

И.С. Копылов

Пермский государственный национальный
исследовательский университет, г. Пермь

**БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ,
АНОМАЛИИ И ИХ НЕФТЕГЕОЛОГИЧЕСКОЕ
ЗНАЧЕНИЕ (ТУНГУССКИЙ БАССЕЙН)**

Проведены гидро-биогеохимические исследования на западе Сибирской платформы в бассейне р. Подкаменной Тунгуски, где изучены 1204 источников подземных вод и водотоков по биогеохимическим показателям. Установлены наиболее информативные показатели – бактерии, окисляющие пропан, бутан, пентан, бензол, толуол. По этим показателям и суммарной биогенности выделены 42 аномалии с площадями 10-200 км². В структурно-тектоническом отношении 20 биогеохимических аномалий приурочены к локальным положительным структурам, которые могут считаться перспективными для поисков нефти и газа.

Ключевые слова: нефтегазопроисходящая геохимия, микробиология, биогеохимические показатели, аномалии, геологические структуры, Байкитская антеклиза, Тунгусский бассейн.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2021.106

Теоретическое обоснование биогеохимических критериев.

Биогеохимический метод при геохимических поисках нефти и газа (ГПНГ) применяется в одной модификации, как микробиологический, основанный на изучении распределения микроорганизмов (бактерий), окисляющих углеводороды (УВ) в природных средах [1]. Микробиологические показатели считаются, главным образом, косвенным индикатором нефтегазоносности. При этом, отсутствие микрофлоры в подземных водах нельзя рассматривать, как отрицательный показатель т.к. жизнедеятельность микроорганизмов зависит от различных факторов (температуры, рН среды, минерализации и др.).

Наиболее показательными в нефтегазоносном отношении, как считают Л.М. Зорькин, М.И. Суббота, Е.В. Стадник [2] являются бактерии окисляющие (БО) пропан, бутан и частично пентан. А.А. Оборин и Е.В. Стадник [9] так же, из всего комплекса микробного биоценоза бактериального фильтра выделяют БО пропан и бутан, как наиболее информативную группу газоокисляющих бактерий для нефтегазопроисходящих целей. Л.Е. Крамаренко [8] к индикаторной микрофлоре на нефть и

газ (при проведении водных микробиологических исследований), кроме них относит БО метан, гексан и гептан. Е.В. Стадник [10] все эти показатели, а также БО бензол относит к группе прямых гидрогазобиохимических показателей.

Биогеохимические нефтегазописковые исследования в Восточной – Средней Сибири (Красноярский край) впервые проведены Северной ГПП в 1972-1974 гг. на Тайгинской площади, где изучались БО алканы от метана до декана, бензол, толуол, фенол, нафталин; сульфатредуцирующие, денитрифицирующие, метанообразующие и другие виды бактерий. Были установлены биогеохимические аномалии на Верхне-Тайгинском поднятии и Ядальской брахиантиклинали [4]. Работами Геохимической партии Тунгусской ГПЭ в бассейнах рр. Камо, Куюмбы, Вельмо в единичных водопунктах установлены повышенные содержания различных групп бактерий, при этом был сделан вывод о низкой индикаторной роли БО пропан-бутан и пентан (Седых и др., 1976ф, 1977ф). Однако, в более поздних работах на Оленчиминской площади (Битнер и др., 1984ф; Шихов и др., 1985ф) установлены обширные комплексные биогеохимические аномалии, приуроченные к Оленчиминской, Мукуйской брахиантиклиналям, а также в долинах рек. Подкаменной Тунгуски и Кондромо. Исследованиями ВНИИЯГГ по региональным профилям рек Тохомо, Камо, Подкаменной Тунгуске, Вельмо и на Оленчиминской площади (Бобылев и др., 1979ф, 1984ф) выявлены многочисленные очажковые микробиологические аномалии и установлены индикаторные группы микроорганизмов – нонан (C₉), декан (C₁₀)- и фенолоксиляющие бактерии, имеющие прямую связь с ТУ в подземных и поверхностных водах (однако, в расчет суммарной биогенности включались БО от метана до гексана).

Практический опыт изучения микроорганизмов в природных водах Тунгусского бассейна ТПИ (Зуев и др., 1986ф) и Северной ГПП (Чусов и др., 1985ф; Копылов и др., 1987ф, 1992ф) показывает, что наиболее информативными при нефтегазовых поисках в приповерхностной гидросфере являются БО низкомолекулярные УВ – пропан и бутан вследствие их специфичности по отношению к источнику питания (БО более высокие гомологи метана способны существовать не только за счет УВ, но и другой органики, например, за счет органики, попадающей в подземные и поверхностные воды при разложении растительных и животных продуктов современного происхождения). Еще более информативными являются бактерии, развивающиеся на «Голодном Мюнце» и окисляющие бензол и толуол. Интенсивность их развития не подчиняется количеству ОВ современного поверхностного происхождения, а

зависит от содержания ОВ глубинного происхождения. БО бензол вообще не встречаются в приповерхностных водах метеогенного происхождения. Обнаружение их указывает, что в данном водопункте имеется глубинная «подпитка». Под «Голодным Мюнцем» понимается минеральная среда без добавки какого-либо УВ. Источником энергии вещества для построения бактериальных клеток в этом случае служит естественное ОВ, растворенное в водных пробах. Какие именно УВ-окисляющее бактерии вырастают в этом случае неизвестны, но опыт показывает, что это один из самых надежных микробиологических показателей.

Методика и результаты

Гидробиогеохимические показатели в западной части Сибирской платформы на территории Байкитской антеклизы и ее обрамления (бассейн р. Подкаменной Тунгуски) изучены автором с коллегами по Северной ГПП ГПП «Енисейнефтегаз». Микробиологические анализы выполнялись в лабораториях Томского политехнического университета и ООО ПермНИПИнефть. Общий объем составил 1204 изученных водопунктов по биогеохимическим показателям, при этом 680 анализов выполнено на Камовском своде, в центральной и южной частях Байкитской антеклизы и 524 анализа по западной и северо-западной ее частях и частично – Енисейском кряже [3, 5, 6]. Поскольку, наиболее информативными показателями установлены бактерии окисляющие пропан, бутан, пентан, бензол, толуол и выросшие на «Голодном Мюнце», то анализировались именно эти группы бактерий. Для сопоставления отдельных групп бактерий использовался показатель суммарной биогенности, который представляет сумму всех установленных бактерий по группам равноценной информативности. В данном случае, этот показатель представляет сумму бактерий, выросших на среде «Голодный Мюнц», окисляющие пропан, бутан, бензол, толуол. БО пентан в расчет не принимались т.к. в их образовании значительную роль играл гипергенный фактор. Характеристика распределения УВ-окисляющей микрофлоры в природных водах Тунгусского бассейна приведена в табл. 1.

Как видно из этой таблицы, интенсивность развития всех групп бактерий колеблется в широких пределах. Самый высокий процент встречаемости в центральных районах территории у БО пропан, бутан и бензол (81%), при этом на Юрубченской площади встречаемость всех групп бактерий достигает 90-98%, кроме «Голодного Мюнца»; а в западных и северо-западных районах самый высокий процент встречаемости у БО пентан и толуол (66-67%). Самый низкий процент встречаемости на всей территории у бактерий, выросших на голодной среде «Мюнца» - 74% в центральных и 65% в северо-западных районах.

Средняя интенсивность развития бактерий в центральной части БА, на Камовском свезде в 2-3 раза превосходит среднюю интенсивность развития бактерий в периферийных частях, что ставит ее в приоритетное положение по микробиологическим показателям.

Таблица 1

*Интенсивность развития групп бактерий окисляющих УВ
в природных водах Тунгусского бассейна*

Показатели	Северо-западный район (n=524)			Центральный район (n=680)		
	Интенсивность разв. в усл. ед.		% встреч.	Интенсивность разв. в усл. ед.		% встреч.
	<u>min</u> max	сред.		<u>min</u> max	сред.	
«Голодный Мюнц»	0 300	65	45	0 300	148	74
БО пропан+бутан	0 300	67	48	0 400	151	81
БО пентан	0 390	78	67	0 500	149	77
БО бензол	0 350	83	56	0 500	166	81
БО толуол	0 300	112	66	0 300	159	75
Суммарная биогенность (без пентана)	0 1185	296	91	0 1270	546	91

Для определения влияния факторов на распределение микрофлоры и установления связей между группами бактерий, пробы микробиологического анализа (МБА) были разбиты на две совокупности по типу водопунктов: подземные воды (источники) и поверхностные воды (реки и ручьи). Для них рассчитаны коэффициенты парной корреляции между группами бактерий, а также некоторыми факторами, могущими влиять на содержание микрофлоры в водных пробах.

Корреляционный анализ отмечает следующие основные моменты:

1) по всем анализируемым переменным, группы подземных и поверхностных вод различаются абсолютно по многомерному критерию Махаланобиса-Хоттелинга (доверительная вероятность 99,9 %), при этом, наиболее существенные различия между этими группами по хлор-иону, минерализации и температуре воды, как по средним содержаниям (критерий Стьюдента), так и по дисперсиям (критерий Фишера);

2) различия между группами подземных и поверхностных вод по микрофлоре и УВГ незначительные, что дает возможность интерпретировать все анализы в единой выборке;

- 3) положительная связь между всеми группами бактерий;
- 4) положительная связь всех групп бактерий с содержанием хлор-иона, сульфат-иона, минерализацией, что косвенно указывает на связь бактерий с ОВ глубинного генезиса;
- 5) отсутствие значимых связей бактерий с условиями отбора: временем (в течение летне-осенних сезонов), дебитом источников и водотоков, температурой воды и атмосферы, высотой отбора проб;
- 6) отсутствие корреляционных связей бактерий с УВГ по площади в целом, но наличие их в аномальных зонах.

По всем изученным группам бактерий выделены аномалии, которые в пространственном отношении располагаются с различной степенью совмещенности отдельных групп между собой.

Биогеохимические аномалии

По суммарной биогенности на Байкинской антеклизе выделено 42 аномалии, картируемых по 3-16 аномальным точкам ($> x+s$), с площадями 10-200 км² (рис. 1).

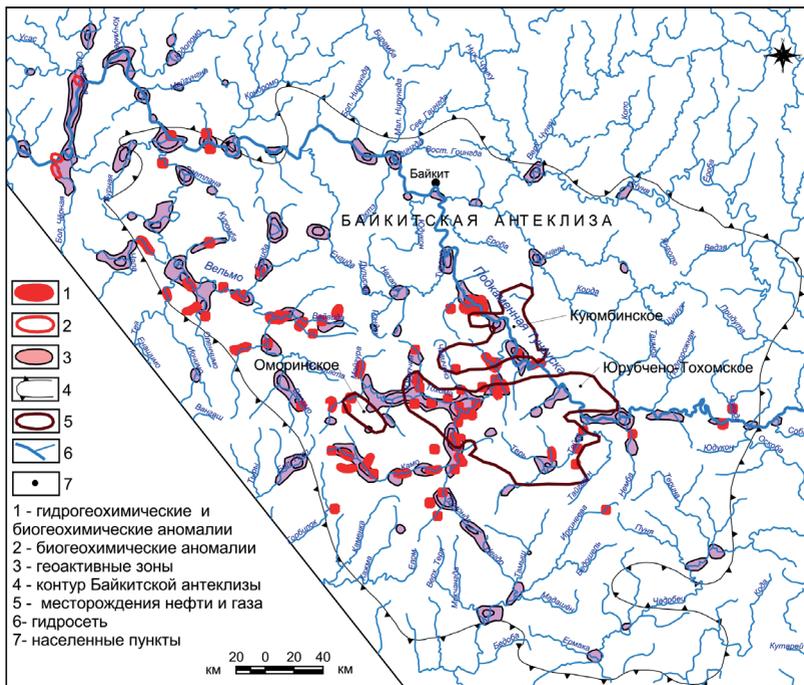


Рис. 1. Гидрогеохимические и биогеохимические аномалии в природных водах Байкинской антеклизы

Коэффициент гетерогенности поля ϕ при $g = 0,05$ в этих аномалиях находится в пределах 1,1-7,6, что подтверждает их достоверность. Контрастность аномалий относительно нормального поля составляет 1,2-5,8 (контрастность аномалий невысокая вследствие того, что отбор проб МБА производился в основном из водопунктов с предполагаемым высоким содержанием микробиологических показателей, поэтому за контурами аномалий оказалось много точек с повышенными средними значениями). Все биогеохимические аномалии находятся в аномальных гидрогеохимических зонах, характеризуются повышенными содержаниями хлор-иона, сульфат-иона, минерализации и некоторых микроэлементов (Br, I, B, Co, Ti, Ba, Sr, Cr, Cu, Ni.). Большинство из них совпадают с аномалиями по углеводородным газам.

В структурно-тектоническом отношении 20 биогеохимических аномалий имеют приуроченность к локальным положительным структурам с повышенной геодинамической активностью: Гурьевскому, Комнинскому, Нижнеюрбченскому, Нижнетохомскому куполам; Лыжнинской, Верхнетохомской, Нирунгинской, Ядильской, Мадринской, Терянской брахиантиклиналям; Поляковской, Намакарской, Типинской плакантиклиналям; Чапинскому структурному носу; Косвинскому поднятию, повышая их перспективность. Другие аномалии приурочены к ослабленным зонам прогибов и моноклиналей, связаны с геоактивными зонами [7, 11].

В пределах Нижнеюрбченского и Нижнетохомского куполов установлена промышленная нефтегазоносность (Юрубчено-Тохомское месторождение) в терригенно-карбонатных отложениях рифея и венда, другие структуры могут считаться перспективными для поисков нефти и газа.

Библиографический список

1. Геохимические методы поисков нефтяных и газовых месторождений / О.В.Баргашевич, Л.М.Зорькин и др. М.: Недра. 1984. 300 с.
2. Зорькин Л.М., Старобинец И.С., Стадник Е.В. Геохимия природных газов нефтегазоносных бассейнов. М.: Недра, 1984. 248 с.
3. Копылов И.С. Геохимические критерии нефтегазоносности на западе Сибирской платформы // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 91-96.
4. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2013. 166 с.
5. Копылов И.С. Поиски нефти и газа на основе методов АКГИ и ГПНГ // В сборнике: Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ. Сборник научных статей. 2017. С. 178-186.
6. Копылов И.С. Структурно-гидрогеологический анализ Камовского свода Сибирской платформы // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2018. № 21. С. 395-401.
7. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нафтидогенеза и мине-

- рагеническая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.
8. Крамаренко Л.Е. Геохимическое и поисковое значение микроорганизмов подземных вод. Л.: Недра, 1983. 181с.
9. Оборин А.А., Стадник Е.В. Нефтегазопроисковая геомикробиология. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. 406 с.
10. Стадник Е.В. Новые прямые методы геохимических поисков нефти и газа. М.: ВНИИОЭНГ, 1984. 52 с.
11. Тихонов А.И., Копылов И.С. Явление поступления глубинных вод из земных недр и их роль в развитии Земли. Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 4 (25). С. 43-55.

BIOGEOCHEMICAL INDICATORS, ANOMALIES AND THEIR OIL-GEOLOGICAL SIGNIFICANCE (TUNGUSKA BASIN)

I.S. Kopylov

georif@yandex.ru

Hydro-biogeochemical studies were carried out in the west of the Siberian platform in the basin of the river Podkamennaya Tunguska, where 1204 groundwater sources and watercourses were studied in terms of biogeochemical indicators. The most informative indicators have been established - bacteria that oxidize propane, butane, pentane, benzene, toluene. According to these parameters and total biogenicity, 42 anomalies with areas of 10-200 km² were identified. In structural and tectonic terms, 20 biogeochemical anomalies are confined to local positive structures, which can be considered promising for oil and gas exploration.

Keywords: oil and gas prospecting geochemistry, microbiology, biogeochemical parameters, anomalies, geological structures, Baikite anticline, Tunguska basin.