

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОФЛОРЫ ПОРОВЫХ РАСТВОРОВ ГОРНЫХ ПОРОД КОЛЫВАНЬ-ТОМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ЗОНЫ

П. А. УДОДОВ, Г. А. ЧУГУНОВА, В. А. ШАМОЛИН

Процессы формирования химического состава подземных вод остаются до последнего времени слабо изученными. Это было вызвано тем, что к их изучению подходили весьма упрощенно. Роль такого важного фактора, как поровые растворы, не учитывалась.

Изучение в Сибири поровых растворов горных пород было поставлено только в 1968 г. проблемной геологической лабораторией Томского политехнического института. В первый год основное внимание было обращено на определение их химического макро- и микросостава. Связанные воды некоторых образцов горных пород имеют низкое значение рН (1,5—2,0) и высокое содержание металлов, в частности, $Fe_{\text{общ.}}$ до 48,7 г/л.

В 1969 г. нами в поровых растворах было установлено наличие микрофлоры. Эти растворы по своим физико-химическим показателям представляют собой специфическую среду для микроорганизмов, которые значительно отличаются от микрофлоры вод свободного водообмена. Так, в исследуемых нами поровых водах, выделенных из темно-серых глин коры выветривания нижнего карбона (точка 1, а) и отбеленных глин также коры выветривания (точка 2, а), при посеве их на мясопептонный агар не было обнаружено гетеротрофов, которые являются характерными для вод свободного водообмена.

Из автотрофов мы исследовали в основном группу тионовых бактерий. Путем посева поровых растворов на селективные среды наряду с известными видами тионовых бактерий *Th. thioparus*, *Th. thiooxidans*, *Th. ferrooxidans* был выделен ряд микроорганизмов, имеющих морфологические отличия от описанных в литературе. Выделение этих культур проводилось на питательных средах для тионовых бактерий с добавлением стерильных поровых растворов или вытяжки из естественного субстрата.

С помощью ряда экспериментов мы пытались выяснить способность к выщелачиванию металлов из руд у данных культур бактерий.

Опыты проводили по следующей схеме. В стерильные плоскодонные колбы вносили по 5 г измельченной сульфидной руды, добавляли 40 мл соответствующей питательной среды и 10 мл исследуемой бактериальной эмульсии. В контрольных колбах такую же навеску руды заливали 50 мл соответствующей питательной среды (без внесения бактерий). Аэрацию и перемешивание проводили с помощью качалок.

Культуры, выделенные на модифицированных средах Бейеринка (для *Th. thioaragus*) и Лиске (для *Th. olenitrificans*), способностью к выщелачиванию не обладали.

На среде Летена (для *Th. ferrooxidans*) с добавлением стерильного порового раствора путем попеременного пересева на твердые и жидкие среды из порового раствора темно-серых глин коры выветривания (точка 1, а) была выделена культура бактерий, сильно отличающаяся от описанных в литературе: колонии бактерий на твердой среде неправильной формы, размером 0,5—1 см, складчатые, желтые, выделяющие обильный желтый пигмент в среду. При микроскопировании отмечены крупные, 1,5—2 мк тела, окруженные плотной оболочкой, заполненные более мелкими шарообразными образованиями. Они напоминают спорангий гриба, наполненный спорами. Однако других признаков, характерных для микроскопических грибов, не обнаружено.

Чтобы выявить способность к выщелачиванию сульфидных минералов этой культурой, действию ее был подвергнут сфалерит. Результаты опыта приведены в табл. 1.

Таблица 1

Окисление сфалерита культурой бактерий, выделенной из порового раствора (т. 1 а) на среде Летена (перешло в раствор металлов в мг/л)

Время (дни)	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль
1	8,2	7,8	9,4	8,9	0,01	0,01
5	8,7	8,3	8,9	8,3	2	1,2
7	9,7	8,8	10	8,7	50	1,2

В начале опыта pH среды устанавливалось 2,5, через неделю оно повышалось до 3,0—3,5. Результаты этого опыта показывают, что бактерии после семидневного воздействия ускорили выщелачивание цинка из сфалерита в 41,6 раза.

Из порового раствора отбеленных глин коры выветривания (точка 2, а) на среде Ваксмана (для *Th. thiooxidans*) с добавлением вытяжки из исходной породы путем многократных пересевов на жидкие и агаризованные среды была выделена культура, также выщелачивающая цинк из сфалерита.

Колонии данной культуры на плотной среде мелкие, слегка розоватые, правильной круглой формы, слегка выпуклые, прозрачные. Бактериальные клетки имеют вид коротких палочек (1 мк в длину) с закругленными концами. Данной культурой действовали на сфалерит и халькопирит. Результаты опыта указаны в табл. 2.

Начальное pH задавалось нейтральным. В опытных колбах к концу срока оно стало равным 4,2, в контроле не изменилось. Исследуемая культура спустя 21 день после начала опыта ускорила выщелачивание цинка из сфалерита по сравнению с контролем в 2,6 раза, но оказалась неактивной для халькопирита, так как выщелачивание меди не наблюдалось. Результаты опыта указывают на избирательное действие культуры.

Таблица 2

Окисление сфалерита и халькопирита культурой бактерий, выделенных из порового раствора (т. 2а) на среде Ваксмана

Время (дни)	Сфалерит (перешло в р-р Zn, мг/л)		Халькопирит (перешло в р-р Cu, мг/л)	
	(опыт)	(контроль)	(опыт)	(контроль)
1	1,6	1,3	—	—
7	0,38	0,3	—	—
14	0,20	0,28	—	—
21	2,4	0,9	—	—

Избирательное действие на руды выявлено также у бактериальной культуры, выделенной из порового раствора отбеленных глин коры выветривания (точка 2, а) на среде Натансона для галофильных бактерий. Колонии этой культуры на твердой среде очень мелкие, бесцветные, круглые, каплевидные. При микроскопировании обнаружены мелкие (0,5—0,7 мк в длину) неподвижные палочки. Эта культура в отличие от культуры, выделенной на среде Ваксмана, не производила выщелачивания цинка из сфалерита, но ускорила выщелачивание меди из халькопирита. Так, после ее двухмесячного действия количество меди в опытной пробе повысилось до 12 мг/л, в то время как в контрольной пробе оно составляло 1,4 мг/л, т. е. выщелачивание меди ускорилось по сравнению с контролем в 8 с лишним раз.

Результаты проведенных нами экспериментов показали несомненное влияние некоторых микроорганизмов, выделенных из поровых растворов, на окисление испытуемых сульфидных минералов. Естественно предположить, что и в природной обстановке изучаемая микрофлора активно влияет на окисление пород, обуславливая высокую, по сравнению со свободно текущими водами, минерализацию поровых растворов, являясь, таким образом, существенным фактором формирования химического состава подземных вод.

В настоящее время проводится дальнейшее изучение свойств упомянутых здесь культур.