. 5), что обусловлено влиянием фазы $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Экспериментальные результаты интерпретированы в рамках геометрической модели, построенной на основе данных о слоистой структуре оксидов железа (рис. 6). Предложен механизм трансформации решётки FeO в одну из полиморфных модификаций Fe_3O_4 или Fe_2O_3 . Высокая скорость превращений связана с высокой диффузионной подвижностью ионов железа, с одной стороны, и бездиффузионным смещением ионов под влиянием сильного электрического поля в межэлектродном пространстве, с другой стороны.

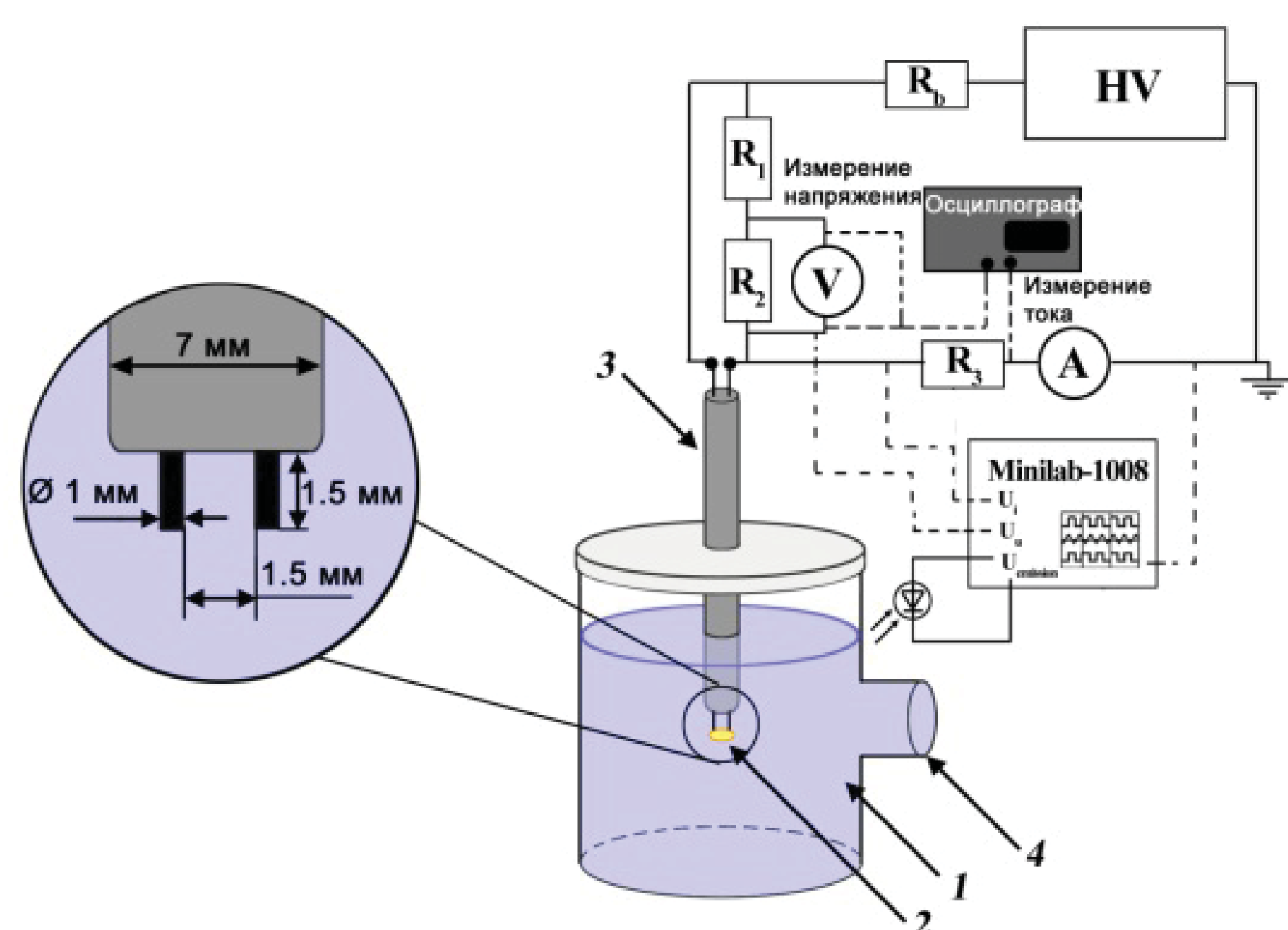


Рис. 1. Блок-схема установки безреагентного метода формирования оксидов железа: 1 – разрядная ячейка с дистиллированной водой, 2 – область разряда, 3 – керамическая трубка с железными стержнями, 4 – кварцевое окно.

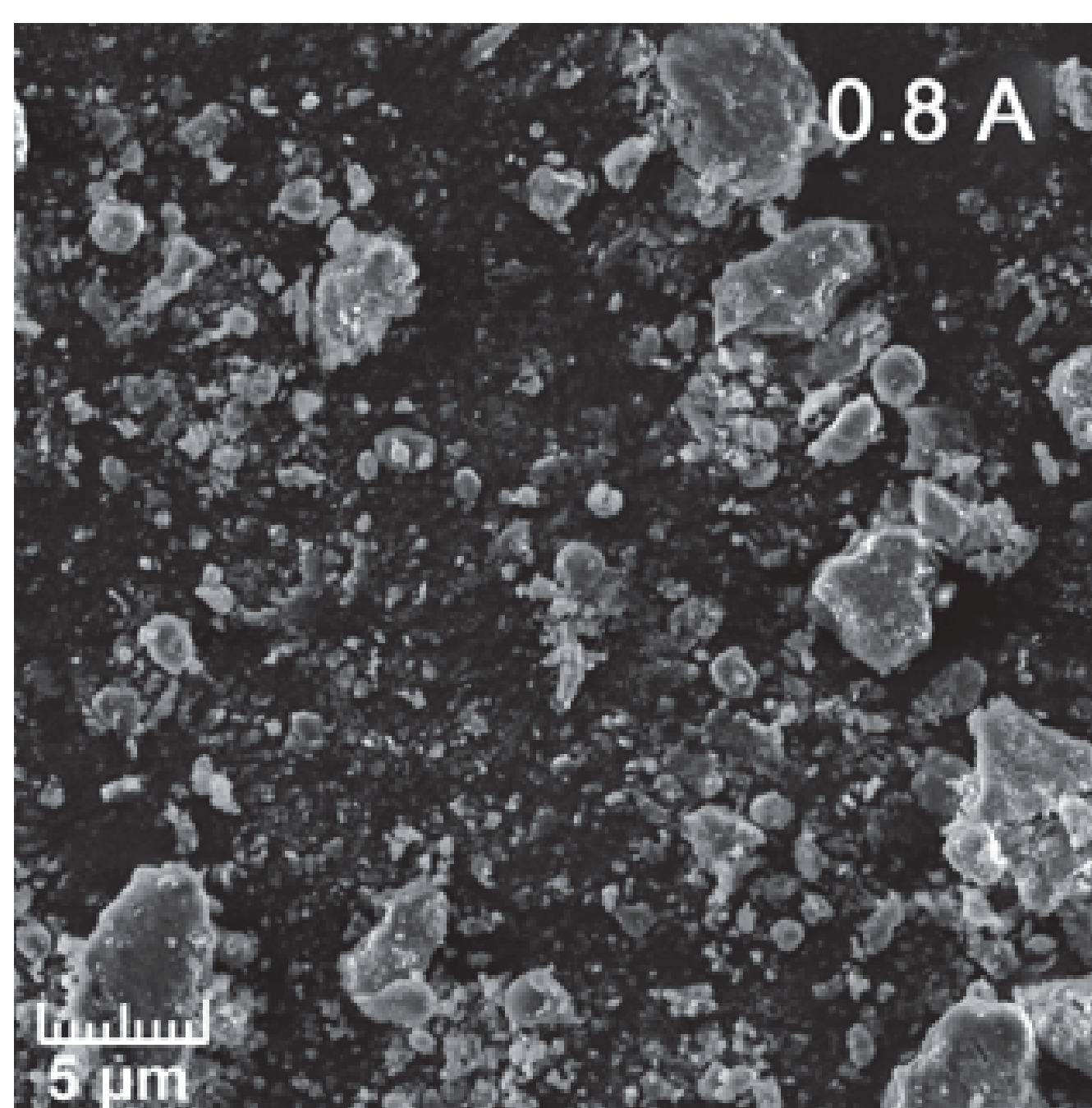


Рис. 2. Электронные микрофотографии нанокластеров оксидов, полученных в низкотемпературной плазме после высушивания осадка.

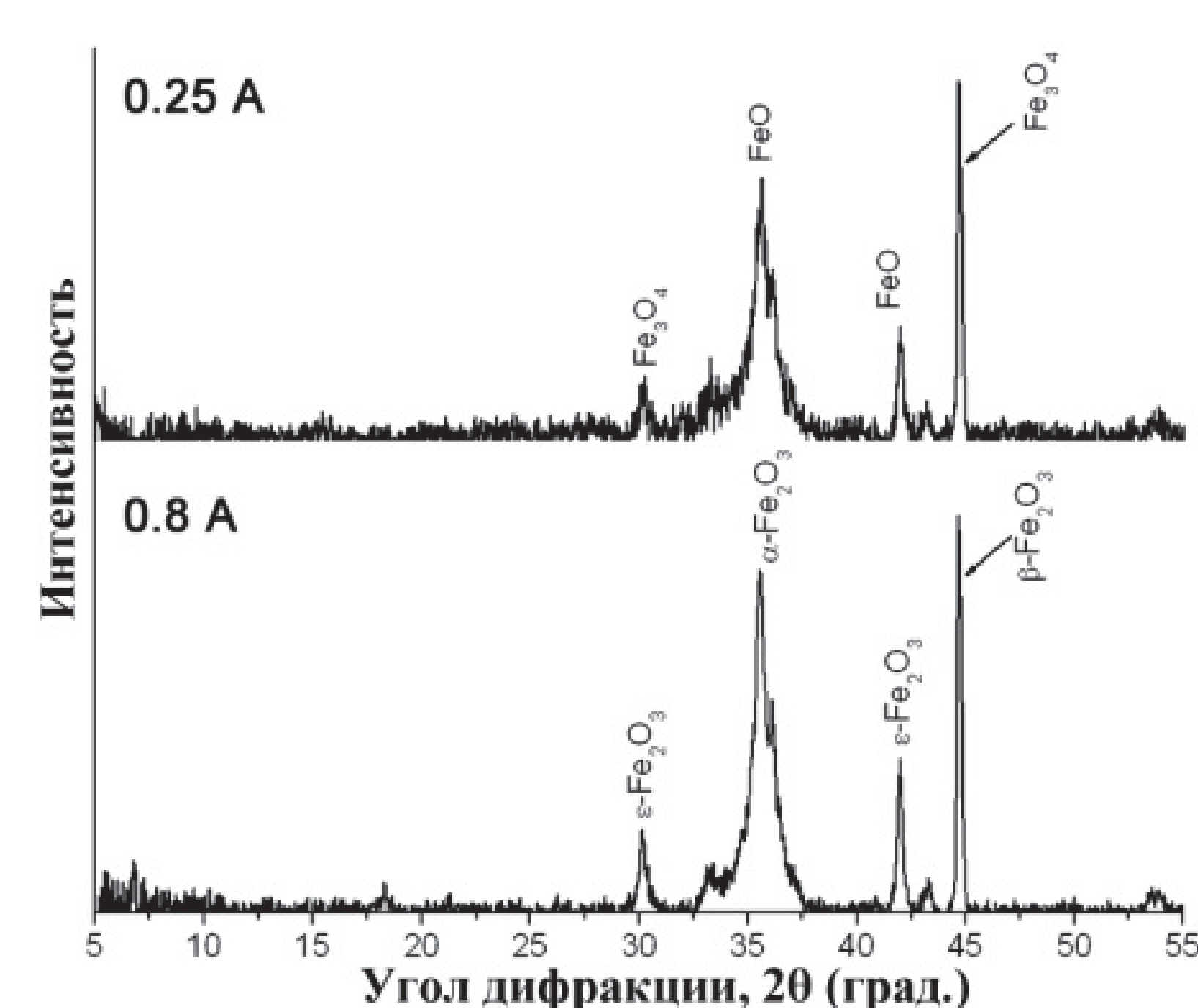


Рис. 3. Рентгенограммы агрегатов оксидов железа после их синтеза при силе тока 0.25 А и 0.8 А и последующей сушки осадка.

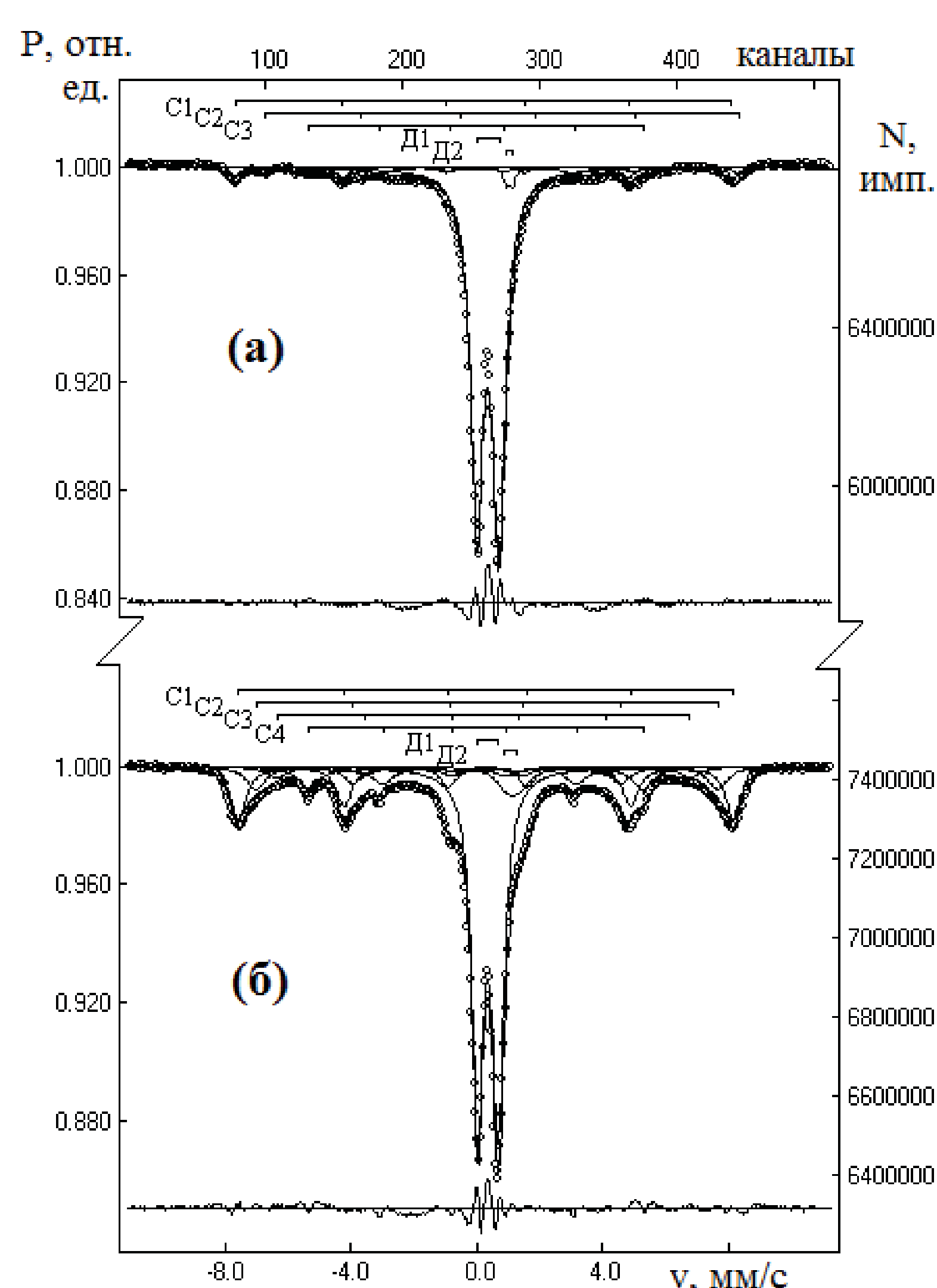


Рис. 4. Мёссбауэровские спектры агрегатов оксидов железа после их синтеза при силе тока 0.25 А (а) и 0.8 А (б).

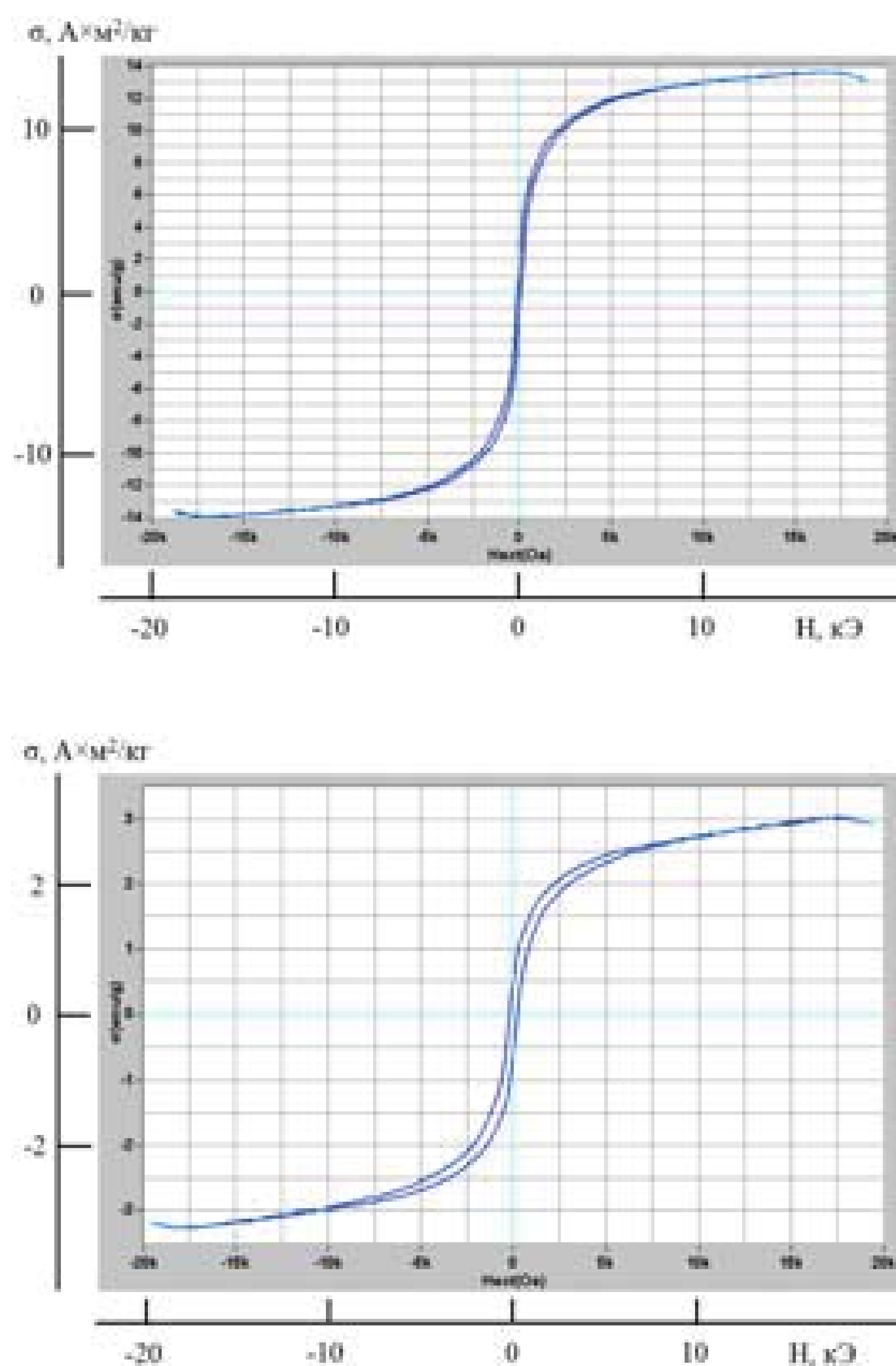


Рис. 5. Петли магнитного гистерезиса агрегатов оксидов железа, синтезированных в плазме электрического разряда при силе тока 0.25 А (верх) и 0.8 А (низ).

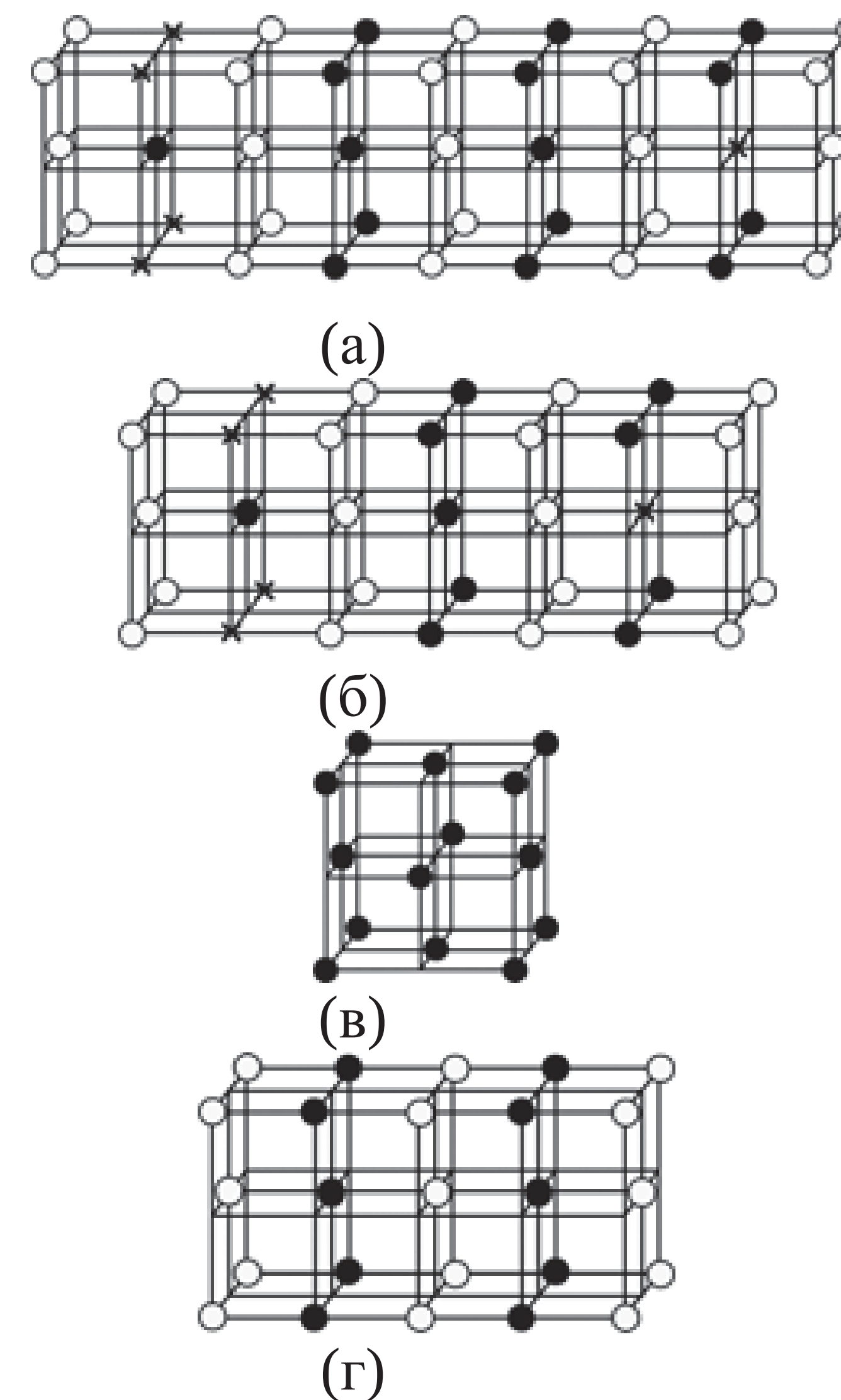


Рис. 6. Чередование плоскостей ионов $\text{Fe}^{2+(3+)}$ (чёрные кружки) и O^{2-} (белые кружки) в оксидах железа: а – $\alpha\text{-Fe}$, б – FeO , в – Fe_3O_4 , г – Fe_2O_3 .