

На правах рукописи

Лебедев Иван Иванович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОГО ИЗУЧЕНИЯ МИГРАЦИИ
УГЛЕВОДОРОДОВ В ФУНДАМЕНТЕ (НА ПРИМЕРЕ ВАРАНГЕР-ТИМАНСКОГО
ПОЯСА БАЙКАЛИД)

Специальность 25.00.16. – Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология,
геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Ухта – 2013

Диссертация выполнена на кафедре минералогии и геохимии, геологии Ухтинского государственного технического университета.

Научный руководитель	Кочетков Олег Сергеевич - доктор геолого-минералогических наук, профессор
Официальные оппоненты	Назаров Андрей Владимирович, - доктор технических наук, начальник от- дела центра «Разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений» ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта Ростовщиков Владимир Борисович, - кандидат геолого-минералогических на- ук, заведующий кафедрой геологии нефти и газа УГТУ
Ведущая организация	ГУП РК Тимано-Печорский научно-исследовательский центр

Защита состоится 11 декабря 2013 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д212.291.01 в Ухтинском государственном техническом университете по адресу: ул. Первомайская, 13, г. Ухта, Республика Коми, 169300

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ухтинского государственного технического университета.

Автореферат разослан 11 ноября 2013 года.

Отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просьба направлять по адресу: 169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, 13.
E-mail: kasprien@bk.ru

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.291.01,
кандидат технических наук, профессор

Уляшева Н. М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

В последнее время всё большее внимание обращают на себя горные комплексы, наличие углеводородов в которых всегда подвергалось сомнению. Среди таковых рассматриваются и породы фундамента, в изрядной доле метаморфизованные. Не обошли учёные стороной и байкалиды Тиманской гряды - скважина Ярега-700, пройдя более 4 км по метаморфическим породам тиманского фундамента, показала наличие газожидких углеводородных флюидов в гидротермальных прожилках на всех достигнутых бурением глубинах фундамента. Их изучение показало вещественно-генетическое родство с ярегской нефтью (Овчинников Э.Н., Красиков П.И., 1992), а для самой нефти доказан восходящий миграционный ток (Готтих, Писоцкий, 2002). Подобные факты заставили задуматься о наличии более широкой миграционной системе углеводородов в целом. Подходя к изучению данного вопроса, автор столкнулся с большой разрозненностью в методиках выявления миграционных токов, что привело к началу данной работы.

Цель работы:

Совершенствование методики обработки результатов хроматографического анализа малых концентраций сорбированных породами УВ для выявления миграции УВ в фундаменте (на примере Варангер-Тиманской зоны байкалид), обобщения и дополнения существующей информации по миграции и составу УВ флюидов в фундаментах.

Основные задачи исследования:

1. Выбор основных методик изучения вещества: термогазохроматография сорбированных породами газов, экстракция и жидкостная хроматография.

2. Выбор исходных «коэффициентов превращения нефти»¹ и разработка, применительно к методике, собственных коэффициентов, определяющих

¹ Словарь по геологии нефти и газа, 1987 г.

миграционные особенности изучаемых углеводородов.

3. Выявление общих закономерностей в составе сорбированных породами газов для образцов с разных территорий.

4. Определение особенностей поведения УВ-газов и жидких флюидов в различных геологических формациях.

Научная новизна:

1. Предложены дополнительные коэффициенты интерпретации результатов термогазохроматографического анализа пород ($\sum C_n H_{2n+2} / \sum C_n H_{2n}$, $CH_4 / \sum C_{2+}$, $\sum C_i / \sum C_n$), помогающие выявить миграционную природу углеводородного флюида.

2. Впервые определён компонентный состав сорбированных УВ-газов в породах байкальского фундамента, выявлена общая закономерность состава в изучаемых образцах.

3. Охарактеризована миграция УВ в фундаменте как часть общего восходящего движения флюида.

Основные защищаемые положения:

1). Применение совокупного изучения компонентного состава углеводородов хроматографическими методами является эффективным способом выявления их миграционного тока в породах фундамента.

2). Для интерпретации результатов термогазохроматографии разработаны и применены новые расчётные «коэффициенты превращения нефти» ($\sum C_n H_{2n+2} / \sum C_n H_{2n}$, $CH_4 / \sum C_{2+}$, $\sum C_i / \sum C_n$), раскрывающие миграционный характер этих газов.

3). В породах Варангер-Тиманского пояса байкалид присутствует специфичный газовый парагенезис углеводородов, свидетельствующий об общем механизме миграции УВ-флюидов на протяжении всего пояса байкалид.

Практическая значимость работы:

Предлагаемые методы применимы к анализу миграционных токов, как в фундаментах, так и в породах осадочного чехла. Результаты практического применения данных методик позволяют утверждать, во-первых, что наличие

углеводородов в фундаменте является стандартным для данной территории, во-вторых, для данного комплекса характерен своеобразный состав УВ-флюида на всём протяжении. И, в-третьих, миграция углеводородов в фундаменте является частью общего процесса круговорота УВ в земной коре.

Апробация и публикации:

Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на международной молодёжной научной конференции «Севергеоэкотех» (г.Ухта, УГТУ, 2006-2012 г.г.), Конференции сотрудников и преподавателей УГТУ (г.Ухта, УГТУ, 2008-2012 г.г.), Научно-практической конференции молодых специалистов и учёных «Инновации в газовой отрасли - 2010» (г.Ухта, филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 2010 г.), 18-й научной конференции «Структура, вещество, история литосферы тимано-североуральского сегмента» (г.Сыктывкар, Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2009 г.), а так же в рамках Межрегионального семинара «Рассохинские чтения» (г.Ухта, УГТУ, 2012 г.). Так же по теме исследований изданы 2 статьи в рецензируемых ВАК изданиях – «Известиях Института геологии Коми НЦ УрО РАН» и «Научно-техническом вестнике Поволжья».

По теме диссертации опубликовано 8 статей и 2 тезиса.

Структура работы:

Диссертация состоит из введения, 5-и глав и заключения, содержит 138 страниц текста, включает 2 приложения, 16 рисунков и 9 таблиц в тексте, библиографический список из 68 наименований.

Автор работы выражает благодарность научному руководителю доктору геолого-минералогических наук, профессору Кочеткову О.С. за неоценимую помощь в составлении коллекции образцов и консультации по тематике работы, доктору геолого-минералогических наук, профессору Копейкину В.А. за консультации по геохимии, доктору технических наук, профессору Долгушину Н.В. за помощь в организации исследований. Также автор благодарит кандидата технических наук Латышева А.А., Огданец Л.В. и Карначёва Д.В. и в целом Ухтинский филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ» - «Север-

нипигаз» за оказанную помощь в проведении лабораторных исследований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** дана общая характеристика работы, обоснована актуальность поставленных задач, описана научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе **Обоснование выбранных методик исследования углеводородов** приводится краткое описание геологического комплекса изучаемых пород, даётся обоснование адекватности выбранных к применению методик хроматографического анализа, приводится краткая справка по истории возникновения и развития хроматографических методов.

В разделе, посвященном **геологии района**, приведены сведения о стратиграфии, тектонике и магматитах региона, определяющие выбор методики изучения углеводородов. В современном структурном плане Варангер-Тиманский пояс представляет собой щитовую часть основания Печорской плиты. В его осевой части в виде отдельных гряд (полуострова Средний, Рыбачий и Канин, Северный Тиман, Четласский Камень, Вымско-Вольская гряда, Оч-Парма, Джежим-Парма, Ксенофонтово) обнажаются выступы байкальского, или рифейского, фундамента, т.е. нижнего структурного этажа (или основания) Печорской и Баренцевоморской плит.

В целом, в изучаемом районе преобладают породы рифея, сложенные вулканогенно-осадочным материалом, претерпевшим метаморфизм в зеленосланцевой, а местами в эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фациях. Часто встречаются кварциты, углисто-слюдистые сланцы. Также встречаются тёмно-серые и черные разновидности сланцев, что обусловлено большими содержаниями углеграфитового материала. В целом породы плотные, скальные, плохо поддаются дроблению, что имело определяющее значение для выбора методики.

Наблюдаемые на Тимане ортогональные разломы прекрасно фиксиру-

ются на Северном и Среднем Тимане по дайкам лампрофиров, имеющим широтное или долготное простирание. По геофизическим данным выявлены скрытые древние перикратонные разломы, проходящие под осадочным чехлом к юго-западу от Тимана. К диагональным разломам, чаще продольным относительно Тимана, приурочены внедрения основных и кислых магматических расплавов, щелочные метасоматиты, кварцевые и кварцполевошпатовые жилы. [Кочетков О.С., 1984] Так же встречаются проявления ультраосновного и щёлочно-кислого магматизма. К наиболее древним магматическим породам относятся пластовые и дайковые метадиабазы и метагаббро, сопровождаемые туфогенными породами Северного и Среднего Тимана, а также полуострова Канин, которые были метаморфизованы вместе с вмещающими породами, а затем были прорваны гранитами и базитами. На территории Тимана встречаются проявления щелочного метасоматизма и сиенит-гранитового магматизма. Также крупные тела гранитов отмечаются в районе Южного Тимана.

В разделе **хроматографические методы изучения вещества** даётся характеристика выбранных методов анализа. Для выявления миграции следует проследить изменения компонентного состава углеводов в разных горизонтах, причём не обязательно знать весь состав, достаточно определить относительные содержания маркеров процесса разложения УВ - непредельные углеводороды. Для выполнения задачи изучения состава лучше всего подходит относительно «молодой» метод газовой хроматографии – термический, сочетающий в одном приборе простоту пиролиза и хроматографии. Стандарт проведения термогазохроматографии был дополнен и переработан специалистами ухтинского филиала ООО «Газпром ВНИИГАЗ» - «Севернипигаз» Латышевым А.А., Огданец Л.В. и Карначёвым Д.В., и аттестован в ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева». Свидетельство об аттестации №242/67-08 от 30.07.2008 года.

Особенность метода термогазохроматографии по сравнению с остальными подобными методами лежит в выполнении задачи по выделению сор-

бированных газов из пород. Как известно, при стандартном пиролизе из породы выделяются все газы, заключенные в ней. Для углеводородов интересующей нас серии C_1 - C_5 температурные интервалы пиролиза колеблются от 80°C до 220°C . Таким образом, нагревание образцов до необходимой температуры позволяет высвободить нужные для анализа газы. При этом необходимо соблюдение условий плавного нагревания и равномерного газоотделения.

Если первое условие реализовывалось с помощью термостата и печи, то второе потребовало некоторых изысканий, в результате которых сотрудниками филиала ООО «Газпром ВНИИГАЗ» – «Севернипигаз» была создана приставка к хроматографу, получившая название «термодесорбер». Согласно ТУ 12897202-11-09-2008 были соблюдены все необходимые температурные условия для её работы. Термодесорбер представляет собой U-образную петлю-реактор объемом $0,5\text{ см}^3$, объединённую с печью и обеспечивающую температуру нагрева навески до $(200\pm 2)^\circ\text{C}$. Изучаемый образец дробится до фракции $0,25$ - $0,5\text{ мм}$, что многократно увеличивает площадь газоотделения, полученная фракция засыпается в петлю-реактор. При последующем плавном нагревании в течение 15 минут до температуры 180°C происходит высвобождение сорбированных газов, после чего они выпускаются в колонку хроматографа.

В результате анализа определяются следующие параметры состава УВ:

1. $\lambda_i^{\text{лфгсг}}$ ($\text{мм}^3/\text{г}$) – отношение объёма определяемого компонента к массе навески;
2. $X_i^{\text{лфгсг}}$ (%) – объёмная доля определяемого компонента в ЛФГСГ (легкой фракции глубоко сорбированного газа);
3. $Z_i^{\text{лфгсг}}$ ($\text{мм}^3/\text{г}$) – отношение объёма i -того ЛФГСГ к массе навески измельчённого образца, находящейся в петле-реакторе.

Вторым методом, ориентированным на более тяжёлые углеводороды стала экстракция с последующей жидкостной хроматографией. Анализы проводились в лабораториях Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Данная

методика является наиболее удобной при анализе изменений состава углеводородов на границах сред, например, границе фундамент – осадочный чехол. Кроме того, сравнение данных о составе экстракционных вытяжек ХБА и СПБА даёт информацию об эпигенетической или пришлой природе углеводородов.

Во второй главе **Методология диагностики и анализа малых содержаний газов в породах фундамента** рассматриваются возможности изучения сорбированных породами УВ-газов методом ТГХ. Результаты данного метода нами были использованы для теоретических изысканий, главным образом, путём введения показательных коэффициентов, свидетельствующих о природе нахождения УВ в породах. Таковые носят название «коэффициентов превращения нефти». Нами создана оценочная система, состоящая из определённых коэффициентов и их соотношений. Предлагаются следующие коэффициенты:

1. $\sum C_n H_{2n+2} / \sum C_n H_{2n}$ – отношение суммы предельных углеводородов к сумме соответствующих непредельных, без учёта содержаний метана и пентанов. Это самый очевидный критерий, позволяющий оценить активность процессов деструкции УВ при их восходящей миграции. Вычисляется по формуле:

$$\sum C_n H_{2n+2} / \sum C_n H_{2n} = (C_2H_6 + C_3H_8 + iC_4H_{10} + nC_4H_{10}) / (C_2H_4 + C_3H_6 + C_4H_8) \quad (1)$$

Процесс восходящей миграции вызван разницей в барических условиях (максимальные давления в нижних горизонтах, минимальные – в верхних приповерхностных), это верно как для биогенной, так и для абиогенной гипотез происхождения нефти. При вертикальной, восходящей миграции разница давлений будет огромной, что естественным образом приведёт к разрушению длинных цепочек ТУВ. Наличие избытка непредельных УВ однозначно указывает на подобный процесс разрушения, происходящий в условиях недостатка атомарного водорода. Чем крупнее масштабы процессов деструкции, тем большее количество непредельных углеводородов будет найдено при анализе. При горизонтальной миграции изменения в составе угле-

водородных флюидов будут незначительны, так как барические условия будут меняться в незначительных пределах. Следовательно, предлагаемый коэффициент будет увеличиваться в большую сторону. Наличие пиков содержания олефинов на хроматограммах возможно лишь при восходящей миграции, таким образом, если сумма всех предельных газов окажется меньше суммы непредельных УВ, то восходящий ток имеет место быть.

Предлагаются следующие числовые значения коэффициента:

- >1 – сумма предельных УВ больше, т.е. газы являются реликтовыми, относящимися к давно сформированной залежи, не имеющей свежего подтока вещества в силу разных причин;
- <1 – сумма предельных УВ меньше, т.е. газы являются пришлыми, свидетельствующими о наличии миграционного подтока;
- $<0,01$ – сумма непредельных УВ многократно больше, т.е. изучаемые газы имеют отношение к наиболее «свежему» восходящему миграционному подтоку, являясь его частью.

Ранее подобные коэффициенты объяснялись следующим образом: наличие непредельных УВ было детектором уплотнённых пород [Методика..., ТП НИЦ, Ухта, 2000 г.]. Разуплотнённые породы содержали преимущественно предельные УВ. Однако с набором соответствующей научной базы, эти выводы были поставлены под сомнение. В качестве примера стоит привести известнейшее Штокмановское месторождение, находящееся в разуплотнённых породах, но имеющее пики содержаний непредельных УВ в своём компонентном составе. А приуроченность его северной окраины к глубинному разлому указывает на восходящий путь миграции УВ-флюида.

2. $\text{CН}_4/\sum\text{C}_{2+}$ – отношение содержания метана к сумме содержаний остальных предельных углеводородов с длиной цепи в 2 и более атомов углерода. Расчётная формула:

$$\text{CН}_4/\sum\text{C}_{2+} = \text{CН}_4 / (\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_8 + \text{C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_5\text{H}_{12}) \quad (2)$$

Этот критерий базируется на соображении о роли метана в процессе миграции и накопления УВ. Т.к. метан является своеобразной реакционной

единицей в подобных процессах, резонно предположить, что избыток метана тесно связан с процессами деструкции УВ, что, как правило, и происходит в процессах вертикальной миграции.

Для коэффициента предлагаются следующие рамки:

- $>0,5$ – содержание метана больше, т.е. наличие газов является результатом относительно недавнего процесса деструкции «свежего» мигрирующего флюида;

- $<0,5$ – содержание предельных УВ с большей длиной цепи преобладает, т.е. газы некоторое время уже не связаны с миграционным подтоком.

Относительно этого коэффициента стоит сделать оговорку – применение его при поиске месторождений не рекомендуется, т.к. состав месторождений сильно варьирует (газы, нефть). При его использовании важно понимать, что состав флюида сильно зависит от состава пород, через которые осуществлялась миграция, а также от времени самого процесса накопления.

3. $\sum C_i / \sum C_n$ – отношение суммы изомеров бутана и пентана к сумме этих УВ с нормальной цепью.

$$\sum C_i / \sum C_n = (iC_4H_{10} + iC_5H_{12}) / (nC_4H_{10} + nC_5H_{12}) \quad (3)$$

Явление изомеризации всегда сопровождается повышенным давлением, в результате которого углеродная цепь, компенсируя нагрузки, меняет строение. Т.о., наличие изомеров говорит нам о повышении давления в пласте, что может быть симптомом задержки флюида в процессе миграции. В определённых условиях это может являться признаком начала формирования углеводородной залежи. В совокупности с первым коэффициентом таковой даёт возможность определить сравнительный возраст флюида. При повышенном содержании изомеров и пиках непредельных УВ вывод очевиден – имеет место очень молодой флюид, попавший в условия накопления, т.е. залежь на ранних этапах формирования.

Предлагаются такие цифровые рамки для третьего коэффициента:

- >1 – в составе преобладают изомеры, т.е. флюид находится в пределах зоны расположения сформированной залежи УВ;

- $>0,25$ – изомеров УВ достаточно много, т.е. газы относятся к месту задержки, имеющему повышенное давление в связи с наличием подтока вещества;

- $<0,25$ – нормальных УВ заметно больше, т.е. общие содержания газов являются стабильными, не связанными с избыточным напорным фронтом. В совокупности с малым вторым коэффициентом может интерпретироваться как более древний флюид.

Данные коэффициенты позволяют более полно и детально оценить генезис УВ-флюида, позволяют заметить тенденции к накоплению залежи, опишут условия её существования.

В третьей главе **Изучение вещественного состава углеводородных газов Варангер-Тиманского комплекса байкалид** приводится характеристика изученных вышеописанным методом образцов пород байкальского фундамента с разных территорий: полуостровов Рыбачий, Средний, Канин, а так же с Северного, Среднего и Южного Тимана.

В основу исследования легли ранее полученные данные о наличии в метаморфизованных породах неизменённых битумоидов. Органическое вещество, содержащееся в породах изначально, должно было быть подвержено метаморфизму, и изменено до состояния углеграфита-графита. Наличие неметаморфизованных свободных битумоидов свидетельствует об их привнесённом характере, т.к. температура протекавших процессов метаморфизма (более 400°C) ликвидирует возможность сохранения первичных молекулярных форм УВ, и способствует их переходу в углеграфит и графит.

Для пилотного исследования были отобраны 6 образцов: 4 с района полуостровов Средний и Рыбачий (143/1к, 2к/14, 2к/5, 31/1), и 2 образца (N1, N3) с Курьинской площади (южная часть Троицко-Печорского района). Первые представляют собой габбро-норит, черный сланец, образец серого кварцита и серый доломитовый мрамор с включениями кальцита. Образцы, отобранные с Курьинского поднятия, представляют собой серые серицит-хлоритовые сланцы. Результаты термогазохроматографии показаны на гра-

фиге 1. Мы выделили следующие закономерности:

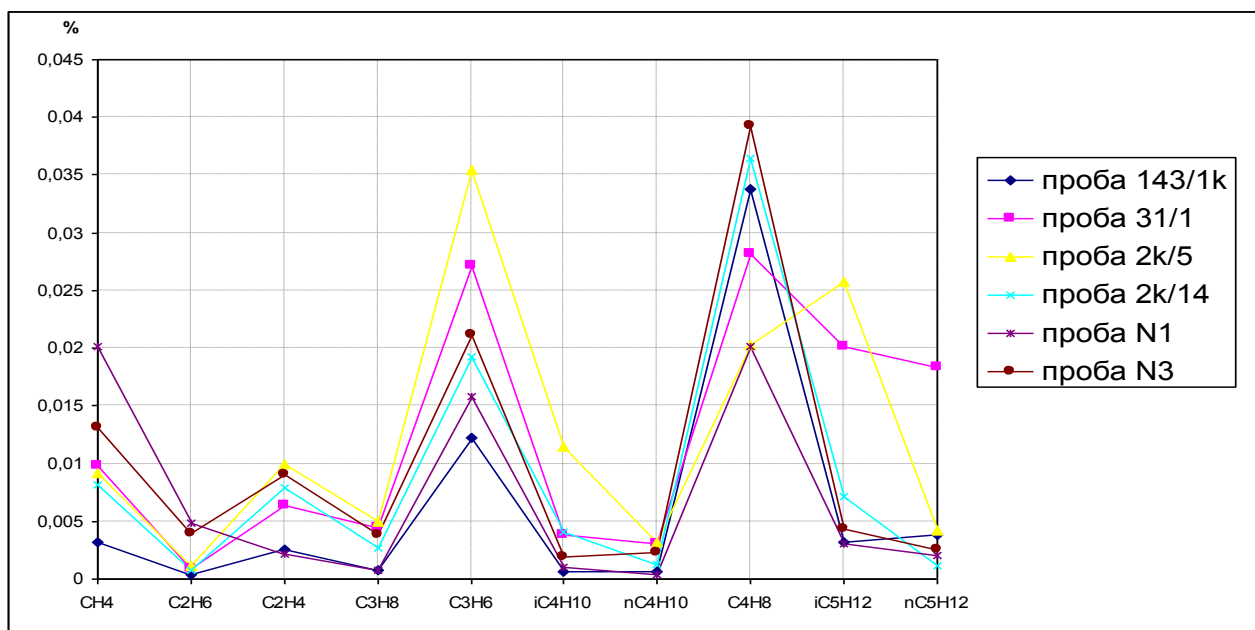
- одинаковый характер кривой содержаний УВ в породах для всех образцов свидетельствует о сходной природе происхождения данных УВ;

- содержание алкенов C_2H_4 , C_3H_6 и C_4H_8 является доминирующим, а остальные углеводороды серии содержатся в относительно небольшом количестве, что является прямым указанием их миграционного происхождения;

- содержание метана в породе по отношению к содержанию остальных УВ невелико, для образцов с Курьинского поднятия наблюдается заметные пики, что, видимо, обусловлено принадлежностью образцов более молодому герцинскому фундаменту (см. главу 5);

- для образцов с полуострова Средний установлены относительно повышенные содержания изо-пентана и н-пентана.

График 1. Распределение углеводородов серии C_1-C_5 в исследуемых образцах (в %)



Таким образом, УВ-флюид, содержащийся в байкалидах Варангер-Тиманского пояса однозначно имеет связь с каким-либо более глубинным источником.

В четвёртой главе **Особенности поведения восходящих газовых эманий в зависимости от вмещающей породы** характеризуются зависимости в поведении УВ-флюида от состава вмещающих пород.

Для анализа были взяты образцы керна метасланцев фундамента и перекрывающих пород девона из скважин 2 и 3, расположенных на Крохальской структуре и прошедших 400 м по породам фундамента. На рисунке 2 представлены типичные хроматограммы ХБА для изучаемых образцов.

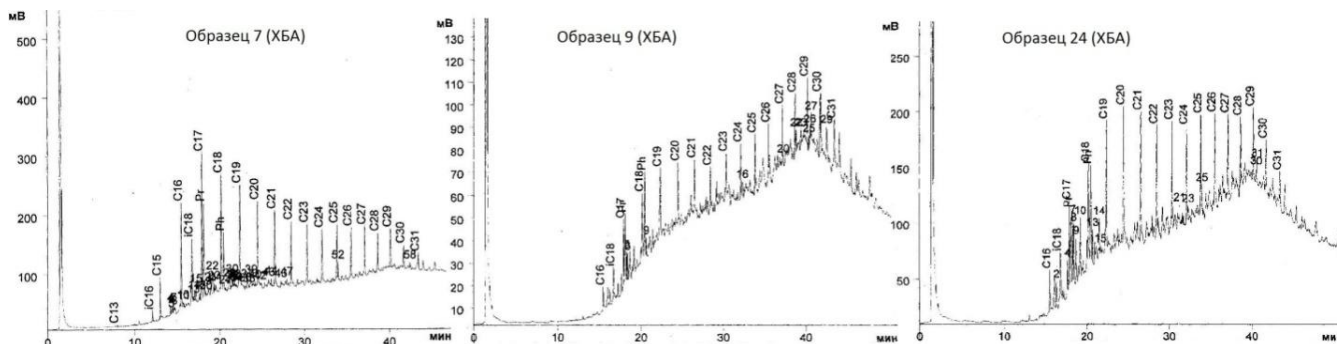


Рисунок 2. Хроматограммы ХБА образцов 7 (пелитолит), 9 (базальт), 24 (тёмно-серый метасланец) Крохальской структуры

Изучая полученные для Крохальской структуры результаты, можно выделить ряд закономерностей:

1. Для пород байкальского фундамента с больших глубин свойственна тенденция к выравниванию концентрации ТУВ (мало- и высокоуглеродистых). Кроме того, максимум окристаллизованности тяжёлых УВ сдвигается от C_{21-22} к C_{25-28} , растёт степень окристаллизованности ТУВ.

2. Для вскрытых скважиной 2 базальтов характерны в целом равные значения содержаний ТУВ по разрезу. С глубиной лишь происходит появление высокоуглеродистых ТУВ группы C_{29-31} , максимум окристаллизованности УВ сдвигается от C_{18} к C_{25-26} (подобно фундаменту).

3. Для ТУВ образца базального аргиллита и пелитолита позднедевонского возраста характерны следующие данные – высокая степень окристаллизованности ТУВ, малые значения содержаний высокоуглеродистых УВ, в большом количестве присутствуют УВ группы C_{13-15} .

Из приведённых данных можно довольно полно представить процессы, происходящие на границе фундамент – осадочный чехол. Если предположить восходящий характер флюидов, мы получаем следующие выводы о поведении УВ-газов с глубины к поверхности:

1. При переходе от метаморфических к осадочным породам происходит увеличение степени окристаллизованности ТУВ. При миграции по магматитам (девонские базальты) изменений не происходит.

2. Одновременно в процессе миграции высокоуглеродистые ТУВ инверсируются в малоуглеродистые, т.е. развивается процесс деструкции с освобождением метил-метиленовых структурных групп.

3. Затем нейтрализация структурных групп приводит к образованию метана. О чём говорят довольно внушительные пики его содержаний на хроматограммах.

Очевидно, всему процессу должны были способствовать достаточно высокая температура и, в определенной мере, каталитические способности глинистых минералов. Этот пример, несмотря на свою локальность, отражает очень важный процесс преобразования восходящих ювенильных УВ у контакта фундамента с осадочным чехлом, а именно их деструкцию и метанизацию. Тем не менее, для вышезалегающего базальта хроматограмма ТУВ снова близка по своей характеристике таковым из нижнего базальта и метасланцев фундамента, отражая тем самым возможность миграции ТУВ по трещинам без воздействия глинистого субстрата пелитолита на инверсию высокоуглеродистых ТУВ. Трещинный механизм объясняет состав Ярегских нефтей с позиций восходящей миграции УВ-флюида.

В пятой главе **Миграция углеводородного флюида в байкальском фундаменте и смежных горизонтах** рассматривается механизм миграции УВ-флюида в соответствующих породах.

Для проверки и подтверждения выводов, сделанных в 3-ей главе, были проведены дальнейшие хроматографические исследования образцов с разных точек байкальского фундамента Варангер-Тиманского пояса (в районах полуостровов Средний, Рыбачий, Канин, а также Тиманского кряжа). Избранные характерные результаты представлены в графике 2. Можно выделить следующие закономерности:

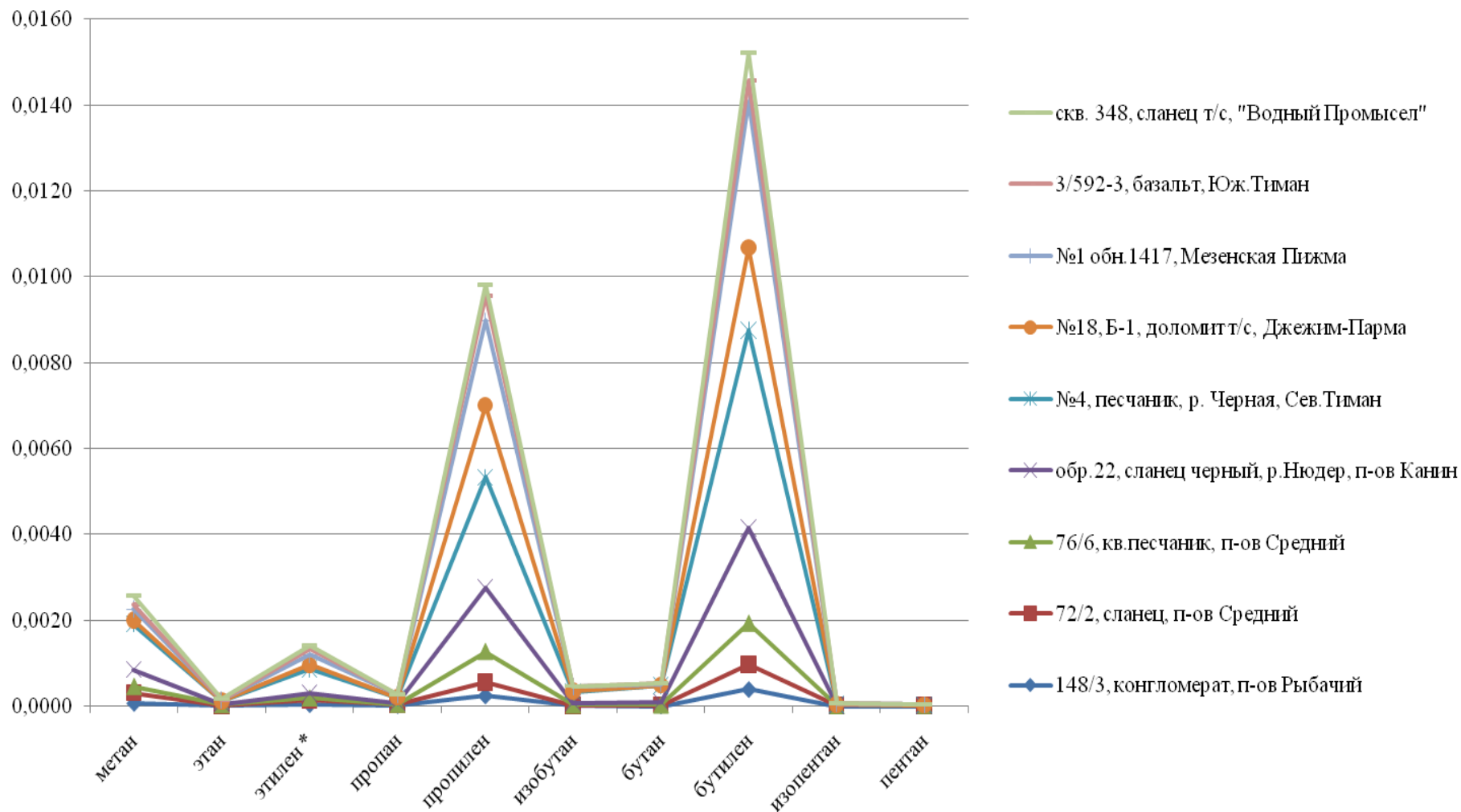


График 2. Показательные хроматограммы углеводородов, сорбированных породами байкалид Варангер-Тимана (в %).

- эпигенетический характер УВ подтверждён для всех образцов, включая и плотные, и разуплотнённые породы. Содержания непредельных УВ во всех образцах многократно превышают содержания остальных УВ, включая и метан;

- в целом схожий характер графиков содержаний УВ в породах для всех образцов подтверждает общую природу происхождения сорбированных УВ;

- для большинства образцов заметен небольшой пик содержания метана, что свидетельствует о текущей деструкции УВ;

- обращают на себя внимание сравнительно несколько меньшие содержания этилена к остальным непредельным УВ. Возможно, это признак связи с более глубинными ТУВ, т.е. исходными источниками для распада стали углеводороды с длиной цепи в 6 и более атомов углерода.

При анализе данных с различными коэффициентами получены следующие значения:

1. Значения $\sum C_n H_{2n+2} / \sum C_n H_{2n}$ колеблются от 0,05 до 0,0036. В соответствии с предлагаемой интерпретацией изучаемые газы имеют отношение к «свежему» миграционному току.

2. Показатели $CH_4 / \sum C_{2+}$ колеблются в диапазоне от 0,62 до 8,95, что однозначно доказывает протекающие процессы деструкции более тяжёлых «пришлых» УВ.

3. Значения коэффициента $\sum C_1 / \sum C_n$ лишь для некоторых образцов с полуострова Рыбачий и Южного Тимана указывают на наличие зоны накопления флюида. В целом же параметр варьирует от 0,08 до 0,49.

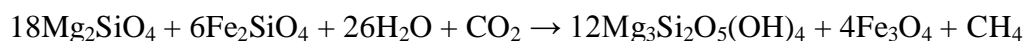
Рассматривая полученные значения в рамках теории о восходящей миграции, оттолкнувшись от геохимических расчётов устойчивости УВ Э.Б. Чекалюка, представленных в книге «Нефть верхней мантии Земли» и данных бурения Кольской сверхглубокой скважины СГ-3. Расчётным и практическим способом было подтверждено наличие УВ в более глубоких средах. При бурении Кольской сверхглубокой скважины СГ-3 ниже обсадной колонны из

катархейских метаморфических пород отмечается подток углеводородных флюидов в ствол скважины. Самый глубинный подток зафиксирован на глубине 11 км. По составу в нём преобладают тяжёлые УВ. Анализ состава подтекающего вещества показал характерную зависимость: чем выше располагается горизонт, тем меньше в нём содержится тяжёлых углеводородов, и соответственно тем больше в относительном количестве легких. Т.е. при восходящем движении углеводородов наблюдается разложение ТУВ на более лёгкие. Как известно, промежуточным результатом являются олефины, а сопутствующим – метан. При этом в хроматограммах с Кольского действительно наблюдался небольшой пик содержания метана.

В качестве примера – при температурах около 800°C происходят следующие превращения (Chang-jun Liu, and others. Fuel Processing Technology 58 (2-3): 119–134.):



Как видим, результатом подобной реакции является образование непредельных УВ и водорода с кислородом, а, как известно, олефины в соответствующих условиях очень быстро могут образовывать высокомолекулярные цепочки. Так же канадскими учёными в 2005 году расчётно доказана возможность образования метана в процессе серпентинизации (J. L. Charlou, J. P. Donval, и др., AAPG Research Conference, Calgary, Canada, 2005):



Наличие такого процесса легко объясняет повышенные содержания метана при дегазации метаморфических архейских пород. А учитывая процесс полимеризации, становится ясно, что подобные процессы вкуче могли способствовать пополнению флюида более лёгкими составляющими, что при делящейся миграции выразалось бы в мощных пиках метана и непредельных парафинов при общем преобладании тяжёлых УВ на хроматограммах. Этот процесс является циклом облегчения состава УВ при восходящей миграции.

С этих позиций мы можем расценить байкальский фундамент как базис одной из ступеней миграции УВ. Большая часть данной работы была посвя-

щена изучению состава УВ именно в породах данного возраста, в результате чего была выделена следующая особенность: в составе сорбированных газов преобладают непердельные УВ. В ходе комплекса исследований данный вывод был экспериментально подтверждён для всех пород комплекса, начиная с территории полуостровов Рыбачий и Средний, п-ова Канин и всего Тимана. Также в начале главы приведён вывод о том, что данный состав обусловлен типичным динамическим подтоком УВ вещества.

Главное отличие УВ фундамента от более глубинных формулируется так – изменение термобарических условий приводит к уменьшению длины углеводородной цепи посредством обратных процессов расщепления. Это является причиной большей распространённости непердельных углеводородов в байкалидах. Стоит оговориться, что большое значение имеет состав вмещающих пород, в частности, наличие некоторых химических элементов, которые могут послужить катализаторами, а с некоторых позиций и ингибиторами в реакциях преобразования УВ. Наличие в породах хрома, платины, окислов алюминия, титана и т.п. элементов увеличивает вероятность реакций полимеризации УВ, что в данном случае позволяет называть эти вещества ингибиторами, мешающими распаду высокомолекулярных УВ, происходящему в фундаменте. Наличие в байкалидах полуостровов Среднего и Рыбачего повышенных концентраций хрома подтверждено данными геохимической съёмки. На Тимане присутствуют бокситы, а Ярегское месторождение тяжёлой нефти залегает в древней титановой россыпи. Все эти моменты делают возможным серьёзное каталитическое влияние в процессах изменения состава УВ флюида при миграции вверх по разрезу.

Отдельной важной стадией миграции можно считать переходную зону – контакт фундамента и осадочного чехла. Именно на этой границе происходят основные изменения в фазовом составе флюида. В зависимости от состава вмещающей породы флюид может повести себя по-разному. В глинистых породах активнее происходит разрушение высокомолекулярных УВ. При близости к поверхности с тяжёлыми УВ, не успевшими разрушиться, проис-

ходит окисление с образованием твёрдых битумов, асфальтов. В некоторых случаях процесс идёт вплоть до образования антраксолитов. Подобные процессы обуславливаются каталитическими способностями глинистых минералов, а так же сильно возросшим воздействием внешних гипергенных процессов. Отдельного упоминания в этой схеме заслуживают магматические тела. В целом поведение УВ в них сопоставимо с поведением УВ в метаморфических породах фундамента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработаны и применены расчётные коэффициенты для интерпретации результатов термогазохроматографии сорбированных УВ-газов, указывающие на миграционный характер происхождения газов, а также на возможные признаки процессов накопления УВ.

2. Впервые для территории Варангер-Канино-Тиманского складчатоглыбового комплекса байкалид установлено наличие определённого парагенезиса сорбированных газов, включающих себя олефины в преобладающих количествах, метан и крайне низкие значения предельных УВ.

3. Описаны особенности миграции флюида на границе фундамент – осадочный чехол, включающие в себя поведение УВ в магматитах, метаморфических и осадочных породах.

4. Комплексное хроматографическое изучение пород способно предоставить значительные объёмы информации для изучения генетических особенностей УВ.

Перечень изданных работ по тематике диссертации

1. Лебедев И.И. О нефтегазоносности Варангер-Тиманского пояса байкалид. Кочетков О.С., Лебедев, И.И. Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. – 2013. – №1(13). – С. 63-68

2. Лебедев И.И. Опыт применения термической газовой хроматографии для диагностики малых содержаний газов. Лебедев И.И. Научно-технический вестник Поволжья. – Казань, 2013. – №5. – С. 82-85.
3. Лебедев И.И. Экстракция углеводородов из осадочных и осадочно-метаморфических пород (на примере района Южного Тимана). Лебедев И.И., Мильков И.С., Московкин Ю.Ю. VII международная молодежная научная конференция «Севергеозкотех-2006» [текст] : материалы конференции: в 3 ч. ; ч. 2 /под ред. Н. Д. Цхадая. – Ухта : УГТУ, 2006. – С. 263-266.
4. Геология углеводородных газов в породах фундамента Варангер-Тиманского пояса байкалит. Лебедев И.И. IX международная молодежная научная конференция «Севергеозкотех-2009» [текст] : материалы конференции: в 3 ч. ; ч. 2 /под ред. Н. Д. Цхадая. – Ухта : УГТУ, 2009. – С. 294-297.
5. К вопросу об органическом веществе в породах фундамента Варангер-Тиманской зоны. Лебедев И.И. Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североураль-ского сегмента: Материалы 18-й научной конференции (9-10 декабря 2009 г.) – Сыктывкар : Геопринт, 2009. – С. 87-91.
6. Лебедев И.И. О преобразовании мигрирующих битумоидов в зоне контакта фундамент-осадочный чехол (на примере Крохальской структуры Южного Тимана). Кочетков О.С., Лебедев И.И. Сборник научных трудов [Текст] : материалы научно-технической конференции (13-15 апреля 2010 г.) : в 3 ч. ; ч. 1 / под ред. Н. Д. Цхадая. – Ухта : УГТУ, 2010. – С. 149-151.
7. О преобразовании мигрирующих битумоидов в зоне контакта фундамент-осадочный чехол. Лебедев И.И. Инновации в нефтегазовой отрасли – 2010: тезисы докладов VII научно-практической конференции молодых учёных и специалистов филиала ООО «Газпром ВНИИГаз» в г.Ухта – Ухта : ВНИИГаз, 2010. – С. 5-6.
8. Миграция углеводородов как система. Лебедев И.И. Сборник научных трудов [Текст]: материалы научно-технической конференции (20-23 сентября 2011 г.) : в 3 ч. ; ч. 1 / под ред. Н. Д. Цхадая. – Ухта : УГТУ, 2011. – С. 105-108.

9. Лебедев И.И. К вопросу о нефтегазоносности Варангер-Тиманского пояса байкалид. Кочетков О.С., Лебедев И.И. Рассохинские чтения [текст]: материалы межрегионального семинара (3-4 февраля 2012 года) / под ред. Н.Д. Цхадая. – Ухта: УГТУ, 2012. – С. 145-147.

10. Лебедев И.И. К проблеме глубинной миграции УВ в условиях складчато-платформенного комплекса (на примере Варангер-Тиманского пояса байкалид) Кочетков О.С., Лебедев И.И. Тезисы докладов [Текст]: Межрегиональная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы разработки нефтяных месторождений» (ПечорНИПиНефть, 24-25 октября 2012). – Ухта, 2012. – 160 с.: 34-35 с.