

А.Д. Деменев, В.Т. Хмурчик

Естественнонаучный институт

Пермского государственного национального исследовательского университета

РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В МИГРАЦИИ ЖЕЛЕЗА В ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ

Глинистые минералы – алюмосиликаты со слоистой структурой – наиболее распространены в морских и континентальных седиментационных бассейнах, корях выветривания и почвах [1, 2]. Железо – четвертый по распространенности в земной коре химический элемент [3]. Именно глинистые минералы составляют большую часть железосодержащих минералов в природе [1]. Частое присутствие в их структуре ионов с переменной валентностью (Fe, Mn и др.) делает их исключительно чувствительными к условиям окружающей среды и прежде всего к изменениям pH и Eh среды [2].

Взаимодействие микроорганизмов с глинистыми минералами включает в себя обусловленное кислотно-щелочными условиями среды растворение и осаждение глинистых минералов, облегчение протекания в глинах химических реакций сидерофорами и другими органическими лигандами, нуклеацию глинистых минералов и их осаждение, облегченные бактериальной поверхностью [3]. С одной стороны, микробная активность усиливает образование глинистых минералов, например, за счет биовыветривания полевых шпатов и слюд [4]. Микроорганизмы играют важную роль в образовании бокситов [5]. С другой стороны, глинистые минералы могут быть сильно модифицированы микроорганизмами и даже служить субстратом для некоторых из них – глинистые минералы являются для микроорганизмов одним из источников железа. Ионы трехвалентного железа, связанные в глинистых минералах, могут быть акцепторами электронов, поддерживающими рост микроорганизмов в природных средах [6]. Восстановление и вынос ионов железа из глинистых минералов вызывает существенные изменения их физико-химических свойств – набухаемости, величины обменной емкости, флокуляционных свойств [7]. Изменение физико-химических свойств глинистых минералов ведет к изменению физико-механических свойств грунтов [8–10].

Целью исследований было определение величины выноса железа из глинистых грунтов под действием автохтонного микробиального сообщества, активизированного добавлением питательных веществ.

Исследования проводились на глинистых грунтах различного гранулометрического состава и консистенции, отобранных в ходе буровых работ [11]. Пробы грунта массой 50 г при естественной влажности помещали в коническую плоскодонную колбу объемом 250 мл и приливали 100 мл среды для гетеротрофных микроорганизмов. Колбы помещали на круговую качалку УВМТ-250 и качали 1 час при комнатной температуре и скорости качания 100 оборотов в минуту для разрушения глинистых комков. Затем колбы переносились в термостат и выдерживались от 3 до 33 суток при температуре 28°C. По истечении времени экспозиции надосадочная жидкость сливалась, фильтровалась через фильтр «синяя лента» и анализировалась на содержание ионов железа. Осадок в колбах заливался свежей порцией среды для гетеротрофных микроорганизмов и снова выдерживался в термостате. Всего было проведено три последовательных экстракции. Общее время экстракции каждого грунта, а также величина выноса железа представлены в таблице.

Вынос железа из грунтов под действием микроорганизмов

Наименование грунта	Общее время экстракции, сут	Вынос Fe, % от Fe _(общ)
Суглинок тяжелый пылеватый мягкопластичный с примесью органических веществ (глубина отбора 12,5-12,7 м)	62	0,2
Суглинок тяжелый пылеватый мягкопластичный с примесью органических веществ (глубина отбора 10,5-10,7 м)	62	0,3
Суглинок тяжелый пылеватый мягкопластичный с примесью органических веществ (глубина отбора 11,0 м)	59	0,6
Глина легкая песчанистая полутвердая (глубина отбора 5,8-6,2 м)	57	1,3
Суглинок тяжелый песчанистый мягкопластичный (глубина отбора 6,7-6,9 м)	57	2,8

Величина выноса из грунтов ионов железа бактериями, развивающимися внутри грунта за счет поступления питательных веществ из добавленной к грунту среды для гетеротрофных микроорганизмов составляла от нескольких десятых долей до целых процентов от общего

содержания железа в грунте. Наибольшие величины выноса ионов железа наблюдались для песчанистых грунтов, отобранных с меньшей глубины, хотя общее время их экспозиции было меньше.

Таким образом, поступление в грунт органических веществ (например, с фильтрующимися водами) может стимулировать развитие находящихся в грунтах микроорганизмов, которые в свою очередь могут воздействовать на минеральную составляющую грунта и способствовать выносу из грунта железа и других химических элементов. По нашему мнению, именно это явление обусловило возникновение зоны повышенного содержания ионов железа в аллювиальном водоносном горизонте на одной из плотин Волжско-Камского каскада [11].

Библиографический список

1. Kostka J. E., D. D. Dalton, H. Skelton, S. Dollhopf, J.W. Stucki. Growth of Iron(III)-Reducing Bacteria on Clay Minerals as the Sole Electron Acceptor and Comparison of Growth Yields on a Variety of Oxidized Iron Forms //Applied and Environmental Microbiology. 2002. Vol. 68. No. 12. P. 6256–6262.
2. Алексеева Т.В., Сапова Е.В., Герасименко Л.М., Алексеев А.О. Преобразование глинистых минералов под воздействием алкалофильного циано-бактериального сообщества //Микробиология. 2009. Том 78. № 6. С. 816–825.
3. Dong H., D.P. Jaisi, J. Kim, G. Zhang. Microbe-clay mineral interactions //American Mineralogist. 2009. Vol. 94. P. 1505–1519.
4. Hazen R.M., D. Papineau, W. Bleeker, R.T. Downs, J.M. Ferry, T.J. McCoy, D.A. Sverjensky, H. Yang. Mineral evolution //American Mineralogist. 2008. Vol. 93. P. 1693–1720.
5. Hao X., K. Leung, R. Wang, W. Sun, Y. Li. The geomicrobiology of bauxite deposits //Geoscience Frontiers. 2010. Vol. 1. P. 81–89.
6. Kim J., H. Dong, J. Seabaugh, S.W. Newell, D. D. Eberl. Role of Microbes in the Smectite-to-Illite Reaction //Science. 2004. Vol. 303. P. 830–832.
7. O'Reilly E.S., J. Watkins, Y. Furukawa. Secondary mineral formation associated with respiration of nontronite, NAu-1 by iron reducing bacteria //Geochemical Transactions. 2005. Vol. 6. No. 4. P. 67–76.
8. Sergeev V.I., Maksimovich N.G. Power Technology and Engineering. New York, Springer, 2005. P. 380–384. URL: http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/ng_0041.html
9. Болотина И. Н., Воронкевич С. Д., Максимович Н. Г. О возможности техногенных биогеохимических явлений при силикатизации гипсоносных пород //Вестн. Моск. ун-та. 1986. Сер. 4. Геология. №4. С. 49–53. URL: http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/ng_0058.html
10. Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т. Влияние микроорганизмов на минеральный состав и свойства грунтов //Вестник ПГУ. 2012. Сер. Геология. Вып. 3 (16). С. 47–54. URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2012/0394.pdf>

11. Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т. Микробиологические процессы в грунтовых плотинах //Инженерные изыскания. 2013. № 9. С. 66–72. URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2013/0410.pdf>

Т.И. Караваева, В.П. Тихонов, Е.С. Ушакова

Естественнонаучный институт
Пермского государственного национального исследовательского университета

ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

Размещение объектов промышленного производства на территории всегда создает экологические риски для природных систем и снижает комфортность среды обитания человека в связи с ухудшением качества природных ресурсов. Нормативно методическое обеспечение ориентирует недропользователей на постоянную работу со следствием происходящих процессов, а не на устранение причин сверхнормативного загрязнения природной среды.

Анализ работы горнодобывающих комплексов и практика проведения государственной экологической экспертизы показали, что одной из основных причин существенного загрязнения компонентов природной среды является размещение объектов без учета внутренней организации и экологической емкости геосистем. Геосистемный подход к размещению промышленных объектов позволяет в полной мере использовать возможности природных условий территории.

Пространственный и функциональный анализ геосистемы позволяет определить ее устойчивость по отношению к внешним воздействиям. Важнейшей особенностью изучения является четкая территориальная привязка объекта. При анализе территории для размещения промышленных объектов горнодобывающего комплекса выбор геосистемной единицы ландшафта, в пределах которой может оказываться воздействие на компоненты природной среды, имеет принципиальное значение.

Геоэкологический анализ работы горнодобывающих комплексов на месторождениях калийных и магниевых солей показывает, что при выборе территории наиболее целесообразно использовать бассейновый подход, когда экологическое состояние геосистемы изучается в пределах речного бассейна малой реки, который является объектом анализа.