УДК 622.271

А.Т. КАНАЕВ, Т.К. БЕКБАУОВ, С.С.НУРКЕЕВ,
З.К. КАНАЕВА, К.А. МАХАТАЕВА, М.Р. КАМАЛОВ

РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ОБЪЕКТАХ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ УЧАСТИЯ В ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

(*Казахский национальный университет им.аль-Фараби, Алматы*)

Приведены результаты изучения роли микроорганизмов на объектах кучного выщелачивания урана на РУ-1 Шантюбинского месторождения и возможности их участие в окислительных процессах.

Наибольшее распространение в месторождении Шантюбе, получило кучное выщелачивание урановых руд, как просто химическое, так и бактериально-химическое. По глубине отвалов и куч микроорганизмы распространены на 5-8 м, что объясняется наличием кислорода. В хорошо аэрируемых отвалах микроорганизмы обнаруживаются по всей высоте отвалов куч, это позволяет говорить об активном протекании в массе руд окислительно-восстановительных процессов с участием микроорганизмов, что в свою очередь значительно расширяет извлечение урана из отвалов.

Материалы и методика

Для выполнения химических анализов твердые и жидкие пробы отбирали в соответствии с руководством Романенко, Кузнецова [1]. В работе использовались ацидофильные бактерии *Thiobacillus ferrooxidans* штамм АТК, имеющиеся в коллекции лаборатории биогеотехнологии металлов НИИ проблем экологии. Количество бактерий определяли методом предельных серийных разведений с высевом на жидкие питательные среды [2]. Культивирование этих бактерий осуществлялось на жидкой питательной среде 9К Сильвермана и Лундгрена.

Адаптацию бактерий проводили на средах с добавлением растворов, полученных при промышленном выщелачивании урана, с различным содержанием ионов металла.

В опытах по выщелачиванию руд ионы железа в растворах определяли трилонометрическим методом [4]. Для измерения концентрации урана, молибдена и серной кислоты в растворах и в твердых материалах использовали общепринятые методы для уранодобывающих объектов нашей республики.

Результаты исследований

Целью работы – изучение ацидофильных железо- и сероокисляющих микроорганизмов на объектах кучного выщелачивания урана (в рудном теле, технологических растворах) и возможности их участие в окислительных процессах.

Для лабораторных геотехнологических исследований были отобраны технологические пробы месторождений РУ-1. На объектах кучного выщелачивания Шантюбе для получения урана из низко содержащих руд широко используется в качестве технологического раствора 1,5-2,0% раствор серной кислоты. Технологический раствор после орошения, содержащий в составе 0,1 г/л урана подвергается к процессу сорбции. Тем не менее, процесс считается не завершенным, так как в маточном растворе после сорбции остается до 0,01г/л урана.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что во всех вариантах бактериального выщелачивания в продуктивных растворах установок содержится от 10^2 до 10^7 кл/мл бактерий *T.ferrooxidans*, окисляющих Fe^{2+}, S^0 и сульфидные минералы. Солевой состав всех растворов, особенно наличие аммонийного азота в количестве от 10-до 30 мг/л, способствует развитию железоокисляющих бактерий до 10^7 кл/мл (табл.1). Известно, что в природе энергичный вынос урана из пород происходит в условиях окисления пирита. Не умаляя роль бактерий в этих процессах, стоит отметить, что ведущая роль принадлежит окисному железу, который окисляет четырех валентный уран до шес-тивалентного. А основная функция бактерий в этих процессах заключается в регенерации трехвалентного железа при окислении железа или пирита, а так-

же в каталитическом ускорении процесса. Однако сероокисляющие бактерий *T.thiooxidans* выявлены в незначительном количестве – 10^3 кл/мл, а в растворах испарительных карт – отсутствовали.

Таким образом, при обследований различных участков кучного выщелачивания были выделены железо и сероокисляющие бактерий более 10 млн. клеток в одном мл раствора. Как известно, источником питания в энергетическом обмене для этих бактерий является восстановленные формы железа и серы, которые в руде встречаются в форме минерала – пирита. Эти микроорганизмы в кислой среде, где 10-20 г/л H_2SO_4, интенсивно окисляют пирит до трехвалентного железа и серной кислоты. Растворы трехвалентного железа взаимодействуют с различными минералами, в том числе с минералами четырехвалентного урана и восстанавливается до двухвалентной формы железа и оно снова окис-ляется бактериям. Известно, что в таких условиях химическое окисление железа кислородом воздуха не происходит.

Таблица 1. **Химический состав растворов различных участков кучного выщелачивания урана**

№ п/п	Место отбора проб	Содержание в растворах, г/л									
		ph	H_2SO_4	Fe^{3+}	Fe^{2+}	$Fe^{общ}$	уран	Mo	NH_4^+	*T.ferroxidans, кл/мл*	*T. thioxidans, кл/мл*
1	Раствор под штабелем 4 отработанный)	2,18	0,48	2,58	0	2,52	0,067	0,033	0,28	10^7	10^3
2	Раствор под штабелем 6	1,56	2,9	6,3	0	6,3	0,042	0,073	0,20	10^7	10^3
3	Раствор под штабелем 5	1,63	2,4	6,3	0,1	6,4	0,086	0,072	0,26	10^7	10^3
4	Маточный раствор	1,77	1,3	4,48	0,35	4,83	0,017	0,016	-	10^5	0
5	Карта №1 (раствор)	1,17	5,8	9,38	0	9,38	0,042	0,033	0,30	10^2	0
6	Карта №2 (раствор)	1,96	0,92	2,52	0	2,52	0,11	0,008	0,24	10^3	0
7	Карта №3 (раствор)	1,42	3,9	5,25	0	5,25	0,011	0,043	0,24	10^3	0
8	Карта №2\4 (раствор)	1,60	2,4	1,3	0	1,3	0,016	0,028	0,20	10^2	-
9	Карта №5(раствор)	1,74	1,5	5,6	0	5,6	0,028	0,025	0,21	10^3	-

Как показали результаты анализов, содержание молибдена в продуктивных растворах доходит до 0,07 г/л, и после сорбции снижается до 16 мг/л. Благодаря окислительной деятельности бактерий *T.ferrooxidans*, во всех растворах железо находится в трехвалентной форме, и концентрация его в продуктивном растворе доходит до 6,4 г/л.

Влияние концентрации различных ионов на скорость окисления железа. При многократном использовании оборотных растворов постепенно накапливаются различные ионы, такие как молибден, уран, железо, марганец в кислой среде содержащие от 5 до-20 г/л серной кислоты.

Одним из ценных компонентов урановых руд Шантюбе является молибден. Перевод в сернокислотный раствор молибдена, присутствующего в виде молибденита, связан с трудностями, так как обычно применяемые при выщелачивании урановых руд окислители (пиролюзит, ионы трехвалентного железа) неэффективны по отношению к молибдениту. Если учесть ацидофильные бактерий *T.ferrooxidans* способны окислять молибденит в кислой среде тогда бактериальные растворы могут ускорить извлечение молибдена из урановых руд при обычных условиях.