

На правах рукописи



КОНДРАШОВА ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА

ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ АНОМАЛЬНО ЛЮМИНЕСЦИРУЮЩИХ
ПРОСЛОЕВ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО
ОСАДОЧНОГО БАССЕЙНА

Специальность 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков
полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск-2021

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ) в отделении геологии Инженерной школы природных ресурсов.

Научный руководитель: **Арбузов Сергей Иванович**
доктор геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник, профессор
отделения геологии Инженерной школы
природных ресурсов

Официальные оппоненты: **Ростовцева Юлиана Валерьевна**
доктор геолого-минералогических наук,
доцент, заведующий кафедрой нефтегазовой
седиментологии и морской геологии ФГБОУ
ВО «Московский государственный
университет имени М.В. Ломоносова» (г.
Москва)

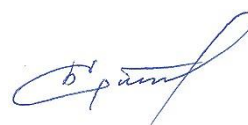
Летникова Елена Феликсовна
доктор геолого-минералогических наук,
профессор главный научный сотрудник
лаборатории литогеодинимики осадочных
бассейнов ФГБУН Институт геологии и
минералогии им. В.С. Соболева Сибирского
отделения Российской академии наук
(г. Новосибирск)

Защита состоится «24» ноября 2021 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета ДС.ТПУ.26 при ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по адресу: 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 2/5 (корпус 20, аудитория 504).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» и на сайте: dis.tpu.ru

Автореферат разослан «____» _____ 2021 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
К.Г.-М.Н.



Б.Р. Соктоев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Отложения баженовской свиты в настоящее время являются объектом пристального внимания исследователей и рассматриваются не только как уникальный объект и главная нефтематеринская толща для нефтегазовых месторождений Западной Сибири, но и как нетрадиционный коллектор и перспективный объект для добычи углеводородов в категории «сланцевая нефть». Кроме того, баженовская свита относится к черносланцевым толщам и также насыщена многими редкими элементами. За последние десятилетия изучения отложений свиты значительно увеличился объем и качество исследований в связи с применением комплекса различных современных научных методов, направленных не только на изучение нефтематеринских и коллекторских свойств, но и на углубленное изучение вещественного (минерального и химического) состава отложений, а также на историю и условия их формирования.

В связи с повышением интереса к исследованию свиты увеличился объем бурения с максимальным выносом отложений, что позволило получать новые данные о строении и составе отложений, их геохимических и минералогических особенностях.

В процессе изучения отложений свиты в юго-восточной части Западно-Сибирского осадочного бассейна автором были выявлены прослои с аномально ярким люминесцирующим свечением в ультрафиолетовом свете. При дальнейшем изучении отложений свиты подобные горизонты также отмечены и в центральной части бассейна.

Объект исследования: отложения баженовской свиты в центральной и юго-восточной части Западно-Сибирского осадочного бассейна (ЗСБ).

Предмет исследования: аномально люминесцирующие прослои в отложениях баженовской свиты, их химический и минеральный состав.

Цель работы: установить минералого-геохимические особенности состава и природу образования аномально люминесцирующих прослоев баженовской свиты в центральной и юго-восточной части Западно-Сибирского осадочного бассейна.

Задачи:

1. Выявление, картирование и опробование аномально люминесцирующих прослоев в отложениях баженовской свиты в центральной и юго-восточной частях ЗСБ;
2. Выявление закономерностей распределения изучаемых прослоев (в вертикальном разрезе и по латерали) в пределах баженовской свиты на изучаемой территории;
3. Комплексное изучение вещественного состава и строения прослоев физико-химическими методами и их типизация;
4. Определение природы образования аномально люминесцирующих прослоев на основе анализа вещественного состава и минералого-геохимических особенностей;

5. Выявление минералого-геохимических критериев определения природы аномально люминесцирующих прослоев;
6. Определение природы люминесцентного свечения прослоев с применением комплекса физико-химических методов;
7. Оценка перспектив научного и практического использования аномально люминесцирующих прослоев как реперных горизонтов.

Фактический материал и методы исследования:

Изучаемые прослои отмечены в 63 скважинах на 12 площадях/месторождениях в центральной части ЗСБ – Широтное Приобье и в 41 скважине на 30 площадях/месторождениях в юго-восточной части бассейна. Для опробования было выбрано 30 скважин, равномерно распределенных по территории исследования, в которых изучаемые прослои имеют наиболее интенсивное люминесцирующее свечение и достаточную для представительного отбора образца мощность.

Для изучения вещественного состава и особенностей строения исследуемых прослоев и вмещающих их пород применялся комплекс минералого-петрографических методов, включавший петрографическое изучение шлифов и методы рентгеновской дифракции (РФА) в лаборатории седиментологии АО «ТомскНИПИнефть». Определение наличия углеводородов, количественного содержания органического углерода и других параметров исследуемых пород проводилось пиролитическим методом в лаборатории геохимии и пластовых нефтей АО «ТомскНИПИнефть».

Для количественного определения химического состава исследуемых пород, содержания редких и радиоактивных элементов применялся метод многоэлементного инструментального нейтронно-активационного анализа, выполненный в ядерно-геохимической лаборатории Томского политехнического университета (ТПУ). Для полной комплексной оценки химического состава исследованных образцов горных пород были использованы методы атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, выполненные в аналитическом центре Дальневосточного геологического института ДВО РАН (г. Владивосток). Изучение минеральных форм элементов, акцессорных минералов и элементов-примесей проводилось на сканирующем электронном микроскопе в МИНОЦ «Урановая геология» (ТПУ). Термогравиметрический анализ и дифференциально-сканирующая калориметрия выполнены в ЦКП «Физико-химические методы анализа» (ТПУ). Изучение природы люминесценции прослоев включало в себя рентгенолюминесцентный и фотолюминесцентный анализы. Исследования проводились в ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» (ТГУ). Работы по изучению и характеристике органического вещества, экстрагирование образцов в различных жидкостях (хлороформ, спирт-бензол, ацетон) и ИК-спектроскопия проводились в ЦКП «Физико-химические методы анализа» и в Лаборатории исследования углей (ТПУ). Ультрафиолетовая спектроскопия проводилась в Институте химии нефти СО РАН в лаборатории физико-химических методов исследования.

Научная новизна:

1. Впервые в отложениях баженовской свиты в юго-восточной и центральной частях бассейна выявлены и прослежены прослой, люминесцирующие в ультрафиолетовом свете;
2. Впервые проведена типизация люминесцирующих прослоев на основе особенностей их минерального состава – выделены глинистый и кремнистый тип. Для каждого типа охарактеризован их минеральный, макро- и микроэлементный состав, а также особенности строения;
3. На основе минералого-геохимических данных доказана вулканогенная (пепловая) природа образования люминесцирующих горизонтов. Геохимические особенности указывают на умеренно кислый состав вулканогенного материала в прослоях глинистого типа и средний – для кремнистого типа, характеризующие разные вулканические события;
4. Выявленные типы прослоев соответствуют нескольким эпизодам пеплонакопления с ярко выраженным люминесцирующим свечением и разным минеральным и микроэлементным составом, закономерно распределенных по разрезу – измененные вулканогенные прослой глинистого типа приурочены к средней части разрезов, прослой кремнистого типа – к приподошвенной;
5. Установлена геохимическая специализация люминесцирующих прослоев глинистого типа, выраженная в накоплении группы литофильных редких металлов (Li, Th, Sr, Zr, Hf, Sn, Ta и легкие лантаноиды), свидетельствующая об источнике кислого состава. Аномально высокое содержание Th в прослоях глинистого типа в совокупности с особенностями строения прослоев является индикатором вулканогенной природы их формирования;
6. Установлено, что люминесценция горизонтов обусловлена органическим веществом (его компонентами) и металлорганическими комплексами.

Теоретическая и практическая значимость: Установленные минералого-геохимические особенности аномально люминесцирующих прослоев позволяют получить новые данные о вулканизме (его составе и специализации), отраженном в отложениях баженовской свиты на территории Западно-Сибирского осадочного бассейна и уточняют региональные закономерности формирования и распределения этих горизонтов на территории исследования. Выделенные прослой могут быть использованы в качестве маркирующих горизонтов для решения задач литостратиграфической корреляции ввиду их регионального распространения.

Степень достоверности результатов: Достоверность результатов работ обусловлена представительным отбором образцов для изучения, а также применением комплекса современных методов анализа минерального и химического состава.

Апробация работы и публикации: Результаты работы по теме диссертации докладывались на Международных и Всероссийских научно-практических конференциях: «Кустовая научно-техническая конференция

молодых специалистов ПАО «НК «Роснефть» (г. Сочи, 2016 г.), «Проблемы геологии и освоения недр» (г. Томск, 2017-2021 гг.), «Уральская минералогическая школа-2018» (г. Екатеринбург, 2018 г.), «9-th Mid-European Clay Conference (г. Загреб, 2018 г.), «Трофимуковские чтения-2019» (г. Новосибирск, 2019 г.), «Large Igneous Provinces through earth history: mantle plumes, supercontinents, climate change, metallogeny and oil-gas, planetary analogues» (г. Томск, 2019 г.), «Методы, методы и снова методы в литологии. 4-ая Всероссийская школа студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов по литологии (г. Екатеринбург, 2020 г.), XV Международная научно-практическая конференция "Новые идеи в науках о Земле" (г. Москва, 2021 г.).

Основное содержание и научные положения по диссертации изложены в 14 опубликованных работах, в том числе 3 статьи опубликованы в рецензируемых научных журналах, цитируемых базой данных Scopus и Web of Science и входящих в перечень ВАК, и 1 статья опубликована в журнале 1 кварття.

Исследование данной темы было начато автором в 2016 г. Основная часть работ выполнялась в рамках реализации гранта РФФИ «Выяснение природы образования, минералогических и геохимических особенностей состава аномально люминесцирующих глинистых прослоев баженовской свиты и их прикладного значения в литостратиграфии баженовской свиты Западно-Сибирского осадочного бассейна» (№ 19-35-90008, «Аспиранты»).

Защищаемые положения:

1. В отложениях баженовской свиты в центральной и юго-восточной части Западно-Сибирского осадочного бассейна выявлены и прослежены на территории более 200 тыс. км² прослой с ярким аномально люминесцирующим свечением в ультрафиолетовом свете. Прослой характеризуются уникальным минералого-петрографическим составом, отличающимся от вмещающих пород, и представлены 2 типами – *глинистым* (каолинит/смешаннослойным иллит-сметтитовым) и *кремнистым*.
2. Минеральный и химический состав аномально люминесцирующих прослоев доказывает их первично вулканогенную (пепловую) природу. Геохимические особенности указывают на умеренно кислый состав вулканогенного материала в прослоях глинистого типа и средний – для кремнистого типа. Строение, минеральный и микроэлементный состав, специфика люминесценции, а также их выдержанность на значительной территории позволяет использовать выделенные горизонты в качестве региональных реперов для отложений баженовского времени.
3. Природа люминесценции изучаемых горизонтов связана с особенностями преобразования минерально-компонентного состава осадков под влиянием вулканогенного материала и обусловлена органическим веществом (его компонентами).

Личный вклад автора заключался в постановке цели и задач исследования, в обосновании и выборе методов исследования, а также в непосредственном выполнении комплекса исследовательских работ. Автор

участвовал в выявлении и опробовании люминесцирующих прослоев и вмещающих их пород, в подготовке проб для аналитических исследований, в лабораторных исследованиях и в обработке полученных данных. Автор лично провел изучение вещественного состава люминесцирующих прослоев и вмещающих их пород методами рентгенофазового и петрографического анализа, принимал непосредственное участие в исследованиях на электронном микроскопе. Автор провел анализ полученных результатов, выполнил их интерпретацию и сформулировал итоги исследований в виде защищаемых положений.

Структура и объем работы. Диссертация объемом 151 страница состоит из введения, 6 глав, заключения и списка литературы из 211 источников. Работа содержит 76 рисунков и 14 таблиц.

Основное содержание работы

Во **введении** обоснована актуальность темы и проведенных исследований. Определены цель и задачи диссертационной работы, показаны основные результаты, представлена научная новизна, теоретическая и практическая значимость, обозначен личный вклад автора и апробация работы. В **первой главе** представлен обзор истории исследования, геологии, литологии и геохимии баженовской свиты в целом, а также характеристика объекта изучения на территории исследования. Во **второй главе** приведены сведения о методике пробоотбора, реестр образцов и схема расположения изучаемых объектов, список и краткая характеристика аналитических методов исследования. В **третьей главе** представлены данные о вещественном составе люминесцирующих прослоев и вмещающих их отложений – минералого-петрографическая характеристика. В **четвертой главе** дается геохимическая характеристика прослоев и вмещающих их отложений. В **пятой главе** рассматривается вопрос о природе образования изучаемых люминесцирующих горизонтов. В **шестой главе** рассмотрен вопрос о природе люминесценции изучаемых горизонтов. В **заключении** перечислены основные результаты и выводы по диссертационной работе.

Благодарности. Автор выражает глубочайшую признательность научному руководителю доктору геолого-минералогических наук, профессору отделения геологии ТПУ Сергею Ивановичу Арбузову и научному наставнику кандидату геолого-минералогических наук, начальнику сектора литологии АО «ТомскНИПИнефть» Михаилу Викторовичу Шалдыбину за вовлечение в науку, методическую помощь, ценные указания и поддержку при выполнении диссертационной работы. За ценные советы, консультации и помощь в проведении научно-исследовательских работ автор благодарит А.В. Глотова, О.В. Бетхер, И.В. Вологдину, В.П. Иванова, С.С. Ильенка, Б.Р. Соктоева, Г.Г. Кравченко, И.В. Гончарова, В.В. Самойленко, П.В. Трушкова, Р.С. Кашапова, Н.В. Обласова, сотрудников лабораторий Седиментологии, Геохимии и пластовых нефтей, Физики пласта, Сбора и обработки керна АО «ТомскНИПИнефть», начальника Управления лабораторными исследованиями керна А.Г. Скрипкина, ученого секретаря АО

«ТомскНИПИнефть» А.Г. Чернова, сотрудников отделения геологии НИ ТПУ, а также М.Ж. Wilson, L. Wilson, Ю.М. Лопушняка, Е.В. Степанову и А.А. Иванова, за проявленный интерес и помощь в исследованиях.

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

1. В отложениях баженовской свиты в центральной и юго-восточной части Западно-Сибирского осадочного бассейна выявлены и прослежены на территории более 200 тыс. км² прослой с ярким аномально люминесцирующим свечением. Прослой характеризуется уникальным минералого-петрографическим составом, отличающимся от вмещающих пород, и представлены 2 типами – глинистым (каолинит/смешаннослойным иллит-сметтитовым) и кремнистым.

Изучение керна баженовской свиты центральной и юго-восточной частях Западно-Сибирского осадочного бассейна в ультрафиолетовом свете (УФ) выявило наличие единичных тонких прослоев с аномальным ярким (желтым, оранжево-желтым) свечением (рис. 1). Прослой имеют разную интенсивность свечения (от слабой до сильной), но при этом отчетливо выделяются на фоне «обычных» пород свиты.

Выделенные прослой по внешнему облику (морфологии) разделены на две группы: I группа – единичные прослой мощностью от 0,2 до 1 см (рис. 1А). Суммарная мощность таких прослоев в разрезе скважины в среднем составляет 2-4 см. II группа представляет собой ритмичное переслаивание, состоящее из тонких люминесцирующих слойков и слойков без свечения, обогащенных органическим веществом с суммарной мощностью в среднем от 6 до 15 см (рис. 1Б). В ряде скважин мощность достигает 30-45 см. В пределах разреза одной скважины нередко отмечается одновременное нахождение прослоев разных групп. При этом прослой I группы всегда находятся выше по разрезу, чем прослой II группы. Расстояние между группами составляет 1,5-10 м (рис. 1В).

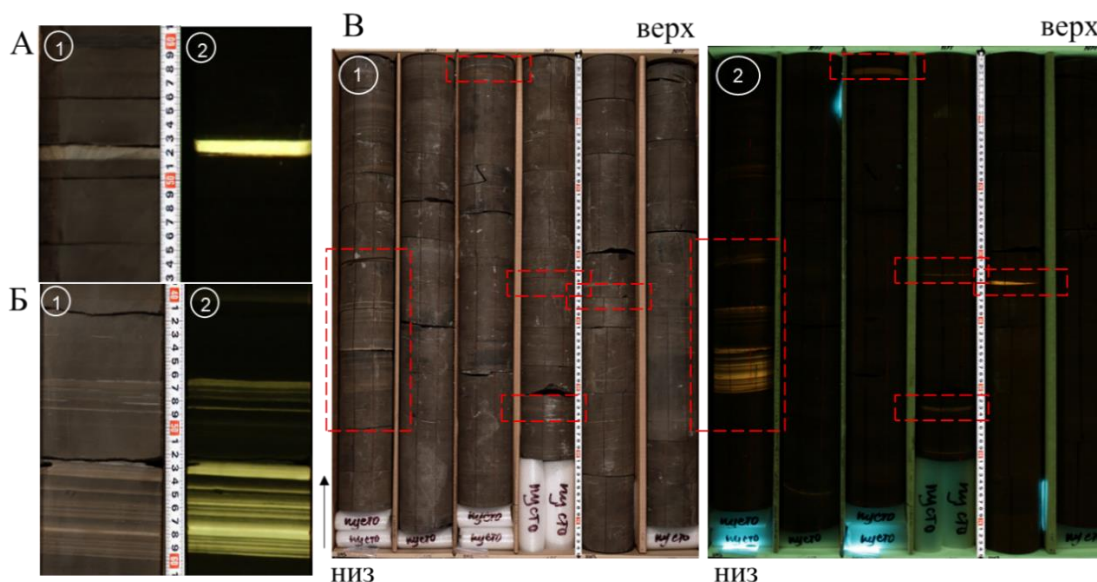


Рисунок 1. Аномально люминесцирующие прослои в отложениях баженовской свиты. А – прослои I группы, Б – прослои II группы, В – распределение аномально люминесцирующих прослоев в разрезе скважины. Фотографии керна в дневном (1) и УФ (2) свете.

Такие прослои с яркой люминесценцией отмечены на 42 площадях/месторождениях (более чем в 100 скважинах) в центральной и юго-восточной частях бассейна (Томская область и ХМАО), вскрывающих отложения свиты на территории более 200 тыс. км² (рис. 2). Подобные прослои с яркой люминесценцией в породах баженовской свиты в центральной части бассейна (Среднее Приобье) за последние несколько лет выявлены и описаны в ряде работ (Панченко и др., 2015, 2021; Оксенойд, Булатов, 2018; Бумагина и др., 2018; Булатов и др., 2021). Следует отметить, что на изучаемой территории в юго-восточной части бассейна люминесцирующие горизонты автором выделены и описаны впервые.

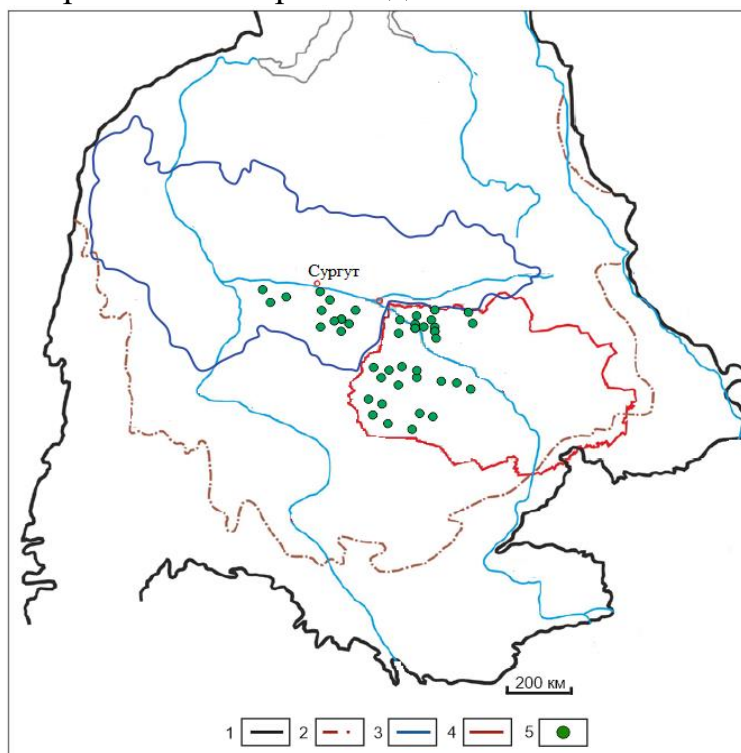


Рисунок 2. Схема распределения площадей (месторождений) с выделенными люминесцирующими горизонтами на территории Западно-Сибирской плиты. 1 – границы Западно-Сибирской плиты; 2 – граница распространения юрских отложений; 3 – территориальная граница ХМАО; 4 – территориальная граница Томской области; 5 – площади с выявленными люминесцирующими прослоями.

Изучение минерального состава прослоев I группы показало, что они являются *глинистыми породами (аргиллитами)* с примесью разномзернистого алевроитового (до псаммитового) обломочного материала. Основная масса сложена спутанно-волокнуистым глинисто-гидрослюдистым материалом. Среди обломочной части отмечаются остроугольные, копьевидные зерна кварца, таблитчатые зерна полевых шпатов (ПШ), мало подверженные

постседиментационным преобразованиям, а также включения пирита и обломки пород (рис. 3а).

Для прослоев II группы характерно тонкое ритмичное чередование (до 1-2 мм) параллельных горизонтальных слоев серых, коричнево-серых люминесцирующих пород и темно-серых до черных глинисто-кремнистых пород (баженовитов) (рис. 3б). Породы представлены *алевролитами* кварцевыми разномасштабными с глинисто-гидрослюдистым цементом и *радиоляритами* в разной степени окремненными.

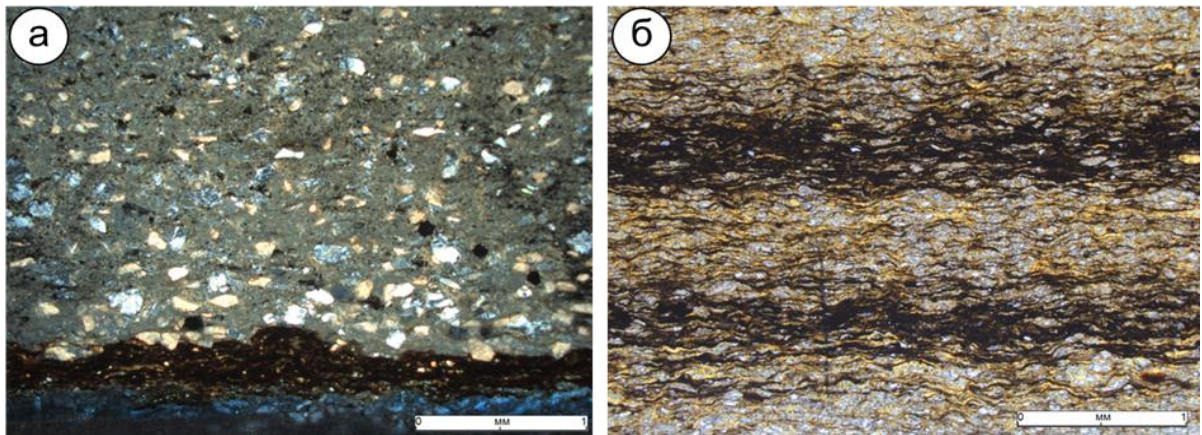


Рисунок 3. Микрофотографии пород изучаемых прослоев: а – I группа: структура породы, обломочные зерна кварца, ПШ, обломки пород в глинисто-гидрослюдистой основной массе, с анализатором, б – II группа: переслаивание люминесцирующих слоев алевролитов (светлое) и слоев с повышенным содержанием ОВ (темное), без анализатора.

Результаты рентгенофазового анализа подтверждают данные петрографических исследований (табл. 1). Изучение образцов I группы методом валового РФА показало, что в минеральном составе преобладают глинистые минералы – каолинит и смешаннослойные минералы (ССМ) ряда иллит-сметит. Породы I группы по преобладающей минеральной фазе разделены на 2 подтипа: подтип А – преобладающий минерал каолинит, подтип Б – основная фаза ССМ ряда иллит-сметит. Результаты изучения образцов II группы показали, что главным минеральным компонентом является кварц.

Таблица 1. Минеральный состав образцов люминесцирующих прослоев баженовской свиты, %

Группа прослоев	Тип прослоев	Каолинит	ССМ	Иллит	Кварц	ПШ	Карбонатные минералы	Пирит	Барит
I	Подтип А	60-80	10-30	1-2	1,5-6	1-5	1-2	3-5	1-5
	Подтип Б	3-20	60-80	1-3	1-5	2-15	0-1	3-5	1-5
II	-	1-2	-	1-2	70-90	1-7	1-3	1,5-6	-
Вмещающ.	-	1-3	3-5	5-15	50-60	2-20	1-5	6-10	-

Методом сканирующей электронной микроскопии в составе пород выявлены включения и агрегаты всех выше отмеченных минеральных компонентов, также выявлены микровключения фосфатных минералов и единичные кристаллы циркона. Фосфатные минералы обнаружены как в виде скрытокристаллических включений неправильной, округлой формы, так и в

виде отдельных кристаллов. Скрытокристаллические агрегаты, предположительно, имеют связь с биогенными остатками. По данным энергодисперсионных спектров отмечаются фосфаты кальция (фторапатит, хлорапатит) и в единичных случаях – редких земель и тория (монацит?).

Таким образом, по результатам проведенных минералогических и петрографических исследований аномально люминесцирующие прослои в баженовской свите отчетливо подразделяются на две группы. Породы I группы отнесены к *глинистому типу* и по преобладающей минеральной фазе дополнительно разделены на подтип А – преобладающий минерал каолинит и подтип Б – основная фаза смешаннослойные минералы ряда иллит-сметит. Породы II группы отнесены к *кремнистому типу*.

2. Минеральный и химический состав аномально люминесцирующих прослоев доказывает их первично вулканогенную (пепловую) природу. Геохимические особенности указывают на умеренно кислый состав вулканогенного материала в прослоях глинистого типа и средний – для кремнистого типа. Строение, минеральный и микроэлементный состав, специфика люминесценции, а также их выдержанность на значительной территории позволяет использовать выделенные горизонты в качестве региональных реперов для отложений баженовского времени.

По особенностям строения, текстурным признакам и вещественному составу аномально люминесцирующих прослоев можно предположить их первично вулканическую природу. Для каждого типа выделенных прослоев характерна более светлая окраска, четкие ровные границы с выше- и нижележащими отложениями. Отмечены остроугольные, копьевидные зерна кварца, реже таблитчатые зерна полевых шпатов. Выявлены обломки пород кремнистого состава, предположительно, раскристаллизованного стекла и обломки с фельзитовой микроструктурой (обломки кислых эффузивов).

Для прослоев глинистого типа характерно неравномерное, иногда градиционное (по направлению к границе слоя) распределение несортированного обломочного материала. На границе слоя отмечены угловатые зерна, врезанные и вдавленные во вмещающий нижний слой (рис. 4а). Существенно глинистый состав пород, структурно-текстурные особенности указывают на присутствие в осадке материала вулканического происхождения и последующего его постседиментационного преобразования. Породы глинистого типа отнесены к *глинистым туффитам*.

Для кремнистого типа пород таких отчетливых признаков присутствия вулканогенного материала не обнаружено. Породы почти нацело сложены кварцевым агрегатом, отмечаются лепидобластовые ориентированные зерна кварца и в подчиненном количестве глинисто-гидрослюдистый цемент. Предполагается, что породы претерпели существенное преобразование в процессах диа- и катагенеза и сейчас находятся на стадии метагенеза. Для пород характерны обломки кварцевого состава округлой формы (предположительно раскристаллизованное стекло), а также обломки с фельзитовой микроструктурой (предположительно эффузивы) обтекаемых

цементом и ОВ, также отмечаются угловатые, игольчатые зерна кварца (рис. 4б).

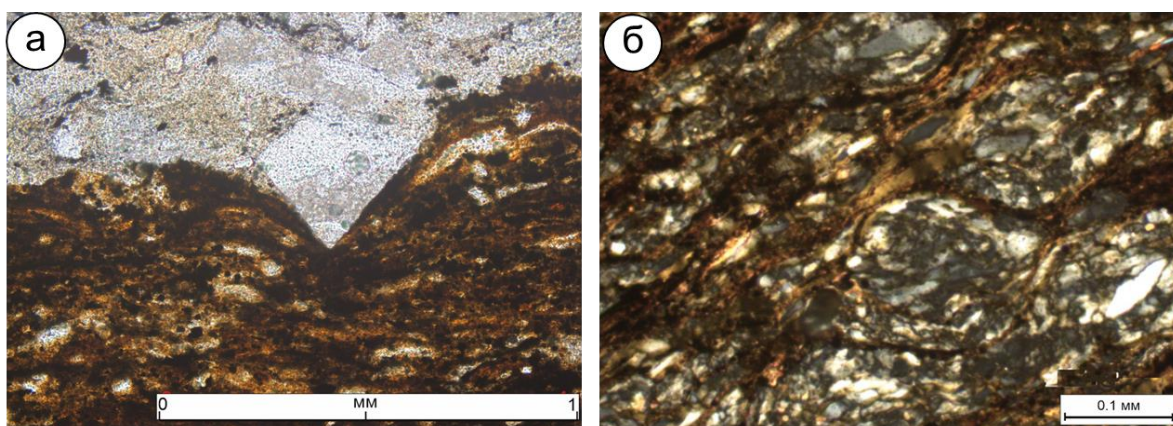


Рисунок 4. Микрофотографии шлифов аномально люминесцирующих прослоев. а – граница глинистого прослоя и вмещающих пород, врезание крупных обломочных частиц, без анализатора; б – обломки округлой формы, предположительно, раскристаллизованного стека, с анализатором.

Таким образом, косвенными признаками поступившего пирокластического материала в осадки является морфология прослоев (серии-ритмиты), низкое содержание ОВ и некоторые структурно-текстурные характеристики. По вещественному составу и структурно-текстурным признакам породы кремнистого типа отнесены к *туфосилицитам*.

При анализе полученных результатов исследований минерального состава и сопоставлении их с территориальным местонахождением изучаемых разрезов отмечено, что прослой с преимущественно каолинитовым составом характерны для разрезов юго-восточной части бассейна, а прослой со смешаннослойным составом – для разрезов центральной части. Выявленная территориальная закономерность распределения горизонтов отражает особенности осаднения вулканогенного материала, условия осадконакопления (гидродинамический режим, морфология дна бассейна и др.) и степень проработки постседиментационными процессами.

Результаты изучения химического состава аномально люминесцирующих прослоев и вмещающих их пород также свидетельствуют о признаках и влиянии вулканогенного материала в их образовании.

Анализ полученных результатов проводился путем сравнения данных со средними оценками содержания элементов в породах баженовской свиты (Рихванов и др., 2019; Гавшин и др., 1982), а также с кларком для глин и глинистых сланцев (Григорьев, 2003) (табл. 2).

Для вмещающих пород отмечены повышенные концентрации Zn, Mo, Ni, V и U. Выделенные микроэлементы являются показателями существенно-или высоковосстановительного режима (сероводородное заражение в иловых осадках), также многими исследователями отмечается связь накопления данных микроэлементов с содержанием ОВ в осадке (Ушатинский, 1984; Гавшин, 1996; Рихванов и др., 2015; Занин, 2016 и др.).

Таблица 2. Содержание химических элементов в исследуемых прослоях и вмещающих породах, г/т

Элемент	Кремнистый тип	Глинистый тип	Вмещающие породы	Рихванов и др., 2019	Гавшин, 1982	Григорьев, 2003
Li	20,4	77,6	21,8	29,9	н.д.	46,0
Be	0,41	0,98	1,80	<5	н.д.	2,80
Sc	4,05	11,2	14,2	12,5	9,1	15,0
V	159	607	615	347	539	120
Cr	36,4	19,6	77,3	74,7	78,0	76,0
Co	9,62	5,18	30,9	27,4	н.д.	19,0
Ni	107	35,6	325	162	291	47,0
Cu	41,5	74,1	131	99,0	132	36,0
Zn	168	103	848	447	678	52,0
Ga	3,49	12,3	13,4	14,1	н.д.	16,0
Ge	0,39	0,42	1,32	2,00	н.д.	2,00
As	5,98	33,9	16,6	30,3	45,0	9,30
Rb	14,9	16,4	64,2	65,7	90,0	130
Sr	119	418	364	301	н.д.	240
Y	11,0	12,3	38,2	26,6	н.д.	31,0
Zr	26,7	82,5	77,9	108	211	190
Nb	1,86	2,90	6,07	8,20	н.д.	11,0
Mo	91,9	34,1	245	152	122	1,6
Ag	0,26	0,60	0,92	<0,7	н.д.	0,20
Cd	3,59	1,78	17,0	11,40	н.д.	1,00
Sn	0,15	2,32	1,07	1,60	н.д.	3,50
Sb	2,26	3,83	7,32	4,80	6,90	1,00
Cs	1,12	3,60	5,00	4,90	н.д.	10,0
Ba	806	3788	1484	1995	2264	460
La	6,80	35,4	21,0	24,3	27,0	48,0
Ce	14,0	70,6	42,9	44,7	53,0	75,0
Pr	1,73	7,13	5,28	5,60	н.д.	10,0
Nd	8,20	22,8	24,6	23,2	н.д.	36,0
Sm	1,71	3,55	5,35	3,90	6,30	8,0
Eu	0,43	0,82	1,35	1,20	1,34	1,20
Gd	1,87	2,94	5,92	5,40	н.д.	5,80
Tb	0,22	0,38	0,78	0,70	0,89	0,83
Dy	1,64	2,20	5,36	4,50	н.д.	4,40
Ho	0,30	0,45	1,00	0,90	н.д.	0,70
Er	0,98	1,43	3,44	2,60	н.д.	1,90
Tm	0,13	0,20	0,43	0,40	н.д.	0,60
Yb	0,95	1,41	3,38	3,20	3,23	2,50
Lu	0,13	0,21	0,45	0,40	н.д.	0,39
Hf	0,66	5,07	1,70	2,60	3,10	5,00
Ta	0,17	1,58	0,40	0,30	0,55	1,40
W	0,39	0,69	0,95	1,20	н.д.	2,60
Tl	0,81	0,73	2,43	2,70	н.д.	0,01
Pb	4,56	36,3	15,7	15,1	н.д.	14,0
Th	3,51	62,8	7,08	6,20	6,30	10,0
U	22,1	39,2	60,0	38,3	35,7	4,5

Примечание: жирным шрифтом выделены повышенные содержания элементов в сравнении с вмещающими породами, н.д. – нет данных

Для пород глинистого типа повышенные концентрации в сравнении с вмещающими отложениями отмечаются для Li, Zr, Hf, Sn, Th, Pb, Ba, Sr, As и легких лантаноидов. Пониженные концентрации элементов характерны для Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Nb, Mo, U и Cd. Следует отметить аномально высокое накопление в глинистых прослоях литофильных редких элементов, вероятным источником которых могут быть лишь кислые магматические породы (вулканиты). Внутри глинистого типа прослоев (между подтипами А и Б) также отмечаются некоторые различия. Так, для образцов смешаннослойного иллит-сметитового состава (подтип Б) отмечаются повышенные в сравнении с подтипом А содержания Ba, Cu, Zn, Sr, Ga, As, La, Ce и Nd. Для пород каолинового состава (подтип А) относительно подтипа Б отмечается превышение в содержании Li, Ni и Mo. Для пород кремнистого типа содержание всех элементов ниже в 2-4 раза по сравнению с вмещающими породами, что может быть связано с их выщелачиванием в процессе эпигенеза. В данном типе пород относительно глинистых прослоев отмечаются пониженные концентрации практически всех элементов кроме Mo, Cd, Zn, Ni, Co и Cr.

Различия в накоплении элементов в изучаемых прослоях и вмещающих породах можно объяснить разным минеральным составом и низким содержанием органического вещества, а также резкой сменой условий осадконакопления в иловых водах. Такие условия могут быть вызваны синхронным поступлением в осадок вулканогенного пирокластического (пеплового) материала совместно с осадками нормальной морской седиментации. Поступление в осадок продуктов пеплового материала в связи с его повышенной реакционной способностью, а также присутствием в нем токсичных продуктов (As, Hg, Cd и др.) (Неручев, 1982) может влиять на продуктивность организмов вплоть до их массовой гибели, что объясняет низкое содержание органического вещества в исследуемых породах. Так, по результатам пиролизического метода, содержание Сорг. для люминесцирующих прослоев составляет 0,2–2,7 %, а для вмещающих пород содержание Сорг. варьирует от 5 до 18 %. Столь резкое снижение содержания Сорг. в осадках по сравнению с вмещающими породами может указывать на экстремальное падение биопродуктивности баженовского палеоморя и может являться следствием привноса в иловый осадок вулканогенного (пеплового) материала и его дальнейшим преобразованием. Как отмечалось выше, с органическим веществом баженовской свиты наиболее тесно связаны V, Cu, Ni, Mo и U. Именно этими компонентами обогащены изучаемые вмещающие породы и обеднены люминесцирующие прослои, вследствие разного (низкого) содержания ОВ.

Отдельно следует отметить характер распределения тория. Среднее содержание Th во вмещающих породах 7,8 г/т. Для пород кремнистого типа оно составляет 2,5 г/т (единичное значение 24,7 г/т). Для глинистых пород среднее содержание Th составляет 73,8 г/т. Концентрация Th в изучаемых глинистых прослоях в 8-11 раз превышает его содержание во вмещающих породах. Кларк Th в черных сланцах, по данным Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис,

составляет 7 г/т, аномальным считается его содержание свыше 10 г/т (Юдович, Кетрис, 2009). В связи с низкой миграционной способностью тория в зоне гипергенеза, его аномальное концентрирование может быть обусловлено либо накоплением акцессориев (россыпи), либо в составе вулканогенно-обломочного материала. Изучаемые глинистые прослои с аномально высоким содержанием Th имеют площадное распространение, простираются на сотни километров, имеют локальную выдержанную мощность (до 1 см) и могут являться следствием обширного пеплопада верхнеюрского времени. Маловероятна связь аномального накопления Th с обломочным материалом источников сноса – с кор выветривания и равномерное его распределение на такой обширной территории.

Для идентификации исходного состава вулканогенного материала используются химические элементы, относительно инертные в зоне гипергенеза - Al, Ti, Zr, Y, Nb, Sc, Ta, Th, а также различные модули и диаграммы. Для определения исходного состава измененного пеплового материала в работе был использован титановый модуль ($\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, TM), который служит индикатором петрофона основного или кислого состава. Среднее значение TM для выделенных горизонтов глинистого типа составляет 0,01. Для кремнистых пород и вмещающих пород – 0,04. По данным D.A. Spears и R. Kanaris-Sotiriou величина TM для риолитовой пирокластики не более 0,02, а для основного состава, наоборот, превышает 0,06. Промежуточные значения TM свидетельствуют о вкладе вулканического пепла среднего, либо щелочного состава (Spears, Kanaris-Sotiriou, 2012).

Для оценки происхождения и классификации измененного вулканического пепла применена классификационная диаграмма Дж.А. Винчестера и Р.А. Флойда, основанная на Zr/TiO_2 и Nb/Y отношениях (Winchester, Floyd, 1977). Исследуемые породы двух типов занимают на классификационной диаграмме поле, соответствующее риодацитам/дацитам, при этом породы кремнистого типа смещены ближе к полю андезитов (рис. 5).

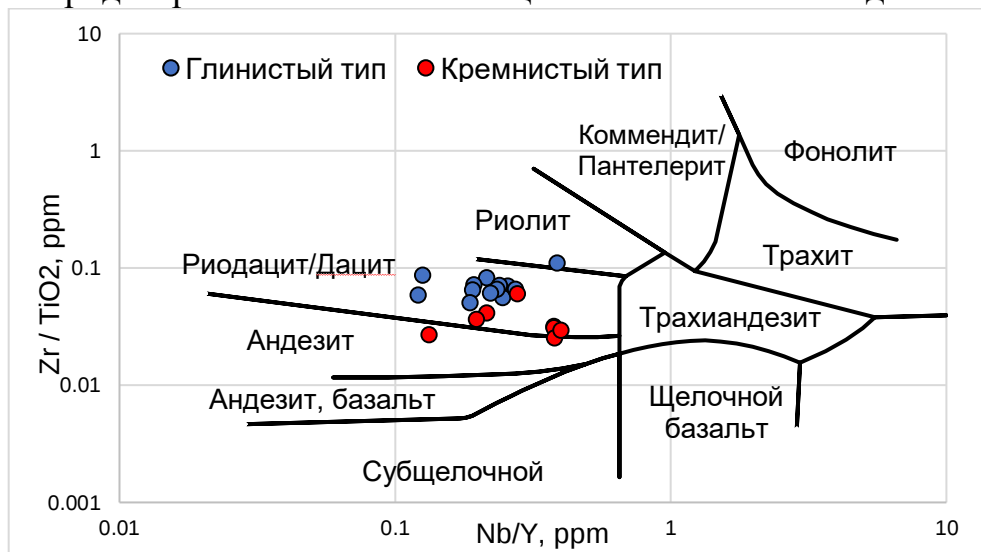


Рисунок 5. Положение изученных проб из аномально люминесцирующих прослоев на классификационной Zr/TiO_2 – Nb/Y диаграмме

О природе исходного вещества горных пород также можно судить по результатам изучения редкоземельных элементов (РЗЭ). Среднее содержание суммы РЗЭ в прослоях глинистого типа составляет 149,9 г/т, в прослоях кремнистого – 37,1 г/т, для вмещающих пород – 120,9 г/т. При изучении пород на электронном микроскопе РЗЭ отмечены в составе фосфатных фаз, предположительно, в монаците. В составе выявленных агрегатов отмечен Th. Следует отметить, что фосфатные включения чаще встречаются в прослоях глинистого типа. Характер кривых распределения средних значений РЗЭ в исследуемых прослоях двух типов и вмещающих породах свидетельствует о различном составе формирующего их исходного материала (рис. 6).

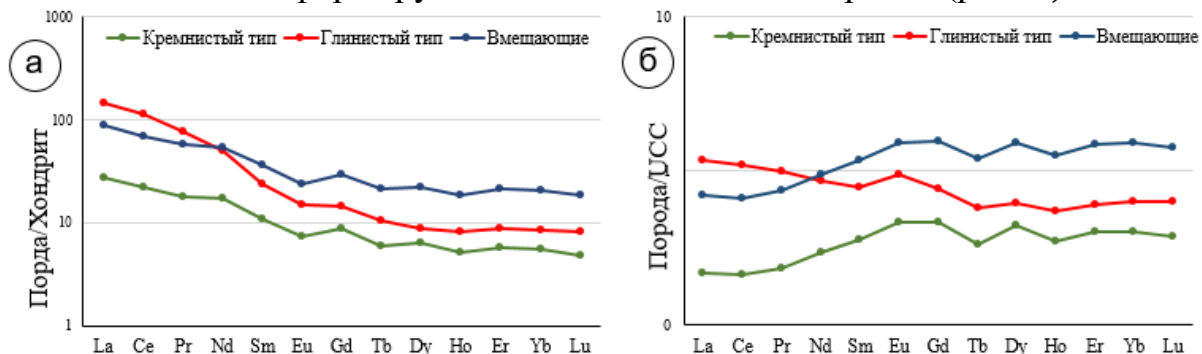


Рисунок 6. Нормированные графики распределения РЗЭ (по средним значениям) в исследуемых и вмещающих породах. а – Нормировано на хондрит (McDonough, Sun, 1995), б – Нормировано на кларк в верхней континентальной земной коре (UCC) (Taylor, McLennan, 1985).

Особенности распределения РЗЭ в прослоях кремнистого типа и вмещающих породах указывают на то, что породы формировались при значительной роли водных растворов (гидрогенное накопление), а материал для пород глинистого типа поступал в кластогенной форме (пепел?). Для глинистых пород распределение РЗЭ однотипное и отражает риодацитовый состав пеплов со слабоконтрастной отрицательной европиевой аномалией – $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,78$. Для вмещающих и кремнистых пород $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,76$.

Лантан-иттербиевое отношение в изученных прослоях изменяется в широких пределах от 6,3 до 34,6. Наименьшие значения La/Yb отношения характерны для пород кремнистого типа (7,5) и вмещающих пород (6,3). Для каолинитовых прослоев глинистого типа (подтип А) соотношение равно 22,5, для смешаннослойных прослоев (подтип Б) – 34,6. Известно, что для пород основного состава La/Yb отношение ниже, чем для кислых. Согласно Л.С. Бородину (1981), при переходе от базальтов к кислым породам относительное содержание La возрастает в несколько раз. Данные по распределению РЗЭ и La/Yb отношение согласуются с данными изучения $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ отношения и с положением исследованных проб на диаграмме Дж.А. Винчестера и Р.А. Флойда, которые указывают на умеренно кислый состав вулканогенного материала в прослоях глинистого типа и средний – для кремнистых.

Таким образом, по результатам проведенных исследований показано, что выделенные аномально люминесцирующие прослои образовались за счет привноса в иловые воды пеплового материала с последующим его

постседиментационным преобразованием. При изменении вулканического материала характерна глинизация (подобно бентонитам и тонштейнам) и окремнение. Глинистые минералы сформировались в процессе трансформационных преобразований пеплового материала. О наличии вулканического материала также свидетельствуют низкое содержание в породах ОВ ($C_{орг.}$), аномально повышенное содержание Th, повышенное содержание литофильных редких элементов (Li, Th, Sr, Zr, Hf, Sn, Ta и легкие лантаноиды), а также характер распределение РЗЭ, величина титанового модуля и положение проб на классификационной диаграмме Дж. А. Винчестера и Р.А. Флойда.

Особенности строения, различия в микроэлементном и минеральном составе выделенных горизонтов говорят о разном масштабе проявления вулканической деятельности, в результате которой накопились исследуемые осадки. На большей части площадей отмечено одновременное нахождение в разрезах скважин двух типов прослоев (кремнистых и глинистых). Кремнистые прослои (туфосилициты) тяготеют к нижней – приподошвенной части разрезов, а тонкие единичные глинистые прослои (глинистые туффиты) к центральной и прикровельной части(?). Характеристики прослоев каждого типа по разрезу представлены в таблице 3.

Таблица 3. Характеристики изучаемых горизонтов по разрезу

Юго-восточная часть бассейна		Центральная часть бассейна	
I группа прослоев (глинистые туффиты)	II группа прослоев (туфосилициты)	I группа прослоев (глинистые туффиты)	II группа прослоев (туфосилициты)
Мощность, см			
0,1...1,2	5...45	0,1...1,2	5...15
Количество прослоев по разрезу, шт.			
1...7	1	1...4	1
Расстояние между прослоями туффитов			
1 см...2 м		1 м...6 м	
Расстояние между группами прослоев, м			
1...5		3...10	
Расстояние от подошвы свиты до прослоев туфосилицитов, м			
1...9		15...22	

Особенности строения и распределения горизонтов по разрезу и по латерали, предположительно, связаны с особенностями морфологии дна баженовского моря в период накопления пеплового материала, с мощностью накопления осадков, а также направлением палеоветров и палеотечений. Тот факт, что прослои кремнистого типа отмечены в нижней части разреза баженовской свиты и по геохимическим особенностям характеризуются средним составом, а глинистые прослои близки по составу к риодацитам/дацитам и отделены от кремнистых горизонтов временными интервалами, свидетельствует о том, что вулканогенный материал во время верхнеюрского осадконакопления поступал неоднократно и пульсационно таким образом, что между «выбросами» пеплового материала накапливались обогащенные органическим веществом осадки. Такая схема вулканизма

хорошо укладывается в современные представления о последовательности и частоте катастрофических извержений. Анализ строения вулканогенно-осадочных циклов или ритмов в осадочных толщах показывает, что распределение вулканокластического материала в них подчиняется определенной закономерности, выражающейся в изменении состава вулканических пеплов вверх по разрезу от основного к кислому.

Выделенные типы прослоев (как глинистые, так и кремнистые) распространены на всей территории исследования. Это свидетельствует о масштабности проявления вулканизма, который покрывал огромные площади.

Анализ распространения выделенных горизонтов на территории исследования позволяет предположить, что вероятным источником поступления вулканического материала являются области Саяно-Енисейской, Байкальской (Забайкальской) или Верхояно-Чукотской складчатости.

3. Природа люминесценции изучаемых горизонтов связана с особенностями преобразования минерально-компонентного состава осадков под влиянием вулканогенного материала и обусловлена органическим веществом (его компонентами).

Выявленные при изучении отложений баженовской свиты прослои характеризуются ярким желтым, оранжево-желтым свечением в УФ свете, не типичным для отложений свиты и отличающимся от свечения углеводородов или карбонатизации. Прослои имеют разную мощность и интенсивность свечения, но при этом отчетливо выделяются на фоне «обычных» пород свиты.

Исследование на люминесцентном микроскопе показало, что свечение имеет площадной характер распространения и равномерное распределение по породе (рис. 7А).

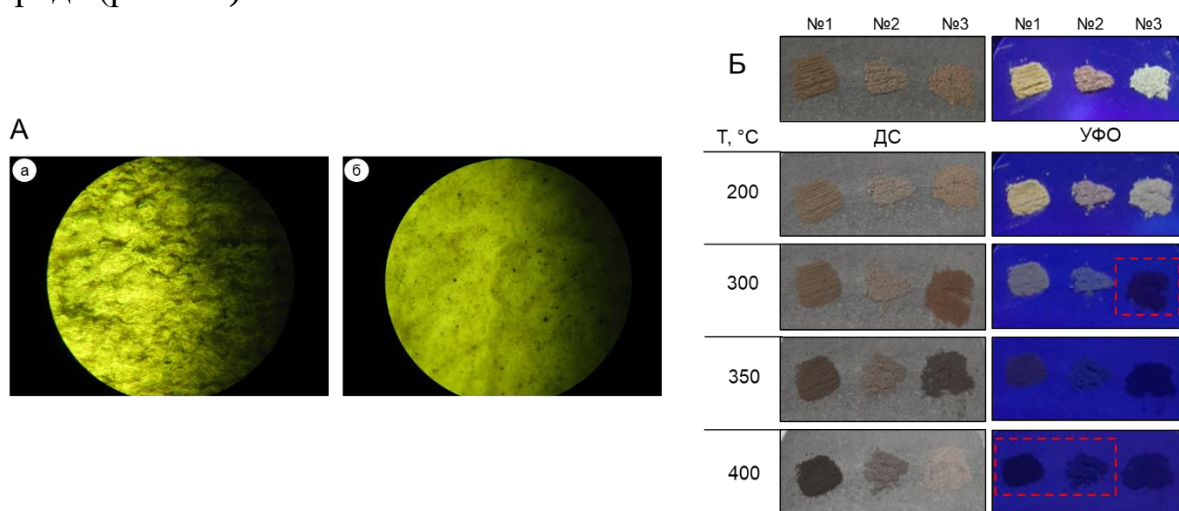


Рисунок 7. А – Фотографии образцов в люминесцентном микроскопе: а – глинистый тип прослоев, б – кремнистый тип прослоев. Б – Ступенчатый нагрев образцов anomalно люминесцирующих прослоев. ДС – дневной свет, УФО – ультрафиолетовое освещение. №1 – образец глинистого типа смешаннослойного состава, №2 – образец глинистого типа каолинитового состава, №3 – образец кремнистого типа.

Свечение осадочных пород в УФ свете, как правило, обусловлено либо наличием свободных углеводородов (УВ) (в виде нефтенасыщения), либо карбонатизацией. Для подтверждения причины свечения за счет наличия углеводородов была проведена экстракция образцов из изучаемых прослоев. После экстракции в разных растворителях (спирт-бензол, хлороформ) свечение не исчезло и был сделан вывод, что оно не связано с присутствием УВ. По результатам РФА в составе исследуемых образцов содержание карбонатных минералов составляет 5-15 %. Такое низкое содержание карбонатов не может объяснить площадной характер свечения.

Также для выяснения причин свечения был произведен ступенчатый нагрев образца в порошке в диапазоне 200-400 °С с последующим фотографированием в дневном и УФ свете (рис. 7Б). На всем этапе прокаливании отмечено изменение интенсивности свечения вплоть до его полного исчезновения. Свечение для пород кремнистого типа исчезает после нагрева до 300 °С, а для глинистого типа - до 400 °С. Исчезновение свечения при разных температурах предположительно связывается с особенностями минерально-компонентного состава.

До и после прокаливании проводился РФА каждого образца для наблюдения за изменениями минерального состава. При сравнении полученных дифрактограмм выявлено, что после прокаливании породы не изменили свой минеральный состав. Таким образом, предполагается, что люминесценция не связана с минеральным составом, а может быть связана с органическими веществами или металлоорганическими соединениями, входящими в состав пород. Прокаливание породы могло привести к разрушению связей органических веществ с минеральными компонентами, или разрушению самих органических веществ, что привело к исчезновению люминесценции. При обработке породы каждого типа прослоев соляной и плавиковой кислотами для удаления минеральной части также отмечено исчезновение свечения, что также, предположительно, связано с разрушением связей компонентов органических веществ или их деградацией.

Данные прокаливании совпадают с результатами проведенной термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии. Для всех типов пород характерны две основных стадии, связанные с потерей массы и экзотермическими процессами. В диапазоне до 200 °С происходит удаление несвязанной и кристаллогидратной воды, а также очень легких фракций органического вещества. Вторая стадия наблюдается в диапазонах температур 350-650 °С. Эта область характерна для разложения органического вещества (окисления/выгорания), при этом наблюдается одновременно потеря массы (от 7 до 16 %) и экзотермический эффект. Полученные данные сопоставляются с результатами прокаливании образцов (потеря свечения в диапазоне от 300 °С до 400 °С) и косвенно доказывают органическую природу люминесценции пород.

По результатам проведенной рентгенолюминесценции выяснилось, что свечение не связано с кристаллической структурой, т.е. центры люминесценции не находятся в кристаллических решетках минералов и не

обусловлены структурными дефектами минералов. В спектрах фотолюминесценции появляются полосы излучения в видимом диапазоне (500-600 нм). Отсутствие этого излучения при рентгеновском возбуждении (рентгенолюминесценции) свидетельствует о том, что центры, ответственные за это свечение, по-видимому, слабо взаимодействуют с кристаллической решеткой и являются автономными образованиями. Такими образованиями могут быть примесные органические молекулярные центры типа MO_m^n , PO_2^- , NO_2^- и др. (Таращан, 1978).

Дополнительно методом ИК-спектроскопии отдельно были изучены экстракты из каждого типа пород после экстракции хлороформом в течении 14 суток. Полученные ИК-спектры имеют схожее, почти идентичное строение. Отмечено, что в образцах присутствуют множественные C–H группы, в основном от алифатических органических соединений, а также простые эфирные C–O связи, небольшое количество карбонильных C=O и C–N, N–H. По данным ИК-спектроскопии и проведенного ядерно-магнитного резонанса ароматические соединения отсутствуют.

По результатам УФ-спектроскопии в составе экстрактов обнаружен фенантрен (трициклический ароматический углеводород), относящийся к полиароматическим углеводородам. Фенантрен является составной частью керогена пород баженовской свиты и используется в качестве одного из параметров зрелости и генетического типа ОВ (Гончаров и др., 2016; Эдер и др., 2019; Сотнич, Костырева, 2021). Ввиду того, что в составе керогена свиты помимо фенантрена и других ароматических соединений также присутствуют более плотные и вязкие смолы и асфальтены, то при сочетании всех компонентов в породах баженовской свиты не наблюдается люминесценция. Предполагается, что при изменении условий в иловых водах и при дальнейших постседиментологических процессах происходило разрушение биомассы и перераспределение компонентов. Наличие полиароматических углеводородов (фенантрена) в изучаемых породах обуславливает свечение.

Таким образом, по результатам проведенного комплекса исследований (форма проявления свечения, его распределение в породе, результаты прокаливании образцов, рентгеновские исследования, изучение выделенного органического вещества и наличие свечения после экстракции) причина свечения связывается с органическим веществом, а именно с особенностями его преобразования в условиях «ураганного» поступления пирокластического материала и резкой смены условий в иловых водах, что привело к разложению органических компонентов осадка, перераспределением вещества и, предположительно, образованию металлоорганических комплексов и проявлением их люминесценции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При исследовании отложений баженовской свиты в юго-восточной и центральной частях Западно-Сибирского осадочного бассейна в ультрафиолетовом освещении выявлены прослой с яркой люминесценцией.

По результатам выполненных минералогических и петрографических исследований проведена типизация изучаемых прослоев по минеральному составу – выделен глинистый и кремнистый тип.

Минералого-геохимические особенности состава изучаемых прослоев позволяют определить природу их формирования как первично вулканогенную (пепловую). Предполагается, что выделенные прослои образовались за счет поступления в иловые воды пеплового материала с последующим его постседиментационным преобразованием. Характерной особенностью для каждого типа прослоев является очень низкое по сравнению с вмещающими породами содержание органического вещества. По особенностям строения, структурно-текстурным признакам, вещественному составу и характеру распределения микроэлементов горизонты глинистого типа отнесены к глинистым туффитам, а прослои кремнистого типа к туфосилицитам. Геохимические особенности указывают на умеренно кислый состав вулканогенного материала в прослоях глинистого типа и средний - для кремнистого типа.

Форма проявления, различия в минеральном составе исследуемых пород и концентрациях микроэлементов свидетельствуют о разном масштабе проявления вулканической деятельности, в результате которой накопились исследуемые осадки. Так, туфосилициты представлены маломощными слоями (до 1-3 мм), ритмично переслаивающимися с вмещающими породами, обогащенными ОВ. Предполагается что вулканогенный материал для образования таких «ритмитов» поступал пульсационно с последующим выщелачиванием микроэлементов и окремнением без процессов глинизации. Туфосилициты характерны для нижней (приподошвенной) части разрезов. Выше по разрезу встречаются одиночные прослои глинистых туффитов мощностью до 1 см, что свидетельствует об одноактном поступлении пеплового материала в осадок с более долгими временными перерывами.

Люминесценция исследуемых прослоев связана с органическим веществом (его компонентами) и/или металлоорганическими комплексами, подвергшимися преобразованию под влиянием вулканогенного материала. Компоненты осадка (минеральная часть и органическое вещество) подверглись влиянию пеплового материала, что привело к их перераспределению и обусловило люминесценцию.

Аномально люминесцирующие прослои были выявлены более чем на 40 площадях/месторождениях юго-восточной и центральной частях бассейна и прослежены на расстоянии более 200 тыс. км² (около 500 км с запада на восток и около 400 км с севера на юг), что свидетельствует о масштабности проявления вулканизма и площадном распространении выделенных вулканогенных горизонтов.

Изучение вулканогенных прослоев позволило получить новые минералого-геохимические данные о проявлении продуктов вулканизма в породах баженовской свиты на обширной территории, а также оценить возможность их использования в качестве реперных горизонтов для уточнения палеогеографических реконструкций свиты и решения задач

литостратиграфической корреляции ввиду их площадного регионального распространения.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК и международные реферативные базы данных и системы цитирования

1. Шалдыбин, М.В. Петрография и минералогия глин аномально люминесцирующих прослоев баженовской свиты Западно-Сибирского осадочного бассейна / М.В. Шалдыбин, В.В. Крупская, А.В. Глотов, О.В. Доржиева, И.В. Гончаров, В.В. Самойленко, **Е.С. Деева**, Ю.М. Лопушнык, О.В. Бетхер, С.В. Закусин // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 2. – С. 36-40.
2. Shaldybin, M.V. The nature, origin and significance of luminescent layers in the Bazhenov Shale Formation of West Siberia, Russia / M.V. Shaldybin, M.J. Wilson, L. Wilson, Yu.M. Lopushnyak, R. Brydson, V.v. Krupskaya, **E.S. Kondrashova (Deeva)**, A.V. Glotov, I.V. Goncharov, V.V. Samoilenko, S.I. Arbuzov, O.V. Bether, A.R. Fraser, L. Bowen, D. White, N.V. Dorofeeva // Marine and Petroleum Geology. – 2019. – Vol. 100. – pp. 358-375.
3. **Кондрашова, Е.С.** Минералогия, геохимия и природа свечения люминесцирующих прослоев баженовской свиты Западно-Сибирского осадочного бассейна / Е.С. Кондрашова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 8. – С. 123-135.
4. **Кондрашова, Е.С.** Вулканогенные прослои в баженовской свите Западно-Сибирского осадочного бассейна / Е.С. Кондрашова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 3. – С. 62-73.

Публикации в иных изданиях, включая сборники и материалы конференций

5. **Деева, Е.С.** Природа аномально люминесцирующих прослоев баженовской свиты Западно-Сибирского осадочного бассейна / Е.С. Деева // Труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых: в 2-х томах. Том I. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – С. 233-234.
6. **Деева, Е.С.** Минералогия аномально люминесцирующих прослоев баженовской свиты Западно-Сибирского осадочного бассейна / Е.С. Деева // Труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых: в 2-х томах. Том 1. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – С. 124-125.
7. **Deeva, E.S.** Abnormally luminescent layers in the Bazhenov formation of the West Siberian basin» / Е.С. Деева // Труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых: в 2-х томах. Том 2. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – С. 848.
8. **Деева (Кондрашова), Е.С.** Природа и особенности минералогии аномально люминесцирующих прослоев баженовской свиты Западно-Сибирского бассейна / Е.С. Деева (Кондрашова), М.В. Шалдыбин // Сборник

статей студентов, аспирантов, научных сотрудников академических институтов и преподавателей ВУЗов геологического профиля. – Екатеринбург: ООО Универсальная Типография «Альфа Принт», 2018. – С. 43-46.

9. Shaldybin M.V. The nature, origin and significance of luminescent layers in the Bazhenov Shale Formation of West Siberia, Russia / M.V. Shaldybin, M.J. Wilson, L. Wilson, Yu.M. Lopushnyak, **E.S. Deeva** // Conference Book of 9th Mid-European Clay Conference, 2018. – pp. 43-46.

10. **Кондрашова, Е.С.** Минералогия и геохимия аномально люминесцирующих прослоев баженовской свиты Западно-Сибирского осадочного бассейна / Е.С. Кондрашова // Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых: в 2-х томах. Том 1. – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – С. 107-109.

11. **Кондрашова, Е.С.** Комплексные исследования аномально люминесцирующих прослоев баженовской свиты Западно-Сибирского осадочного бассейна / Е.С. Кондрашова, М.В. Шалдыбин // Материалы Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых. – Новосибирск, 2019. – С. 289-292.

12. Shaldybin M.V. The Jurassic Global Volcanic Events Recorded in Sedimentary Black Shale Deposits (Bazhenov Formation, West Siberia) / M.V. Shaldybin, **E.S. Kondrashova** // Large Igneous Provinces through earth history: mantle plumes, supercontinents, climate change, metallogeny and oil-gas, planetary analogues. Abstract volume of the 7 International Conference. – Tomsk: CSTI Publishing house, 2019. – pp. 122-124.

13. **Кондрашова, Е.С.** Особенности состава и строения люминесцирующих прослоев баженовской свиты Западно-Сибирского осадочного бассейна / Е.С. Кондрашова // Труды XXIV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых: в 2-х томах. Том I. – Томск: Изд-во ТПУ, 2020. – С. 83-85.

14. **Кондрашова, Е.С.** Минеральный состав люминесцирующих прослоев баженовской свиты / Е.С. Кондрашова // Материалы 4-й Всероссийской школы студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов по литологии. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2020. – С. 101-103.