

ТЕН ХАК-МУН

**УЧАСТИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ФОРМИРОВАНИИ
МАРГАНЦЕВО-ЖЕЛЕЗИСТЫХ КОНКРЕЦИЙ В ПОЧВАХ
БУРОЙ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

(Представлено академиком А. А. Имшенецким 25 I 1972)

Опубликованные фактически материалы служат убедительным обоснованием биогенной теории формирования железо-марганцевых орштейнов в подзолистых почвах (^{1, 2}). Однако широко распространенные в зоне бурых лесных почв Дальнего Востока марганцево-железистые конкреции рассматриваются почвоведомы как физико-химическое образование, и происхождение их объясняют теорией «стяжения», механически переносимой из геологической литературы (^{3, 5}).

Формирование марганцево-железистых конкреций, встречающихся в лесных и луговых подбелах Суйфунно-Ханкайской равнины, бурых лесных почвах Приморья, Приамурья и Сахалина, происходит при обязательном участии различных минералов (кварца, полевых шпатов, слюд, хлоритов и др.), на что правильно указывает В. И. Росликова (⁵). В бурой лесной почве Сахалина на гари бывшего хвойного леса марганцевая пленка обнаруживается и на древесном угле.

В ранней стадии формирования конкреций гидроокиси железа и марганца не покрывают полностью минералов и рыхло их цементируют (рис. 1а, б). При засеве таких конкреций по методу Липера и Сваби (⁶) на среду с сульфатом марганца в центральном агаровом блоке через 2—3 недели происходит постепенное разрастание темнобурых скоплений (рис. 1 в, г).

При наблюдении марганцевой пленки, осторожно снятой с поверхности свежих конкреций посредством микротомы с замораживающим устройством, в ней под микроскопом обнаруживается нитчато-клеточное строение или прозрачные участки округлой формы различных размеров (рис. 1д). При скрещенных николях вокруг изотропных скоплений наблюдаются анизотропные образования, являющиеся капсулами бактериальных клеток (рис. 1е). При растворении марганцевой пленки слабым раствором щавелевой кислоты демаскируются шаровидные клетки (рис. 1ж). В некоторых случаях в фазовом контрасте можно заметить соединяющие клетки нити, толщина которых находится на пределе разрешающей способности светового микроскопа. Способом Леффлера, применяемым для окрашивания жгутиков, иногда удается оттенить нити (рис. 1з).

Установлено, что в формировании марганцево-железистых конкреций участвуют бактерии, встречающиеся в почвенной массе, от которой отделены исследуемые конкреции. Чаще эти микроорганизмы представлены родами *Metallogenium* Perf., *Pedomicrobium* Arist., *Naumannella* Bcg.

Все эти микроорганизмы относятся к группе почкующихся бактерий. Как справедливо отмечает Т. В. Аристовская (²), для бактерий, окисляющих железо и марганец, почкование является наиболее рациональным способом размножения. В результате активного окисления и накопления окислов железа и марганца материнские клетки покрываются отложениями-

ми этих элементов, и по мере нарастания мощности их слоя доступ питательных и энергетических веществ к клеткам затрудняется. В то же время, в периферической части колонии новые дочерние клетки, еще не имеющие таких отложений, продолжают активно функционировать и служат связующими звеньями между центральными материнскими клетками и окружающей средой.

Образование конкреций связано и с другой особенностью рассматриваемых бактерий. Большинство из них относится к прикрепляющимся формам (*). По мнению Тайлера и Маршалла (12), прикрепление железо-марганцевых бактерий происходит за счет образования склеивающих веществ и электростатического притяжения, обусловленного накопления на поверхности бактериальных клеток отрицательно заряженных ионов в результате диссоциации карбоксильных групп и их реакций с положительным зарядом субстрата.

В почвах в качестве твердого субстрата служат, как правило, минералы. К последним и прикрепляются железо-марганцевые бактерии, образуя сплошные многослойные пленки из гидроокисей железа и марганца, которые склеивают отдельные кусочки минералов друг с другом. В случае использования горных пород в качестве субстрата эти микроорганизмы формируют на их поверхности темно-бурые корки (6).

Формирование железо-марганцевых конкреций воспроизведено нами в лабораторных условиях. Агаризованную почвенную вытяжку с 0,01% сульфата железа и марганца и точно растертым гелем ульмино-фульватного комплекса смешивали с мелкой фракцией кварца и полевых шпатов (менее 1 мм), которые предварительно очищались от окислов железа и марганца соляной кислотой с последующим промыванием водой. Туда вносили довольно большое количество посевного материала железо-марганцевых бактерий, выделенных из изученных почв методом Липера и Сваби. Через 14—20 дней было отмечено появление темно-бурых колоний, которые развивались преимущественно на зернах минералов. Через 2 мес. минералы, инкрустированные гидроокисями железа и марганца, отделяли от агара путем расплавления последнего и отмывания его горячей водой. Затем минералы высушивали в течение 5 час. при температуре 150°. В отличие от исходных, эти минералы притягивались электромагнитом. В контрольном варианте, в отсутствие микроорганизмов, не происходило образования темно-бурых отложений, а минералы не реагировали на электромагнит.

Аналогичное образование микроконкреций вокруг минералов наблюдалось в установленных в почве педоскопических каналах, на стенки которых предварительно наносили полужидкий почвенный агар, содержащий 0,05% сульфата марганца и мелко растертые минералы.

Исследованные почвы, так же как большинство почв Дальнего Востока, кислые или слабо кислые (солевой pH не более 6). По данным многих авторов (7,11), осаждение марганца в почве с кислой реакцией может быть только биологическим: физико-химическое окисление происходит лишь в условиях нейтральной или щелочной реакции. Согласно работе Мотомуры (9), при добавлении в субстрат ядохимикатов, блокирующих обмен веществ микроорганизмов (NaN_3 , KCN , NaAsO_2 , CH_2JCOOH), или при автоклавировании почвы окисления марганца не происходит. Обилие марганцевых отложений в почвах Японии тесно связано с высоким содержанием марганецоксиляющих бактерий и интенсивным биологическим окислением марганца (10).

Из всего изложенного следует, что марганцево-железистые конкреции в бурых лесных почвах Дальнего Востока имеют биологическую природу и что их образование тесно связано с жизнедеятельностью малоизученных групп микроорганизмов, окисляющих железо и марганец. Большинство этих бактерий относится к почкующим организмам, способным прикрепляться к субстрату.

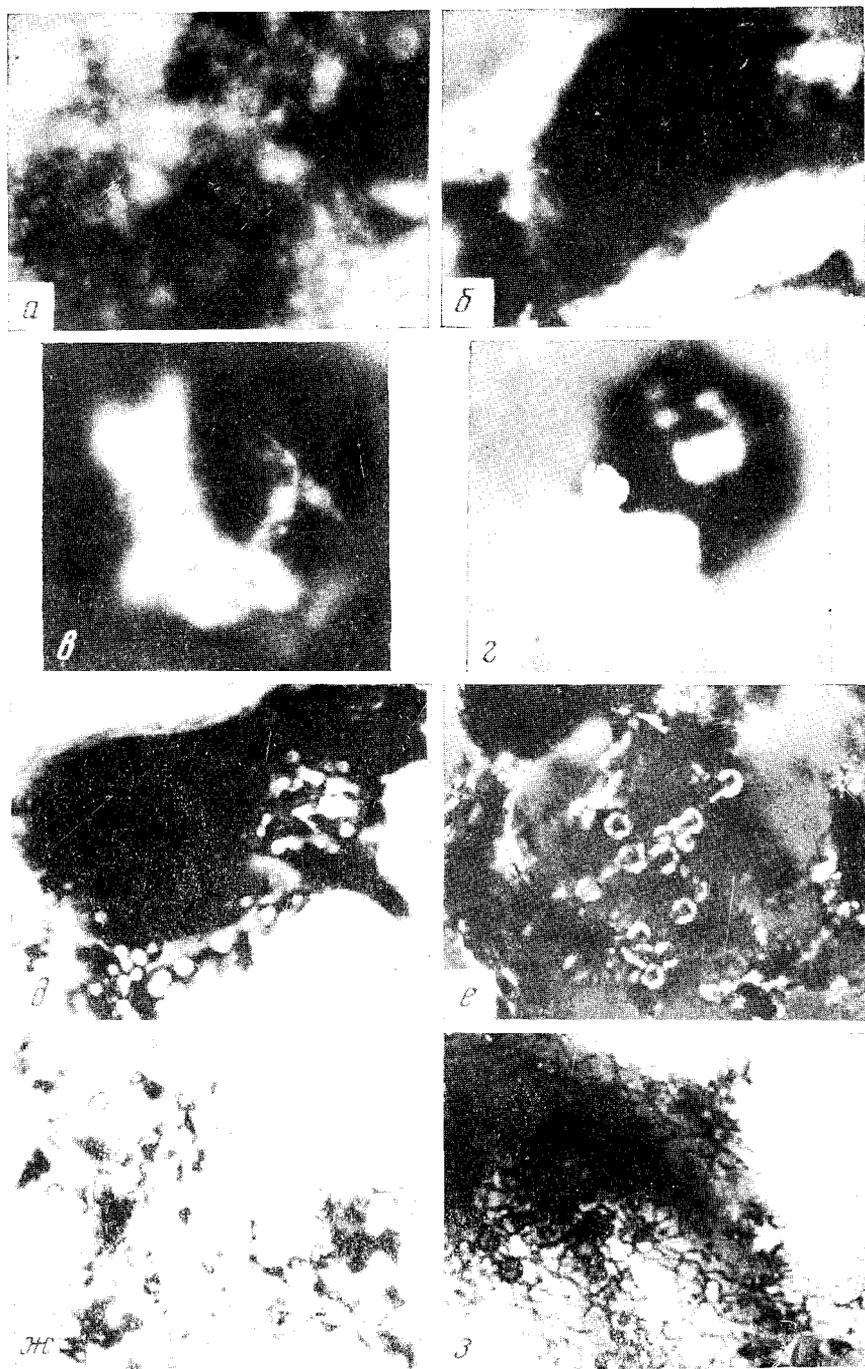


Рис. 1. Марганцево-железистые конкреции. *a, б* — марганцево-железистая пленка на минералах; *в, г* — микробное обрастание на минерале; *д, е* — марганцевая пленка с хорошо заметным клеточным строением; *ж* — то же после частичного растворения гидроокиси Mn щавелевой кислотой; *з* — шаровидные клетки с нитями (окраска по способу Леффлера), *a, б*—150×; *в—г*—1500× (*е*—шк.+)

Приносим глубокую благодарность Т. В. Аристовской за ценные указания и просмотр рукописи.

Сахалинский комплексный научно-исследовательский институт
Дальневосточного научного центра Академии наук СССР
Новоалександровск

Поступило
6 I 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Т. В. Аристовская, Почвоведение, № 1, 30 (1963). ² Т. В. Аристовская, Микробиология подзолистых почв, «Наука», 1965. ³ Г. И. Иванов, Б. А. Неунылов и др., В кн. Особенности почвообразования в зоне бурых лесных почв, Владивосток, 1967. ⁴ Б. В. Перфильев, Д. Р. Габеев, В кн. Роль микроорганизмов в образовании железо-марганцевых озерных руд, «Наука», 1965. ⁵ В. И. Росликова, Почвоведение, № 4, 82 (1961). ⁶ Тен Хак-мун, Микробиология, 37, 4, 749 (1968). ⁷ H. G. Dion, R. J. G. Mann, J. Agric. Sci., 36, Part 4, 239 (1946). ⁸ G. W. Leeper, R. J. Swaby, Soil. Sci., 49, 163 (1940). ⁹ S. Motomura, J. Sci. Soil and manure, 35, 12, 431 (1964). ¹⁰ S. Motomura, *ibid.*, 37, 4, 268 (1966). ¹¹ R. L. Starkey, Soil. Sci., 79, 1 (1955). ¹² P. A. Tayler, K. C. Marshall, Arch. Mikrobiol., 56B, 344 (1967).