

## BIOLOGICZNE SKAZENIE ROPY NAFTOWEJ W ZŁOŻACH

UKD 553.982:550.72

Skład gatunkowy i czynności fizjologiczne bakterii występujących w niektórych złożach ropy naftowej są bardzo różnorodne. Stwierdzono kilkaset gatunków bakterii tego typu (12). Badania Z. S. Smirnowej (16) wykazały, że w wodach podziemnych Baszkirii Zachodniej oprócz innych bakterii występuje 8 gatunków bakterii utleniających metan. Dość powszechny jest pogląd, że nie ma węglowodorów odpornych na działanie tych czy innych mikroorganizmów. Według E. Birsztechera (2) mikroorganizmy spełniają rolę katalizatorów w procesach utleniania. Węglowodory naftowe łatwo ulegają utlenieniu, z możliwością występowania biologicznej reakcji łańcuchowej, węglowodory alifatyczne utleniają się wolniej, węglowodory aromatyczne zaś są najbardziej odporne na utlenianie mikrobiologiczne.

L. D. Szturm i J. P. Rozanowa (21) badając mikroorganizmy Kotliny Minusińskiej potwierdzili doniosłą rolę mikroorganizmów utleniających w procesie przekształcania ropy parafinowej w bituminy ozokerytowe. Gazowe węglowodory ulegają działaniu zarówno organizmów aerobowych, jak i anaerobowych. Działalność mikroorganizmów powoduje zmiany biogeochemiczne w złożach. Na przykład przypuszcza się, że działanie bakterii anaerobowych powoduje powstawanie algarytów (19). Obecnie najwięcej uwagi poświęca się problemom syntezy białka podczas rozwoju mikroorganizmów wykorzystujących węglowodory (20). Przypuszcza się też, że mikroorganizmy mają wpływ na skład izomeryczny ropy naftowej (3).

Rola bakterii nie ogranicza się do ich oddziaływania na ropę naftową. W. F. Derpholc (8) wykazał, że minerały i skały rozpuszczają się w wodzie dwudziestokrotnie szybciej przy udziale mikroorganizmów, niż bez ich wpływu, co wiąże się przede wszystkim z oddziaływaniem enzymów sprzyjających intensywnemu rozpadowi związków mineralnych (bakteryjne korodowanie skał), nawet takich jak glinokrzemiany. Możliwość rozpuszczania skał węglanowych przez ropę naftową pod wpływem mikroorganizmów nie została wyjaśniona.

Występowanie bakterii stwierdzono w wielu punktach obszaru roponośnego wołżańsko-uralskiego, zachodniosyberyjskiego i in. Gromadzą się one w górnych partiach profilu stratygraficznego, w warstwie kontaktującej z ropą. Rozwój mikroorganizmów może powodować emulgowanie ropy i wody.

Według W. A. Ekzercewa aktywność bakterii zmniejsza się (22) wraz ze spadkiem pH od permu do dewonu, co zostało również potwierdzone badaniami złóż amerykańskich (25). Przypuszcza się, że na mikroorganizmy ma wpływ magnetyzm Ziemi oraz fale elektromagnetyczne określonej częstotliwości. Optymalna temperatura dla rozwoju bakterii wynosi 26–40°C.

Jak wspomniano, różne zespoły bakterii były stwierdzone badaniami również i w podziemnych wodach Zachodniosyberyjskiej Niziny (14). Były to: bakterie redukujące siarczany, denitryfikujące, rozkładające kwasy naftowe, utleniające parafinę, utleniające metan, powodujące fermentację węglowodanów

i in. Warto zaznaczyć, że bakterie utleniające parafinę nie występują w strefach rozwoju słodkich wód węglanowo-potasowych, a bakterie utleniające metan stwierdzono jedynie w strefie przejściowej między słonymi wodami metanowymi i słodkimi wodami zawierającymi azot.

Bakterie odsiarczające były stwierdzone w wodach podziemnych prowincji tersko-dagestańskiej (10), co jest znamienne ze względu na wysoki potencjał redukująco-utleniający środowiska. Jednocześnie wykryto bardzo interesujące zjawisko, polegające na tym, że w strefie odprężenia poziomów wodonośnych możliwy jest rozwój bakterii odsiarczających nie kosztem substancji organicznych, lecz kosztem wodoru molekularnego.

Rozwój bakterii redukujących siarczany i utleniających metan był stwierdzony również w zachodniej Turkmenii (11).

Jak stwierdził L. N. Rozanow (13), najwięcej bakterii występuje w skałach węglanowych, a w dalszej kolejności w piaskowcach i itach. Najmniej bakterii zawierają skały halogeniczne. Maksymalne ilości bakterii w utworach skalnych odpowiadają górnym partiom złóż. Wysuwano przypuszczenia, że związek bakterii z pewnymi facjami wskazuje na ich rozwój w czasie sedymentacji osadów.

Już K. B. Aszirow (1) wskazywał na związek bakterii anaerobowych z ropą, jako środowiskiem odżywczym zawierającym węgiel w postaci sprzyjającej asymilacji. Autor ten wykrył fakt zgazowania ropy w złożu pod wpływem mikroorganizmów, których działalność prowadzi w efekcie końcowym do zupełnego zniszczenia złoża. Stąd też wynika następujący wniosek K. B. Aszirowa: „Wewnątrz złoża kalinowsko-nowostiepanowskiego odbywa się w chwili obecnej nie tylko proces powstawania siarkowodoru, lecz tworzą się również inne gazy, przede wszystkim metan, ponieważ w warstwie produktywnej serii kalinowskiej obok mikroorganizmów odsiarczujących występują w dużej ilości inne grupy aktywnych mikroorganizmów, w tej liczbie i bakterie metanotwórcze” (*Methanobacterium omelianskii*). O zmniejszeniu gęstości ropy i jej rozkładzie przez bakterie anaerobowe na metan i dwutlenek węgla pisze również S. I. Kuzniecowa (9).

Rozpatrując procesy oddziaływania mikroorganizmów na złoża J. Appert (23) dochodzi do wniosku, że bakterie mogą wykazywać działanie dodatnie lub ujemne. Na przykład kultura bakterii odsiarczających (*Desulfovibrio desulfuricans*) może obniżyć napięcie powierzchniowe na granicy ropa-woda i zwiększać samoczynny wpływ ropy. C. E. Zobel (26) udowodnił, że bakterie *Desulfovibrio aestuarii* zdolne są obniżyć napięcie powierzchniowe wody pokładowej od 63 do 46 erg/cm<sup>2</sup>. Niektóre bakterie mogą wywoływać kolmatację kanałów por. Należą do nich zarówno bakterie redukujące siarczany, jak i bakterie zdolne do rozkładania ropy w warunkach redukcyjnych.

Działalność bakterii dostarczanych do pokładu przez wody słodkie może być różna, w zależności od zawartości siarczanów i pH wody.

Ciekawą informację na ten temat podali I. F. Giumow i E. F. Stankiewicz (6). Zauważali oni, że przy samowypływie wody z niektórych otworów w abdrachmańskim zespole eksploatacyjnym (Romaszkiно) odczuwa się zapach siarkowodoru. Występowanie siarkowodoru w tym przypadku autorzy ci wiążą z działalnością bakterii redukujących siarkę\*. Jednocześnie odnotowano zmniejszenie się zawartości siarczanów w wodzie. Badania wykazały, że bakterie dostają się do złoża wraz z wtłaczaną wodą, co zostało potwierdzone analizą bakteriologiczną wody w pompowni.

Nadzwyczaj ciekawe obserwacje przeprowadził M. B. Hasanow (5) w złożach półwyspu Apszeron. Stwierdził on mianowicie, że po wprowadzeniu do złoża wody morskiej w celu podtrzymania ciśnienia w serii produktywnej nastąpiło wydzielanie się siarkowodoru w 23 spośród 26 przeanalizowanych pokładów. Jednocześnie stwierdzono w tych pokładach obecność bakterii zdolnych do redukcji siarczanów. Dowodzi to, że w wyniku fermentacji siarkowodorowej mieszaniny wody morskiej z wodą złożową ulega zalkaliczowaniu i w związku z tym znacznie obniża się międzyfazowe napięcie na granicy ropa—woda. W mieszaninach alkalicznej wody złożowej z wodą morską redukcja siarczanów przebiega intensywniej po dodaniu 20—30% wody morskiej.

Z tego wynika, że bakterie wprowadzone do złoża z zewnątrz odgrywają bardzo ważną rolę, co zostało całkowicie udowodnione. Rola tych bakterii może polegać na rozkładzie ropy przez bakterie anaerobowe na metan, dwutlenek węgla itd. Jak podają W. A. Sokołow (17) i V. Davis i R. Squires (24), oddziaływanie bakterii na substancje organiczne nie może prowadzić do powstania węglowodorów  $C_7$ — $C_8$ . Ponieważ wody podziemne nie zawierają azotanów, w związku z tym nie może też powstawać biogeniczny azot w wyniku bakteriologicznej lub jakiegokolwiek innej redukcji.

#### WNIOSKI

Występowanie bakterii jedynie w górnych partiach przekroju geologicznego obszarów roponośnych i zanikanie życia bakteriologicznego wraz ze zmniejszaniem się pH od powierzchni do podłoża krystalicznego upoważnia do wniosku, że w dolnych partiach profilu i występujących tam warstwach roponośnych brak jest mikroorganizmów z powodu istnienia bariery biologicznej (wysokie temperatury ponad 90—100°C, duże zasolenie, radioaktywność i in.). Bakterie przedostają się do górnych warstw z wodami infiltracyjnymi (15) i nie ma podstaw do uznania ich za formy reliktove złożów ropy naftowej.

Bardzo przekonujące jest stwierdzenie, że mikroorganizmy, ze względu na szybkie rozmnażanie, mogą przeciwdziałać nagromadzeniu i zachowaniu roślinno-zwierzęcych substancji organicznych w osadach morskich. Tak więc rola mikroorganizmów polega nie na tworzeniu ropy, lecz odwrotnie — gromadzeniu substancji organicznych na powierzchni kosztem węglowodorów występujących w głębi ziemi. Omówiony proces wykorzystywania węglowodorów do życia organicznego jest w przyrodzie ożywionej zjawiskiem wyjątkowym.

(Przetoczył J. Fedak)

#### LITERATURA

1. АШИРОВ К. Б. — Перспективы внедрения микробиологических процессов при разработке нефтяных месторождений, Сб. Методы увеличения нефтеотдачи пластов, стр. 170, Гостоптехиздат, М., 1965.
2. БИРШТЕХЕР Э. — Нефтяная микробиология, Гостоптехиздат, Л., 1957.
3. ВЕЛИКОВСКИЙ А. С. — Различные типы нефтей и возможные причины их образования, Геология нефти и газа, № 1, стр. 29, 1961.
4. ВОРОНОЙ Е. Е. — К проблеме накопления и преобразования органического вещества в осадках и осадочных породах, Геология и геохимия горючих ископаемых, вып. 15, стр. 35, "Наукова Думка", Киев, 1968.
5. ГАСАНОВ М. В. — К образованию сероводорода при биогенном восстановлении сульфатов в результате заводнения нефтяных пластов морской водой, Азербайджанское нефтяное хозяйство, № 12, стр. 28, 1959.
6. ГЛУМОВ И. Ф., СТАНКЕВИЧ Е. Ф. — К явлению сероводорода в нагнетательных скважинах Ровашкинского месторождения, Татарская нефть, № 1-2, стр. 82, 1959.
7. ГРИГОРЬЕВ С. М. — О процессах образования горючих ископаемых, АН СССР, М., 1954.
8. ДЕРПГОЛЬЦ В. Ф. — Принципы укрупненной естественной классификации природных вод Земли, Севетская Геология, № 5, стр. 7, 1963.
9. КУЗНЕЦОВ С. И. — Разработка методов микробиологического воздействия на пласт с целью интенсификации нефтедобычи и увеличения нефтеотдачи, Сб. Методы увеличения нефтеотдачи пластов, стр. 187, Гостоптехиздат, М., 1955.
10. КУЗНЕЦОВА З. И. — Распределение десульфурующих бактерий по падению водоносного пласта (Терско-Дагестанская нефтеносная провинция), Тр. ВСЕГИНГЕО, вып. 18, стр. 51, Гостоптехиздат, М., 1959.
11. КУНЕЦОВА З. И. — Изучение влияния сульфаторедущих и метанообразующих бактерий на газовый и химический состав подземных вод п-ова Челекен, Тр. ВСЕГИНГЕО, вып. 18, стр. 59, Гостоптехиздат, М., 1959.
12. ЛИТВИНЕНКО С. Н., ВИШНЯКОВА Т. П. и др. — Биологическое поражение нефти и нефтепродуктов и их защита при транспорте и хранении, ЦНИИТЭнефтехим, М., 1970.
13. РОЗАНОВ Л. Н. — Бактериальная съемка Саврушенского поднятия, ВТЭИ ЦИМТнефти, Сб. материалов по обмену опытом, геология и разработка, стр. 22, Гостоптехиздат, М., 1951.
14. РОСТОВЦЕВ Н. Н. (под редакцией). — Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности западно-Сибирской низменности, Гостоптехиздат, М., 1958.
15. СИМАКОВА Т. Л., КОЛЕСНИК З. А. — Бактерии пластовых вод нефтей и пород нефтяных месторождений СССР, Гостоптехиздат, Л., 1962.
16. СМЕРНОВА З. С. — Видовой состав и некоторые физиологические свойства бактерий, применяемых при поисках нефти и газа, Микробиология, том 30, № 4, стр. 684, 1961.
17. СОКОЛОВ В. А. — Очерки генезиса нефти, Гостоптехиздат, М., 1948.
18. СОКОЛОВ В. А. — Геохимия газов земной коры и атмосферы, "Недра", М., 1966.
19. УСПЕНСКИЙ В. А., ГОРСКАЯ А. И., КАРПОВА И. П. — Генезис альгаритов и процессы анаэробного окисления нефти, Известия АН СССР, серия геологическая, № 4, стр. 89, 1947.
20. ШАМΠΑНЫЯ А. и др. — Микробиологическая депарафинизация с получением БВК, Нефтехимия, том 3, № 5, стр. 795, 1963.
21. ШТУРМ Л. Д., РОЗАНОВА Е. П. — Изучение микроорганизмов Минусинской котловины в связи с генезисом озокеритоподобных битумов, Микробиология, том 30, № 1, стр. 122, 1961.
22. ЭКЗЕРЦЕВ В. А. — Микроскопические исследования бактериальной фауны в нефтеносных фациях Второго Баку, Микробиология, том 20, вып. 4, стр. 324, 1951.
23. АРПЕРТ I. — Bacteriologie de l'injection d'eau, Revue de l'Institut Francais du Petrole, vol. XIV, No. 3, P. 328, 1959.

\* Siarkowodór może powstawać w wyniku reakcji metanu z siarczanami metali alkalicznych w wyniku reakcji chemicznej bez udziału mikroorganizmów (7).

24. DAVIS V., SQUIRES R. — Detection of Microbiologically Produced Hydrocarbons other than Methane, Science, vol. 119, 1954.
25. STONE R. W., ZOBELL C. E. — Bacterial Aspects of the Origin of Petroleum, Industrial and

- Engineering Chemistry, vol. 44, No. 11, P. 2564, 1952.
26. ZOBELL C. E. — Bacterial Release of Oil From Oilbearing Materials, World Oil, vol. 12b, No. 13, P. 36, 1947.