

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА НАФТИДОВ УРОЧИЩА СОХОЧУЛ (РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ)

Проведено сопоставление различных точек зрения на генезис нафтидов урочища Сохочул. Обоснованы представления о возникновении битумной «шляпы» Сохочула за счёт одноактного сброса на земную поверхность отработанных моторных масел. Это подтверждается необычным составом УВ флюида, почти на 100% состоящего из нафтеновых УВ, а также ураганными концентрациями Ва, Рb, Fe и Mn в асфальтенах мальты Сохочула. Предполагается, что источником бария служили сульфаты Ва, входящие в состав широко распространённых присадок к моторным маслам; аномальные содержания свинца и марганца – результат активного взаимодействия масел с продуктами горения топлива; соединения железа могли накапливаться в уже отработанных нефтепродуктах в виде посторонних примесей.

Ключевые слова: Сохочул; битумная «шляпа»; техногенные нефтепродукты; микроэлементы; коэффициенты концентрации.

В начале XXI в. в окрестностях пос. Шира геологами Томского политехнического университета было обнаружено и «начато изучение Сохочульского проявления природных жидких битумов, результаты которого могут существенно повлиять на оценку перспектив нефтегазоносности района» [1. С. 78]. Выход битумов находится среди отложений средней пачки вулканогенно-осадочной придорожной толщи нижнего девона в районе ранее описанных скоплений твёрдых битумов (керитов) в трещиноватых лавобрекчиях и миндалекаменных базальтах [2]. Это дало возможность первооткрывателям рассматривать данное нафтидопроявление как «многоуровневое частично вскрытое эрозией и денудацией нефтяное месторождение» [3. С. 292], а также заявить о «широком площадном распространении нефтеносных горизонтов» и о «высоких перспективах обнаружения залежей углеводородов в девонских отложениях территории» [3. С. 295]. Геологическая ситуация Сохочульского нафтидопроявления рисуется следующим образом: «...выход жидкой нефти на поверхность приурочен к зоне послынного тектонического дробления мощностью 1,0–1,5 м с зеркалами скольжения в массивных базальтах. Обломки базальтов покрыты плёнкой и капельками светло-бурой легко испаряющейся нефти. На дневной поверхности за счёт окисления нефти сформировалась асфальтоподобная чёрная битумная «шляпа» шириной 5–8 м и мощностью до 25 см» [4. С. 525].

В течение всего последующего периода, вплоть до настоящего времени, в научной литературе появились разные, порой диаметрально противоположные точки зрения на генетическую природу данного проявления.

Так, сотрудники Института химии нефти СО РАН (г. Томск) путём исследования ряда хроматограмм УВ в битумах и в РОВ осадочных пород (алевролитов) последовательно отстаивают точку зрения об органическом происхождении нафтидов Сохочула. На ранних этапах детально описаны 5 групп УВ (алканы, терпаны, стераны, алкилбензолы и ПАУ) [1]. В дальнейшем количество структурных групп УВ увеличилось до 12. При этом на основе изучения арилизопреноидов битумной «шляпы» Сохочула было высказано предположение о том, что эти моноарены имели своих биологических предшественников в виде ароматических каротиноидов, которые могли развиваться лишь в фотической зоне эвксинного бассейна. На этом основании был

сделан вывод о том, что вязкий битум находится во вторичном залегании, а УВ заполняли трещины в базальтах в результате перетока из расформированной на глубине залежи нефти в осадочных породах [5].

В противоположность этим взглядам представители Московской геохимической научной школы [6] развивают идеи о неорганическом генезисе нафтидов Сохочула. Их выводы основаны на изучении микроэлементного состава нафтидов и пространственно сопряжённых с ними нижнедевонских базальтоидов. По мнению этих исследователей, сходный характер накопления микроэлементов в базитах и в углеродсодержащих веществах в сочетании с конформным поведением хондритнормализованных спектров РЗЭ в ряду керит – мальта – базальт свидетельствует о том, что «образование различных классов твёрдых углеродистых веществ, вплоть до жидких мальт в базальтах и вмещающих их породах Минусинской впадины связано с дегазацией кристаллизующихся магм основного состава повышенной щёлочности» [6. С. 807].

На фоне исследователей генетической природы углеродсодержащих веществ выделяется группа геологов, рассматривающих сам факт локализации нафтидов в отложениях девона в качестве поисково-оценочного признака. Так, геологи ТПУ в 2005 г. оформили лицензию на изучение Сохочульской площади (56 км²) с точки зрения её потенциальной нефтеносности [7]. Сохочульское нафтидопроявление, согласно [8], повышает перспективы открытия месторождений нефти в слабо изученных глубоко залегающих отложениях девона на территории Томской области, в частности в контурах Тегульдетской впадины. Наконец, предприняты попытки путём обработки серии фотоснимков, сделанных в районе Сохочульского нафтидопроявления, с помощью квантово-оптической фильтрации фрагментарно наметить границы прогнозируемого нефтяного месторождения [9. С. 67].

Как видно, интерес к Сохочульскому нафтидопроявлению не ослабевает, количество публикаций возрастает, происходит усложнение первоначальных взглядов, вплоть до появления весьма оригинальных воззрений.

Вместе с тем, в 2006 г. была опубликована статья, рассматривающая генезис «жидких» битумов Сохочула с несколько иных позиций [10]. В этой статье было высказано предположение о том, что Сохочульская битумная «шляпа» возникла при одноактном сбросе

относительно небольших объёмов (не более 1–3 т) отработанных техногенных нефтепродуктов (скорее всего минеральных масел). Главные аргументы в пользу данного предположения следующие:

- битумная «шляпа» статична, поскольку нет признаков её разрастания вширь и вглубь, как этого требует утверждение о том, что «выход нефти на поверхность не был одноразовым, а происходит в течение продолжительного времени» [З. С. 293]. По нашим ежегодным наблюдениям, первоначальная площадь пятна неизменна (85–90 м²), но происходит заметное изменение цвета и консистенции битума – от насыщенно чёрного, асфальто- и углеподобного до тёмно-серого, сажистого, местами пылеватого. Меняется и запах битума – от резкого «масляного» до едва уловимого «земляного»;

- отсутствуют какие-либо признаки проникновения жидкой нефти по трещинам. Битум пропитывает лишь

почву на глубину в 5–7 см, а на участках, где её нет, аккуратно перекрывает горные породы и их делювиальные обломки. Подстилающие кавернозные базальты «чистые» (незамазученные), талая и дождевая вода не содержит иризирующих плёнок, штучные образцы трещиноватых базальтов не дают свечения в ультрафиолетовых лучах;

- опубликованный анализ природного УВ флюида [1] совершенно несопоставим со стандартными анализами естественных нефтей. Таких нефтей (как Сохочульская) в природе не существует, что наглядно видно на треугольной диаграмме, составленной Б. Тиссо и Д. Вельте [11] на базе изучения более 500 мировых месторождений нефти. Как видно из рис. 1, Сохочульская нефть почти на 100% состоит из нафтеновых УВ, что не характерно для природных нафтенных и парафиново-нафтенных нефтей.

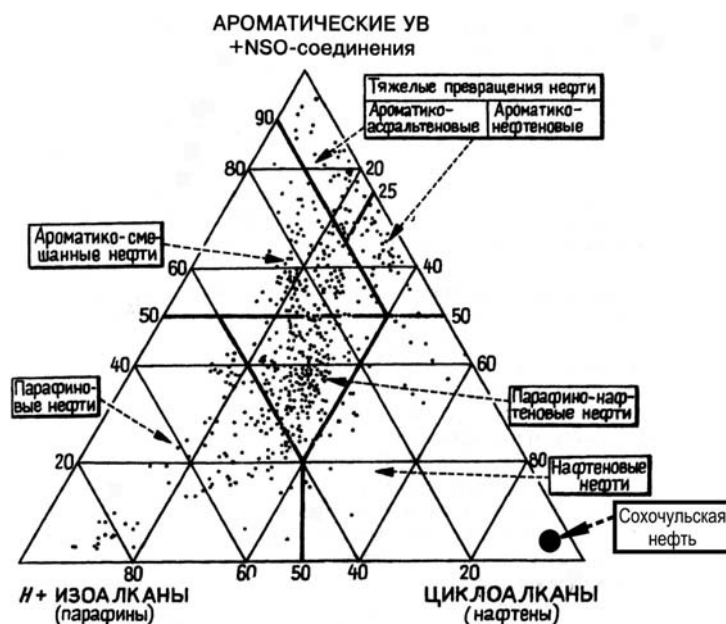


Рис. 1. Треугольная диаграмма составов природных нефтей (по Б. Тиссо и Д. Вельте). Жирной точкой обозначен состав Сохочульской нефти [10]

Однако если принять за основу концепцию о техногенном характере Сохочульского пятна, то можно попытаться объяснить причину доминирующего содержания нафтенных в УВ флюиде. Как известно, из всех искусственных нефтепродуктов именно минеральные масла наиболее обогащены нафтенными УВ, суммарное количество которых достигает 70–75%. Антропогенный разлив масляных фракций на земную поверхность неизбежно приведёт к формированию техногенной «шляпы», процесс консолидации и уплотнения которой при благоприятных условиях (например из-за высоких перепадов летних температур) может сопровождаться выделением небольших количеств вторичных «выпотов» остаточных лёгких фракций (своеобразных нафт-дистиллятов). При этом содержание нафтенных УВ в дистилляте будет заведомо выше, чем в «материнском» масле и может приближаться к 100%, поскольку ароматические УВ, содержащиеся в исходном продукте, будут сорбироваться почвенным покровом, оставаясь внутри «шляпы», а алканы – подвергаться

интенсивному микробиальному окислению (биодegradации).

По нашему мнению, именно капельки и плёнки светло-бурого вторичного дистиллята были приняты первооткрывателями за первичную (глубинную) нефть и проанализированы в качестве таковой.

Новые аргументы в пользу развиваемых нами представлений о техногенном характере битумной «шляпы» Сохочула появились в связи с публикацией данных о содержании микроэлементов (МЭ) в асфальтенах мальты Сохочула и в «палеозойской» нефти Малоичского месторождения Западной Сибири [6. С. 805]. Опираясь на эти данные, можно провести оценку уровня накопления МЭ в вышеуказанных нафтидах по сравнению с некими базовыми показателями (кларки, фоновые концентрации). Поскольку общепринятых кларков для нефти и битумов пока нет, нами использованы недавно опубликованные сведения о минимальных, максимальных и средних (медианных) значениях микроэлементов в нафтидах РФ [12. С. 186] (рис. 1). При этом медиан-

ные значения, с некоторой долей условности, приняты нами в качестве глобального геохимического фона. Подчеркнём, что мы ограничились лишь данными по

содержанию тяжёлых металлов, исключив из выборки благородные, редкоземельные и радиоактивные элементы (рис. 2, табл. 1).

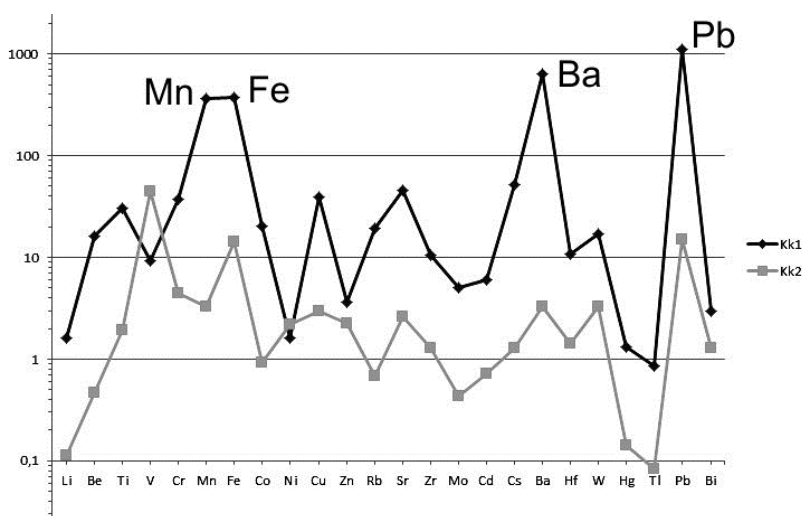


Рис. 2. Распределение коэффициентов концентрации микроэлементов асфальтенов мальты Сохочула (Кк1) и асфальтенов «палеозойской» нефти Малоичского месторождения Западной Сибири (Кк2) относительно глобального геохимического фона для нафтидов РФ. Абсолютные содержания элементов заимствованы из [6, 12]

Таблица 1

Коэффициенты концентрации МЭ в асфальтенах мальты Сохочула (1) и в асфальтенах «палеозойской» нефти Западной Сибири (2) относительно максимальных содержаний МЭ в нафтидах РФ

Коэффициенты концентрации					
Элемент	1	2	Элемент	1	2
Li	0,9	0,07	Sr	1,2	0,07
Be	0,2	0,005	Zr	0,3	0,04
Ti	0,6	0,04	Mo	0,7	0,06
V	0,7	3,1	Cd	0,7	0,08
Cr	2,0	0,2	Cs	2,4	0,06
Mn	13,0	0,1	Ba	87,0	0,40
Fe	39,0	1,5	Hf	0,2	0,02
Co	1,4	0,07	W	1,7	0,30
Ni	0,2	0,3	Hg	0,2	0,03
Cu	3,1	0,2	Tl	0,1	0,003
Zn	0,7	0,5	Pb	85,0	1,10
Rb	3,2	0,1	Bi	0,4	0,20

Примечание. Необходимые для расчетов цифровые значения заимствованы из [6, 12].

Распределение коэффициентов концентрации (Кк) микроэлементов в асфальтенах мальты Сохочула и «палеозойской» нефти Западной Сибири относительно глобального фона показано на рис. 2. Отчётливо видно, что для МЭ Сохочула характерны большие амплитуды колебаний вариационных кривых при резких изменениях значений коэффициентов концентрации, которые практически всегда превышают величину глобального геохимического фона (за исключением Tl). Количество ярко выраженных положительных пиков значительно (Ti, Mn, Fe, Cu, Sr, Ba, Pb), при этом наблюдаются высокие показатели коэффициентов концентрации (значения Кк от 30 до 46 единиц), а для четырёх элементов зафиксированы даже ураганные уровни накопления – Pb (Кк = 1126), Ba (634), Fe (371) и Mn (361).

В противоположность этому ход вариационных линий микроэлементов «палеозойской» нефти не столь резкий. Значительное число МЭ (Li, Be, Co, Rb, Mo,

Cd, Hg и Tl) находятся в коридоре «подфоновых» значений, а те элементы, которые преодолевают фоновый порог, обнаруживают невысокий уровень накопления (коэффициенты концентрации таких МЭ, как Ti, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Sr, Zr, Cs, Ba, Hf, W и Bi, укладываются в интервал от 1,3 до 4,4 единицы). Исключение составляют лишь три элемента, формирующие отчётливые положительные пики: V (Кк = 44), Pb (15) и Fe (14).

Таким образом, асфальтены мальты Сохочула и асфальтены «палеозойской» нефти Западной Сибири весьма существенно отличимы друг от друга, и их геохимические параметры не сопоставимы.

Подсчёт коэффициентов концентрации микроэлементов относительно максимально возможных содержаний в нафтидах РФ (табл. 1) показал, что в Сохочульских асфальтенах значительное число значений Кк для МЭ превышает максимальный уровень (Кк от 1,2 до 3,2), а четыре элемента (Ba, Pb, Fe, Mn) характери-

зается весьма высокими показателями (87, 85, 39 и 13 единиц соответственно). Что касается асфальтенов «палеозойской» нефти, то лишь один микроэлемент (ванадий) демонстрирует повышенный уровень накопления ($K_k = 3,1$), что не удивительно, поскольку ванадий-порфириновые металлокомплексы нередко накапливаются в природных нефтях вплоть до достижения рудных концентраций. Остальные МЭ далеки от максимальных содержаний, о чём свидетельствуют очень низкие значения K_k для подавляющего числа элементов (десятыи, сотые и даже тысячные доли единицы). При этом коэффициенты концентрации Ва, Рb, Fe и Mn незначительны ($K_k = 0,4; 1,1; 1,5$ и $0,1$ соответственно), что разительно отличается от аномальных значений коэффициентов концентрации этих МЭ в асфальтенах мальты Сохочула. В связи с этим вывод о том, что «геохимическая характеристика мальты Минусинской межгорной впадины вполне сопоставима с характеристиками нефти» [6. С. 807], представляется нам некорректным.

Итак, совокупность вышеприведённых данных о характере поведения микроэлементов свидетельствует о том, что практически все МЭ в асфальтенах мальты Сохочула не только превышают значения глобального геохимического фона, но и часто выходят за пределы максимально возможных концентраций микроэлементов в нафтидах РФ, вплоть до появления ураганных значений.

Эту ситуацию можно удовлетворительно объяснить, если принять за основу гипотезу о техногенной природе Сохочульской битумной «шляпы», возникшей за счёт антропогенного разлива отработанных минеральных моторных масел. Как известно [13], моторное масло состоит из основы (базовое масло) и присадок, улучшающих его качество и свойства. Все моторные масла содержат в своём составе пакет присадок (до 9 наименований), суммарное содержание которых может

превышать 20%. Наиболее важными являются моюще-диспергирующие присадки, обеспечивающие чистоту деталей двигателя. Особенно эффективны в этом отношении сульфонаты бария. Технические требования к присадкам типа СБ-3 предусматривают такие показатели: массовая доля бария не менее 3,7%, массовая доля активного вещества не менее 12% [14]. При таких параметрах концентрация Ва в асфальтенах мальты Сохочула (2,6 кг/т) не представляется избыточной.

Ураганные содержания Pb (2,8 кг/т) и аномальные – Mn (0,3 кг/т) в Сохочульских асфальтенах, вероятно, обусловлены тесным взаимодействием масел с продуктами горения топлив, содержащих соединения этих металлов (антидетонаторы, регуляторы количества дыма и сажи).

Что касается аномальных концентраций железа, то при условии достоверности опубликованного в [6] анализа они могли возникнуть не только в силу естественного накопления Fe внутри рабочих зон двигателей, но и в результате постороннего загрязнения уже отработанных нефтепродуктов, возможно, из-за их временного хранения в ржавых металлических ёмкостях.

Повышенные значения остальных МЭ могут быть связаны как со свойствами самих моторных масел, содержащих в качестве присадок не только сульфонаты Ва, но и в небольших количествах наftenаты иных металлов (Zn, Co, Cu, Mn и др.), так и с износом металлических деталей двигателей, микроскопические «стружки» которых вполне могли накапливаться в масляной депонирующей среде.

В заключение отметим, что, по мнению авторов, вышеизложенные материалы способствуют созданию обоснованной и непротиворечивой модели механизма формирования Сохочульских жидких нафтидов. При этом не исключается возможность существования и иных версий, при условии что они будут адекватно отображать имеющуюся геологическую информацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Серебrenникова О.В., Васильев Б.Д., Туров Ю.П. и др. Нефтепроявление «Сохочул» в Северной Хакасии // Известия Томского политехнического ун-та. 2002. Т. 30, вып. 8. С. 78–83.
2. Баженов В.А., Макаренко Н.А., Родыгин С.А. Битумопроявления в вулканических породах Хакасии // Вопросы геологии Сибири. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1992. Вып. 1. С. 155–160.
3. Серебrenникова О.В., Васильев Б.Д., Туров Ю.П. и др. Геохимические предпосылки нефтегазоносности Северо-Минусинской впадины // Материалы межрегиональной научно-практической конференции. Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2005. С. 291–296.
4. Серебrenникова О.В., Васильев Б.Д., Туров Ю.П. и др. Нафтиды в базальтах нижнего девона Северо-Минусинской впадины // Доклады АН. 2003. Т. 390, № 4. С. 525–527.
5. Серебrenникова О.В., Ву Ван Хай. Углеводороды в природных битумах и вмещающих базальтах на севере Хакасии // Горный журнал. Цветные металлы. Чёрные металлы. Специальный выпуск. 2012. С. 81–84.
6. Писоцкий Б.И., Готтих Р.П., Васильев Б.Д. и др. Генетические аспекты образования углеродистых веществ Минусинской впадины // Доклады АН. 2006. Т. 410, № 6. С. 804–808.
7. Васильев Б.Д., Готтих Р.П., Писоцкий Б.И. и др. Новый взгляд на природу нефтегазоносности Минусинского прогиба (Сохочульская лицензионная площадь) // ЦУГП ТПУ в Хакасии и его основатель Г.А. Иванкин : сб. науч. ст. и воспоминаний. Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2009. С. 82–89.
8. Ростовцев В.Н., Ростовцев В.В., Тищенко Г.И. Новый взгляд на перспективы нефтегазоносности Тегульдетской впадины // Материалы межрегиональной научно-практической конференции. Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2005. С. 277–283.
9. Ростовцев В.Н. Нефть палеозоя от Ямала до Лагерного сада в Томске // Материалы Международного научно-практического форума. Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2012. С. 65–69.
10. Макаренко Н.А., Архипов А.Л. О возможных механизмах формирования Сохочульских нафтидопроявлений (Северная Хакасия) // Вестник Томского государственного университета. Бюллетень оперативной научной периодики. 2006. № 89. С. 57–64.
11. Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти и газа. М. : Мир, 1981. 501 с.
12. Соболев П.О., Рундквист Д.В. Исследование микроэлементов нефтей для изучения процессов их происхождения и преобразования // Всероссийская конференция по глубинному генезису нефти. 1-е Кудрявцевские чтения. М. : ЦГЭ, 2012. С. 185–188.
13. Синельников А.Ф., Балабанов В.И. Автомобильные масла. Краткий справочник. М. : ООО Книжное издательство «За рулём», 2005. 176 с.
14. ГОСТ 10534-78. Присадка сульфонатная СБ-3. Технические условия.