

БОРЬБА С НЕФТЯНЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ КАРСТА

Хмурчик В. Т., Максимович Н. Г.

Пермский государственный университет

Рассматриваются методы биологической очистки природных сред от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. С помощью бактериального препарата, созданного на основе аборигенной нефтеокисляющей микрофлоры, предлагается способ борьбы с нефтяным загрязнением карстовых вод на территории Полазненского нефтяного месторождения Пермской области.

Гидросфера месторождений нефти с интенсивной закарстованностью земной поверхности уязвима к загрязнению. Предприятия нефтедобывающего и перерабатывающего комплекса оказывают существенное воздействие на окружающую среду. На площадях, где они расположены, происходит изменение состава подземных и поверхностных вод и грунтов за счет их загрязнения нефтепродуктами, поверхностно-активными веществами, различными химическими реагентами. При неправильной эксплуатации скважин может нарушаться гидродинамический и гидрохимический режим подземных вод, формироваться переток из одних водоносных горизонтов в другие. Особенно интенсивно подвержены изменению территории нефтяных месторождений. Так, на Полазненском месторождении нефти в течение 50-летнего периода эксплуатации были сформированы линзы нефти на поверхности грунтовых вод. Данный участок имеет ряд особенностей, обусловленных развитием карста, которые способствуют загрязнению первого от поверхности водоносного горизонта нефтепродуктами. Прежде всего, это практически полное отсутствие поверхностного стока. Все атмосферные осадки, а также проливы, разливы (в том числе нефти) практически беспрепятственно поглощаются трещинами пород, воронками, котловинами и другими карстовыми формами. На других месторождениях, где нет подобных условий, проливы и разливы нефти в первую очередь загрязняют поверхностные воды, почвы, грунты зоны аэрации и только затем подземные воды [1, 2, 5].

Подземные воды представляют прекрасные условия для существования микроорганизмов. Так как условия обитания в значительной степени зависят как от глубины залегания водоносных горизонтов, так и от географического района их распространения, в подземных водах были выявлены разнообразные микроорганизмы. Общая численность микроорганизмов в зоне аэрации и в неглубоко залегающих водоносных горизонтах находилась на уровне 10^6 – 10^7 кл/г, при этом численность свободноживущих микроорганизмов была в 10-100 раз ниже численности закрепленных на частицах [11, 12, 14, 17, 18]. Микроорганизмы подземных вод способны трансформировать не только природные органические компоненты, но и большое количество ксенобиотиков. Считается, что загрязненные подземные воды содержат акклиматизировавшиеся микробные популяции, способные к трансформации загрязняющих веществ при существующих окислительно-восстановительных условиях. Существенным фактором является наличие акцепторов электронов (агентов окисления) в достаточном количестве [7-10, 13, 15, 16]. Таким образом, наличие активной микрофлоры в подземных водах обеспечивает процессы их самоочищения. Однако, естественное самоочищение природных объектов, например, от нефтяного загрязнения является длительным процессом, продолжающимся от одного до нескольких десятилетий. Развитие нефтеокисляющей микрофлоры в естественной среде ограничивается следующими основными факторами: низкой температурой, недостатком биогенных элементов (прежде всего азота и фосфора), недостатком кислорода, избыточной кислотностью. Поэтому начиная с 70-х годов XX века ведется активный поиск способов интенсификации биологической деградации углеводородов в природной среде. Существуют два принципиальных подхода к биодеградации нефтяных углеводородов в естественной среде: 1) стимуляция естественной нефтеокисляющей микрофлоры путем создания оптимальных условий для ее развития (внесение азотно-фосфорных удобрений, аэрация и проч.) и 2) введение в загрязненную экосистему активных угле-водородокисляющих

микроорганизмов наряду с добавками солей азота и фосфора. Существуют ситуации, когда введение бактериальных нефтеокисляющих препаратов не только оправданно, но и совершенно необходимо. Например, в северных районах, где теплый период года непродолжителен, процессы биодegradации не успевают развернуться в полной мере. В таком случае повышение численности углеводородоокисляющих микроорганизмов путем интродукции активных форм, безусловно, является полезным [4]. Особенно актуально это для нашей страны, расположенной в основном в зоне холодного и умеренного климата. Следует отметить, что интродукция в нефтезагрязненную природную среду автохтонных (то есть, выделенных из этой среды) нефтеокисляющих микроорганизмов не оказывает негативного влияния на естественную экологическую обстановку [3, 4, 6].

Из почв и подземных вод Полазненского нефтяного месторождения было выделено активное нефтеокисляющее сообщество микроорганизмов, состоящее из двух штаммов бактерий – *Pseudomonas aeruginosa* и *Pseudomonas fluorescens*. Нефте-деструктирующую активность сообщества определяли по убыли индивидуальных компонентов нефти, регистрируемой общепринятыми методами газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ) и ИК-спектрометрии (ИКС) в хлороформенных экстрактах из образцов воды. В лабораторных экспериментах использовали грунтовые воды Полазненского нефтяного месторождения, искусственно загрязненные 10 мас. % нефти. Натурные испытания проводили на наблюдательных скважинах Полазненского карстового района, где над грунтовыми водами сформировалась нефтяная линза. После воздействия бактериального сообщества содержание н-алканов в нефти снизилось в 4,2 раза по сравнению с контролем за счет деструкции, главным образом, низко- и среднемолекулярных углеводородов. По данным ИКС и ГЖХ, содержание н-алкильных структур под действием микроорганизмов снизилось примерно в 4 раза. В составе отдельных классов углеводородов нефти также произошли значительные изменения. Таким образом, проведенные исследования показали, что выделенное микробное сообщество способно использовать углеводороды нефти для поддержания своей жизнедеятельности и, следовательно, может быть использовано для интродукции в нефтезагрязненные подземные воды Полазненского нефтяного месторождения с целью их биологической очистки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузмаков С. А., Костарев С. М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь, ПГУ, 2003. 171с.
2. Горбунова К. А., Максимович Н. Г. Техногенное воздействие на закарстованные территории Пермской области. // География и природные ресурсы. 1991. № 3. С. 42-46.
3. Квасников Е. И., Ключникова Т. М. Микроорганизмы -деструкторы нефти в водных бассейнах. Киев, Наукова думка, 1981. 132 с.
4. Коронелли Т. В. Принципы и методы интенсификации биологического разрушения углеводородов в окружающей среде. // Прикл. биохим. и микробиол. 1996. Т. 32. № 6. С. 579-585.
5. Максимович Н. Г., Казакевич С. В. Геоэкологические особенности Полазненского месторождения нефти. // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: Мат. регион, науч. -практ. конф. Пермь, 2004. С. 277-280.
6. Морозов Н. В., Николаев В. Н. Влияние условий среды на развитие нефтеразлагающих микроорганизмов. // Гидробиол. журн. 1978. Т. 14. № 4. С. 55-59.
7. Caldwell M. E., Tanner R. S., Suflita J. M. Microbial metabolism of benzene and the oxidation of ferrous iron under anaerobic conditions: Implication for bioremediation. // *Anaerobe*. 1999. Vol. 5. P. 595-603.
8. Criddle C S., McCarty P. L., Elliott M. C, Barker J. F. Reduction of hexachloroethane to tetrachloroethylene in groundwater. // *J. Contaminant Hydrol*. 1986. Vol. 1. P. 133-142.
9. Edwards E. A., Grbic-Galic D. Complete mineralization of benzene by aquifer

microorganisms under strictly anaerobic conditions. // *Appl. Environ. Microbiol.* 1992. Vol. 58. P. 2663-2666.

10. Elmen J., Pan W., Leung S. Y., Magyarosy A., Keasling J. D. Kinetics of toluene degradation by a nitrate-reducing bacterium isolated from a groundwater aquifer. // *Biotech. Bioeng.* 1997. Vol. 55. P. 82-90.

11. Ghiorse W. C, Wilson J. T. Microbial ecology of the terrestrial subsurface. // *Adv. Appl. Microbiol.* 1988. Vol. 33. P. 107-172.

12. Kaiser J. -P., Bollag J. -M. Microbial activity in the terrestrial subsurface. // *Experientia.* 1990. Vol. 46. P. 797-806.

13. Kleikemper J., Schroth M. H., Sigler W. V., Schmucki M., Bernasconi S. M., Zeyer J. Activity and diversity of sulfate-reducing bacteria in a petroleum hydrocarbon-contaminated aquifer. // *Appl. Environ. Microbiol.* 2002. Vol. 68. P. 1516-1523.

14. Kolbel-Boelke J., Anders E. -M., Nehr Korn A. Microbial communities in the saturated groundwater environment. II: Diversity of bacterial communities in a pleistocene sand aquifer and their in vitro activities. // *Microb. Ecol.* 1988. Vol. 16. P. 31-48.

15. Lovley D. R. Microbial Fe(III) reduction in subsurface environments. // *FEMS Microbiol. Rev.* 1997. Vol. 20. P. 305-313.

16. Robertson W. J., Bowman J. P., Franzmann P. D., Mee B. J. *Desulfosporosinus meridiei* sp nov., a spore-forming sulfate-reducing bacterium isolated from gasoline-contaminated groundwater. // *Int. J. Syst. Evolut. Microbiol.* 2001. Vol. 51. P. 133-140.

17. Sinclair J. L., Ghiorse W. C Distribution of aerobic bacteria, protozoa, algae and fungi in deep subsurface sediments. // *Geomicro-biol. J.* 1989. Vol. 7. P. 15-31.

18. Wilson J. T., McNabb J. F., Balkwill D. L., Ghiorse W. C Enumeration and characterization of bacteria indigenous to a shallow water-table aquifer. // *Ground Water.* 1983. Vol. 21. P. 134-142.

The remediation techniques of oil-polluted environments are observed. Authors tested the biotechnological method based on the usage of autochthonous microflora biopreparation to remediate karstic water. The results of the test are discussed.