

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского

На правах рукописи

Илясов Валерий Сергеевич

Условия формирования верхнеюрских горючих сланцев Волжского
бассейна на примере месторождений Саратовского Поволжья

Специальность 25.00.06 — Литология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:
Староверов Вячеслав Николаевич
доктор геолого-минералогических наук, профессор

Москва — 2020

Оглавление

В

В

е

2

д

·

И

н

р

и

е

с

с

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

и

Введение

Начало XX века было ознаменовано открытием крупного Волжского сланценосного бассейна. В период с 1930 по 1990 год был проведен большой комплекс геолого-разведочных работ, результатом которых стало открытие множества месторождений верхнеюрских горючих сланцев (ГС), шесть из которых расположены в Саратовской области. Строение сланценосной толщи сильно изменчиво как по латерали, так и по вертикали и включает от 3 до 9 пластов горючих сланцев. В связи с малой мощностью пластов и их большой протяженностью уже на этапе поисково-оценочных работ горючие сланцы были отнесены к забалансовым запасам, однако на сегодняшний день разработанная технология направленно-горизонтального бурения с последующей добычей горючих сланцев из продуктивных пластов и извлечением их на дневную поверхность позволяют приступить к рациональной и экологически безопасной разработке месторождений, расположенных в Волжском сланценосном бассейне.

В настоящее время в России выделяются несколько крупных перспективных объектов, которые классифицируются как нетрадиционные запасы углеводородов (УВ). Наибольший интерес проявляется к баженовской свите в Западной Сибири, а также к доманиковым отложениям Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью ввода в разработку новых месторождений УВ с целью восполнения ресурсной базы Российской Федерации. Работа нацелена на решение как научных, так и практических проблем — описать влияние условий формирования ГС на их качество и объем продуктивной толщи с целью последующего прогнозирования и выделения наиболее перспективных участков для разработки месторождений горючих сланцев.

Степень разработанности темы исследования. При написании данной работы автор опирался на труды таких ученых как: Н.М. Страхов, Т.Ф. Букина, З.А. Яночкина, Г.В. Кулёва, Ю.О. Гаврилов, Е.В. Щепетова, С.О. Зорина, Д.А. Бушнёв., Я.Э. Юдович, М.А. Рогов. Коллективом авторов во главе с Г.В. Кулёвой был подготовлен отчет с детальным описанием основных разрезов Волжской сланценосной толщи. В работах Гаврилова подробно освещена тема формирования Волжской сланценосной толщи для северных и центральных районов Русской плиты. В монографии Т.Ф. Букиной рассмотрен седиментогенез и литогенез Волжских горючих сланцев.

Однако, несмотря на длительную историю изучения Волжских горючих сланцев, многие вопросы влияния условий формирования на качество горючих сланцев, остались неосвещенными.

Объектом исследования являются верхнеюрские горючие сланцы зоны Dorsoplanites приуроченные к месторождениям горючих сланцев Саратовского Поволжья.

Цель и задачи исследования. Основная **цель** работы определить влияние условий формирования верхнеюрских горючих сланцев Волжского бассейна на их качество и выделить перспективные объекты для последующей разработки на месторождениях Саратовского Поволжья. В соответствии с этой целью были определены следующие **задачи**:

Построение корреляционных схем шести месторождений горючих сланцев Саратовского Поволжья;

Выделение и характеристика литотипов зоны Dorsoplanites panderi на основе анализа керна и по данным шлифов;

Выделение циклитов разного ранга (мезоциклитов, элементарных циклитов и микроциклитов) для разрезов шести изученных месторождений горючих сланцев с их последующей корреляцией. Разделение на рециклиты и проциклиты, а также выявление наиболее полных циклитов и циклитов, подвергшихся частичному размыву или осложненным перерывами в осадконакоплении (диаастемы);

Изучение с помощью метода рентгеновской дифрактометрии образцов керна скважины № 1038 Коцебинского, № 559 Перелюбского, а также дифрактограмм образцов, отобранных из шахт Кашпир-Хвалынского месторождения с целью выявления закономерности распределения глинистых минералов в сланценой толще;

Исследования геохимических характеристик органического вещества горючих сланцев Перелюбского, Коцебинского и Кашпир-Хвалынского месторождений пиролизным методом на установке Rock Eval 6;

Геохимический анализ минеральной составляющей на предмет высоких концентраций рения;

Анализ и применение основных моделей формирования горючих сланцев на исследуемом объекте с целью реконструкции условий формирования высококачественных разностей горючих сланцев;

Определение и анализ основных параметров, определяющих качество и объем сланценой толщи;

Построение продуктивной модели Коцебинского месторождения на основе данных 50 скважин в 2D- и 3D-форматах.

Выявление зависимостей технологических параметров горючих сланцев от особенностей литологического состава.

Научная новизна

1. В результате изучения строения сланценовой толщи были выделены 11 литотипов рассматриваемых месторождений, среди которых 3 относятся к горючим сланцам. Построены корреляционные схемы месторождений широтного и меридионального простирания. Уточнено геологическое строение Озинковского месторождения, выделен седьмой продуктивный пласт и нижний сланценовый горизонт, а также прослежены закономерности изменения рассматриваемых литотипов в пространстве.

2. Определен минеральный состав глинистых пород верхнеюрской сланценовой толщи на Коцебинском месторождении. Он характеризуется смектит-хлорит-иллитовой ассоциацией, периодически выделяется каолинит. В разрезе Коцебинского месторождения среди смектитов установлены разности с Na и Na-Ca катионным комплексом.

3. Изучены условия формирования сланценовой толщи и основных литотипов горючих сланцев Волжского бассейна с помощью анализа и применения моделей продуктивности и модели развития аноксических условий. Установлено, что формирование сланценовой толщи происходило в два этапа. На первом этапе сланценакопление происходило в узких впадинах меридионального простирания на Озинковском и Перелюбском месторождениях. На втором этапе в результате выравнивания палеорельфа сланценового ложа развитие сланценовой толщи происходило на всей территории исследования. Доказано, что периодам формирования наиболее высококачественных продуктивных пластов отвечают следующие условия: высокая биопродуктивность бассейна, низкое поступление терригенного материала, высокая степень фоссилизации органического вещества (ОВ).

4. Впервые основные продуктивные пласты горючих сланцев Коцебинского, Перелюбского и Кашпир-Хвалынского месторождений были исследованы на установке Rock Eval 6 и методом Bulk Rock. Установлено, что верхнеюрские горючие сланцы обладают высоким нефтематеринским потенциалом.

5. На основе полученных ранее данных о высокой концентрации рения (результаты испытания ВНИИХТ, протокол № 836 5 1/14) в пласте № 1 (до 1 г/т) для Перелюбского и Коцебинского месторождений были выделены перспективные объекты на рений.

6. Установлены основные параметры, определяющие качество и объем сланценосной толщи Волжского бассейна, а также выявлены информационные показатели, характеризующие качество горючих сланцев.

7. Построены серии карт основных геологических и технологических параметров продуктивных пластов Коцебинского месторождения. Для Коцебинского месторождения выделены наиболее высококачественные пласты горючих сланцев с наиболее высоким содержанием органического вещества - № 1, 3(2).

Теоретическая и практическая значимость работы

Полученные данные в дальнейшем могут быть использованы при проведении поисково-оценочных работ как в пределах Волжского бассейна, так и в других бассейнах горючих сланцев со схожими условиями формирования. Полученные и интерпретированные на установке Rock Eval 6 и методом Bulk Rock данные позволили подтвердить промышленную ценность горючих сланцев (выход жидких углеводородов, содержание органического вещества, водородный индекс). Данные о содержании молибдена позволили выделить предполагаемые пласты горючих сланцев, обогащенных рением. Построенные серии карт позволят более детально и эффективно разработать проект пробной эксплуатации Коцебинского месторождения. Разработаны практические рекомендации по проведению анализа качества горючих сланцев на камеральном и лабораторном этапах.

Методология и методы исследования

При изучении Волжской сланценосной толщи был использован комплекс методов: макроописания керна и разрезов, дифрактометрический, пиролитический, электронно-микроскопический, а также изучение минералого-петрографического состава пород в шлифах. Материалы для диссертации были собраны автором в 2010 – 2017 годах. В полевой этап изучался и опробовался керн скважин, пробуренных при проведении поисково-оценочных и разведочных работ. Шлифы основных литотипов и продуктивных пластов сланценосной толщи были детально исследованы и изучены. Керновый материал был изучен пиролитическим и дифрактометрическим методом.

При рассмотрении вопросов цикличности сланценосной толщи за основу были взяты исследования Ю.Н. Карагодина, при изучении органического вещества Волжских горючих сланцев автор обращался к работам А.И. Гинзбург., Т.Ф. Букиной и З.А. Яночкиной. При выделении типов органического вещества, а также проведении интерпретации результатов

пиролитического анализа были использованы методики Б. Тиссо и Д. Вельте. Работы Ю.О. Гаврилова, С.В. Лыурова и Е.В. Щепетовой позволили применить модель продуктивности к Волжской сланценосной толщи. Для построения модели Коцебинского месторождения использовалось следующее программное обеспечение: Surfer, Petrel.

В результате изучения каменного материала и на основании описания скважин выделялись основные литотипы Волжской сланценосной толщи, а также определено влияние условий формирования на качество основных продуктивных пластов горючих сланцев.

Защищаемые положения

1. Для верхнеюрской сланценосной толщи Волжского бассейна (территория Саратовского Поволжья) выделены 11 литотипов, среди которых 3 относятся к горючим сланцам: «Горючий сланец известковистый» - содержание ОВ 5 – 30 %, минеральной составляющей 70 – 85 %, содержание CaCO_3 – 5 – 15 %; «Горючий сланец известковый» - содержание ОВ 30 – 45 %, минеральной составляющей 55 – 70 %, содержание CaCO_3 – 30 – 40 %; «Горючий сланец с наиболее высоким содержанием ОВ» - содержание ОВ 45 – 80 %, минеральной составляющей 20 – 55 %, содержание CaCO_3 – 15 – 30 %. Минеральный состав глинистых пород верхнеюрской сланценосной толщи характеризуется смектит-хлорит-иллитовой ассоциацией, периодически выделяется каолинит. В разрезе Коцебинского месторождения среди смектитов установлены разности с Na- и Na-Ca катионным комплексом.

2. Установлено, что формирование сланценосной толщи протекало в два этапа. На первом этапе сланценакопление происходило в узких впадинах меридионального простирания на Озинковском и Перелюбском месторождении. На втором этапе в результате выравнивания палеорельфа сланценосного ложа развитие сланценосной толщи происходило на всей территории исследования. Доказано, что периодам формирования высококачественных продуктивных пластов с наиболее высоким содержанием ОВ отвечают следующие условия: высокая биопродуктивность бассейна, низкое поступление терригенного материала, высокая степень фоссилизации органического вещества.

3. По результатам детального литологического, геохимического и технологического анализа, для Коцебинского месторождения выделены наиболее высококачественные пласты горючих сланцев с высоким содержанием ОВ.

Степень достоверности результатов исследования определяется значительными объемами использованной фондовой литературы, изученного кернового материала и выполненных аналитических работ.

В данной диссертационной работе были использованы следующие материалы и данные:

- 1) керновый материал по скважине № 559 Перелюбского месторождения, № 133 Коцебинского месторождения, а также с шахты месторождения Кашпир-Хвалынской площади;
- 2) шлифы образцов по Перелюбскому (скважина № 559) и Коцебинскому (скважина № 133, 1038) месторождениям (всего 109 шлифов);
- 3) результаты пиролитического (установка Rock Eval 6) изучения образцов кернового материала (18 шт.) с Перелюбского (скважина № 559) и Коцебинского (скважина № 133) месторождений и Кашпир-Хвалынской площади;
- 4) данные о содержании основных микроэлементов в минеральной составляющей горючих сланцев Перелюбского и Коцебинского месторождений;
- 5) результаты дифрактометрического анализа кернового материала скважины № 1038 Коцебинского месторождения, скважины № 559 Перелюбского месторождения и шахты Кашпир-Хвалынского месторождения (96 образцов);
- 6) электронномикроскопическая съемка кернового материала горючих сланцев скважины № 559 Перелюбского месторождения и шахты Кашпир-Хвалынского месторождения (5 образцов, 18 снимков);
- 7) результаты опробования 50 скважин Коцебинского месторождения;
- 8) отчеты детальной и предварительной разведки по месторождениям: Орловское, Савельевское, Озинковское, Кашпир-Хвалынская площадь, Перелюбское, Коцебинское;
- 9) геологические карты и профили вышеуказанных месторождений.

Работа с отчетами выполнялась в геологических фондах АО «Нижеволжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики». Описание шлифов производилось с использованием микроскопа AxioLab A1 POL, для фотографирования шлифов применялась камера Canon 650D. Рентгеновская съемка осуществлялась при помощи дифрактометра ДРОН-2 и ARLX TRA в лабораториях СГУ и ВГУ. Электронномикроскопическая съемка производилась в ВГУ электронным микроскопом Jcol 6380-LV. Использовался микрозонд JNCA-250. Пиролитический анализ образцов кернового материала производился на установке Rock Eval 6 в лаборатории нефтяной геохимии и гидрогеологии АО «Нижеволжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики».

Публикации и апробация результатов исследования

Результаты исследования известны научной общественности. По теме диссертации опубликовано **девять** работ, из которых **три** — в рецензированных научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 25.00.06.

Основные положения диссертации докладывались, а также публиковались автором в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности

. Илясов В. С. Закономерности распределения глинистых минералов в сланценой толще *Dorsoplanites panderi* Коцебинского месторождения / В. С. Илясов, В. Н. Староверов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. — 2017. — № 2. — С. 26–29.

. Илясов В. С. О влиянии литологического состава горючих сланцев Волжского сланценого бассейна на их технологические параметры / В. С. Илясов, В. Н. Староверов, Е. В. Воробьева // Приборы и системы разведочной геофизики. — 2016. — № 58. — С. 92–102.

Ромаденкина С.Б. Химический состав и физико-химические характеристики сланцевой смолы Коцебинского месторождения / С. Б. Ромаденкина, А. А. Сверчков, А. Ю. Земляков, Е. В. Лобанков, В. С. Илясов // Химия твердого топлива. — 2017. — № 6. — С. 22–25.

Публикации в прочих изданиях:

Илясов В.С. Геохимическая характеристика горючих сланцев волжской сланценой толщи в связи с прогнозированием промышленных концентраций рения / В. С. Илясов, В. Н. Староверов, Е. В. Воробьева, М. В. Решетников // Известия Саратов. ун-та. Нов. сер. Серия: Науки о Земле. — 2017. — Т. 17, вып. 3. — С. 165–170.

Илясов В. С. Закономерности изменения геохимических параметров горючих сланцев Волжского бассейна / В. С. Илясов, Е. В. Воробьева // Геологические науки — 2017: материалы науч. межвед. конф. — Саратов : Техно-Декор, 2017. — С. 27–29.

. Илясов В. С. Роль седиментационного фактора в формировании сланценой толщи средневолжского подъяруса на юго-востоке Волго-Уральской антеклизы / В. С. Илясов, В. Н. Староверов // Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений. В 2 т. Т. 1. — Казань : ИЛХАС, 2016. — С. 176–299.

. Илясов В. С. Построение и анализ продуктивной модели Коцебинского месторождения в связи

с перспективами разработки горючих сланцев / В. С. Илясов, В. Н. Староверов, П. А. Вахрамеев // Путь науки. — 2018. — № 1(47). — С. 73–87.

. Илясов В. С. Геохимическая характеристика органического вещества верхнеюрских горючих сланцев Волжского сланценосного бассейна / В. С. Илясов, В. Н. Староверов, Е. В. Воробьева // Недра Поволжья и Прикаспия. — 2018. — № 93 (февраль 2018). — С. 26–37.

. Илясов В. С. Модели формирования пластов горючих сланцев Волжского бассейна на примере месторождений Саратовского Поволжья / В. С. Илясов, В. Н. Староверов // Недра Поволжья и Прикаспия. — № 94 (май 2018). — С. 3–13.

Также результаты работ докладывались на научно-практических конференциях: в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова «Ломоносов-2018», в Саратовском государственном университете «XVIII Всероссийская научная конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов», а также на рабочих совещаниях ПАО «Газпром нефть» (в г. Санкт-Петербурге), АО «Ритэк», ПАО «ЛУКОЙЛ» (в г. Котово и г. Москве), ООО «ЛУКОЙЛ Инжиниринг» (г. Москва).

Личный вклад автора

Автором выполнен комплекс литологических исследований верхнеюрских горючих сланцев Волжского бассейна. Были проведены исследования как на макроуровне (описание керна), так и на микроуровне (анализ шлифов, дифрактограмм, проведение пиролитических исследований, изучение вещества при помощи электронного микроскопа) и выделены 11 литотипов, 3 из которых относятся к горючим сланцам. Детально изучены разрезы шести месторождений верхнеюрских горючих сланцев Волжского бассейна, построены корреляционные схемы широтного и меридионального простирания, выделена цикличность для каждого из шести месторождений. К процессам формирования горючих сланцев в Волжском бассейне автором применены основные модели — модель продуктивности и модель развития аноксических условий, в результате чего были уточнены условия формирования Волжской сланценосной толщи. Впервые выделены смектиты с Na- и Na-Ca катионным комплексом. Выделены перспективные объекты на рений. На примере месторождений Саратовского Поволжья были выделены основные параметры, определяющие качество горючих сланцев и их объем и позволяющие прогнозировать технологические характеристики сырья до проведения

специальных испытаний. Это позволило выявить на Коцебинском месторождении наиболее перспективные объекты для дальнейшей разработки — пласты № 1, 3(2).

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав и заключения. Общий объем составляет 237 страниц. Библиографический список включает 152 наименования, в том числе 25 на английском языке.

Благодарности

Автор выражает глубокую признательность научным руководителям к. г.-м. н. Тамаре Филипповне Букиной и профессору д. г.-м. н. Вячеславу Николаевичу Староверову за оказание неоценимой помощи при написании диссертационной работы. Автор благодарен генеральному директору ООО «Перелюбской горной компании» В. Н. Илясову за практические советы и помощь в работе. Особо признателен он главному геологу ООО «НьюТек Сервисез» П. А. Вахрамееву за помощь в создании графического материала, а также за конструктивный критический анализ текстовой части диссертационной работы. Кроме того, автор выражает отдельную благодарность Екатерине Воробьевой и Елене Глухой за проведение анализов горючих сланцев на установке Rock Eval 6, Олегу Андрушкевичу и Дмитрию Шелепову — за изготовление и помощь в описании шлифов, Дмитрию Лопатинскому — за графическое построение 3D-модели пластов Коцебинского месторождения, Михаилу Решетникову — за оказание помощи в процессе работы и Светлане Борисовне Ромаденкиной — за консультацию по вопросам химии твердых горючих ископаемых. Диссертационная работа была написана при поддержке компании ООО «НьюТек Сервисез», за что автор выражает ей огромную благодарность.

1. История изученности

История изученности верхнеюрских горючих сланцев в Поволжье насчитывает более ста лет. Она включает в себя два крупных направления, посвященных горючим сланцам: поисково-геолого-разведочные работы и научно-исследовательские работы. На протяжении всего периода изучения горючих сланцев данные направления тесно дополняли друг друга.

Верхнеюрские горючие сланцы были открыты в середине XIX века, почти одновременно в Саратовском Заволжье, в Западном Казахстане и в Оренбургской области. Начальный этап их исследования относится к концу XIX — началу XX века, он связан с именами И. Ф. Синцова (1870), А. М. Зайцева (1882), Л. И. Прасолова (1904), А. Н. Розанова (1919, 1927), Н. Г. Кассина

С самого начала внимание исследователей было сосредоточено на выяснении генезиса горючих сланцев на основе изучения их вещественного состава. В 1925 г. Н. Г. Кассиным было высказано предположение, что материалом для образования сланцев Вятско-Камского края послужили водоросли и мягкие части аммонитов, двустворчатых моллюсков, а также различных планктон. Глубина бассейна, по его мнению, не превышала 2000 м, а придонные воды были заражены сероводородом [76].

По утверждению А. Н. Розанова (1927), горючие сланцы Волжского сланценосного бассейна являются типичными морскими сапропелитами с обильными остатками морской фауны и с относительно небольшим содержанием компонентов пресноводного и наземного происхождения, очевидно, занесенного морскими течениями от берега. Материал для образования горючих сланцев дали, скорее всего, водоросли [95, 96].

Первые микроскопические исследования волжских сланцев на небольшом количестве образцов были осуществлены М. Д. Залесским (1928). Он пришел к выводу, что начальным материалом для формирования сланцев был органический «студень» и минеральный осадок. К числу биогенных включений исследователем были отнесены остатки фораминифер, червей, зеленых и сине-зеленых водорослей, а также сделаны попытки их определения. Было отмечено, что рост новообразованных минеральных включений протекал в слабоуплотненной массе сапропелевого осадка [53].

В начале 1930-х гг. в связи с развитием сланцеперерабатывающей промышленности большее внимание стало уделяться исследованиям в области изучения состава органического вещества горючих сланцев. В обобщающих монографиях Г. Л. Стадникова (1935) собран большой фактический материал, отражающий элементарный, групповой и компонентный состав,

технологические особенности сапропелевых углей и сланцев, однако геолого-генетическое направление было разработано слабо [104].

Параллельно с научными работами, описанными выше, в Волжском сланценосном бассейне производились поисково-оценочные и разведочные работы на горючий сланец.

В 1921 г. О. А. Гвоздицким были проведены первые поисково-оценочные работы на площади 100 км² в верховьях рек Танонык, Чапаевки, Каралык, Башкирки. В результате была установлена сланцевая толща и ее мощность, выделены пласты горючих сланцев и определено их качество.

В период с 1925 по 1929 г. на Общем Сырте в Заволжье проводили геологические исследования В. Г. Камышева-Елпатьевская и О. А. Соловьева. Была исследована территория верхнего течения р. Камелик и составлена геологическая карта масштаба 1 : 500000, подробно изучены нижневолжские отложения и пласты горючих сланцев.

В 1927 г. Н. И. Попов и О. Н. Горянинова обследуют месторождения горючих сланцев Общего Сырта на площади около 1000 км². В результате работ установлено, что сланценосная толща полностью сохранилась от размыва на площади 142 км². Впервые были описаны каждый из выделенных восьми пластов Больше-Черниговского месторождения, составлена химическая и технологическая характеристика некоторых из них, подсчитаны вероятные запасы горючих сланцев — 2 млрд т.

С 1929 по 1932 г. И. С. Забниным была произведена детальная разведка в районе хут. Коцебу, на Ново-Николаевском, Макарском, Александро-Сергеевском участках Общесыртовского месторождения, а также поисковая разведка на Фитальском месторождении. В результате разведочных работ на Общесыртовском месторождении горючих сланцев было установлено, что сланценосная толща охватывает площадь около 100 км². Впервые сланценосная толща была подразделена на три горизонта (Р₁, Р₂, Р₃), отделенные друг от друга пачками известковистых и сапропелевых глин. Были подсчитаны запасы на месторождении и дана характеристика пластов горючих сланцев.

В 1932 г. Н. А. Бакининым на Коцебинском месторождении была проведена детальная разведка к северу от пос. Коцебу на водоразделе рек Каменной и Крутой Солянки на площади 24,2 км². Кроме того, им были проведены поисковые работы на трех смежных участках: Коцебу-Тараховском, Рассыпновско-Некрасовском и на площади между пос. Натальин Яр и с. Перелюб. В результате работ подсчитаны запасы горючих сланцев на Коцебинском месторождении по категории А + В в количестве 270 млн т и на Коцебу-Тараховском участке по категории В — 400 млн т.

В 1945 г. В. Н. Квашнева свела разрозненные данные по отдельным месторождениям горючих сланцев в одно целое — сводку «Горючие сланцы Среднего и Нижнего Поволжья».

В 1947 г. опубликована работа А. Ф. Добрянского «Горючие сланцы СССР», содержащая сведения об основных месторождениях горючих сланцев, их генезисе и химии [41].

В период с 1947 по 1950 г. в Заволжье работала аэрогеологическая экспедиция ВАГТа (А. И. Кукуев, Н. Б. Егорова, А. П. Мурылева, Е. В. Чибрикова, А. П. Рождественский и др.). В результате их работы были опубликованы геологические карты масштаба 1 : 200 000.

В 1952 г. З. А. Малютина впервые дает оценку горючих сланцев Волго-Уральского бассейна и устанавливает взаимосвязь месторождений этого бассейна.

В 1963 г. В. П. Козловым и другими проведена геолого-гидрогеологическая съемка масштаба 1 : 200000 на территории с. Перелюб. Геологическая карта и объяснительная записка к ней составлена Ю. М. Бутковским (1964).

В 1968 г. А. Ф. Герасименко и Б. А. Семкиным составлен отчет по теме «Подсчет прогнозных запасов горючих сланцев Общесыртовского сланценосного района». В этой работе были сведены все данные по имеющимся месторождениям горючих сланцев и выделены прогнозные площади и перспективные участки.

Работа Н. М. Страхова (1934) ознаменовала новый этап литологических исследований верхнеюрских горючих сланцев. Он обобщил результаты полевых наблюдений, включающих текстурный анализ, изучение вещественного состава пород методами механического и химического анализов, специальных фракционных определений состава органической массы (элементарный анализ, анализ спиртобензольных и щелочных вытяжек, определение компонентов в продуктах сухой перегонки сланцев). В процессе этих работ было изучено строение сланценосной толщи, ее распространение на территории СССР, рассмотрены петрографические, химические, палеонтологические особенности горючих сланцев и вмещающих пород и высказана популярная до настоящего времени гипотеза о бентогенной природе исходного ОВ сланцевых горизонтов. В заключительной главе монографии Н. М. Страхова рассмотрены взгляды М. Д. Залесского, Н. Г. Кассина, А. Н. Розанова на происхождение и условия формирования сланценосной толщи. Предположения Н. М. Страхова о накоплении сланцев в условиях нормального газового режима воды у дна, о связи расцвета донной жизни с колебательными движениями глубины бассейна и сейчас имеют большую ценность [108].

При петрографических наблюдениях Н. М. Страхов основное внимание уделял описанию органического вещества. Он писал: «Органическое вещество представляет собой светло-желтую и коричнево-желтую массу, которая состоит из накопления горизонтально залегающих, неясно

очерченных и слабо выраженных более или менее линзовидных хлопьев, к центру более темных, к периферии светлеющих и как бы расплывающихся. Благодаря однообразному залеганию хлопьев создается на первый взгляд видимость тончайшей слоистости, которая в действительности отсутствует, так как хлопья не образуют непрерывных прослеживающихся образований, и, кроме того, между этими слоями отсутствует слоеобразно залегающий инородный материал». Н. М. Страхов предложил назвать текстуру сланцев пленчатой или хлопьевидной [107].

Особенности состава горючих сланцев Саратовского Заволжья были рассмотрены А. А. Корженевским (1946–1947). В его работах наряду с технологическими и химическими характеристиками приведены данные микроскопических наблюдений. Исследователь приходит к выводу, что прерывистость сланценакопления и неравномерность распределения горючих сланцев в осадочном цикле обусловлена не только колебаниями морского дна, но и нарушениями нормального седиментационного процесса донными течениями и волнениями. Так как суммарная мощность горючих сланцев не всегда находится в прямом соотношении с общей мощностью зоны Panderi, то, по мнению А. А. Корженевского, это могло быть результатом: 1) уменьшения количества органического вещества в осадке вследствие увеличения скорости седиментации при постоянном темпе продукции ОВ; 2) усиления активности динамического режима водной среды, вызывающего рассеивание ОВ в сланценосной толще вследствие частичного переотложения осадков. А. А. Корженевский справедливо предложил, что при реконструкции условий формирования пород необходимо учитывать параметры, связанные с динамикой седиментационных процессов.

В 1962 г. была опубликована монография Н. М. Страхова «Основы теории литогенеза», в которой значительное внимание уделялось разработке теоретических основ сланценакопления, проводилось сравнение доманиковых и волжских отложений, высказывалось предположение о планктонной природе первых и бентогенной природе вторых. В монографии обсуждались представления о приуроченности процессов формирования горючих сланцев как к гумидным, так и к аридным климатическим зонам, к тектоническим слабоактивным территориям с малорасчлененными, слабоденудированными водосборными площадями морских бассейнов. Также рассматривались многие факторы образования горючих сланцев, от мобилизации вещества на водоразделах, накопления органического вещества совместного с терригенными частицами до дигенетических изменений осадка и превращения его в горную породу [109, 110].

В период с 60–70 г. XX века крупные исследования горючих сланцев Советского Союза были проведены С. С. Бауковым, В. А. Котлуковым, Н. И. Зелениным, И. М. Озеровым, В. Ф. Полозовым, А. И. Гинзбург, Г. В. Явхутой на основе формационного анализа. В этих

работах внимание уделялось определению понятия «горючие сланцы», их месту в разрезах сланценосных толщ. В монографии «Формации горючих сланцев» (1973) под редакцией В. А. Котлукова сланцы охарактеризованы как породы, обладающие способностью гореть или накаливаться в пламени спички, издавая запах жженой резины. Эти породы в разной мере глинистые, известковистые или кремнистые, обычно состоят из количественно преобладающей минеральной части (кальцит, доломит, гидрослюда, смектит, каолинит, полевые шпаты, кварц, пирит и др.) и на 15–40 % (редко — на 40–70 %) по весу из органического вещества — керогена. По соотношению исходного материнского вещества среди горючих сланцев авторами выделены две группы: гумитовая и гумито-сапропелевая, раскрыты понятия микрокомпонентов, составляющих органическую часть этих пород — коллоальгинита и талломоальгинита, витринита, лейптинита, липоидинита, сорбомикстинита и др. Отмечено, что породообразующее значение в сланцах верхнеюрского возраста обычно имеет коллоальгинит — полурасложенное вещество водорослей (или альгинит).

Сланцы зоны Panderi отнесены авторами к верхнеюрской сланценосной формации (Волжско-Печорской провинции). Этой формации платформенного типа свойственна малая мощность отложений, до нескольких десятков метров, что свидетельствует о малой скорости и глубине погружения дна бассейном седиментации. Площади сланцеобразования этого типа отличаются большими размерами. Почти все положения, рассмотренные в монографии В. А. Котлукова, подтверждены фактическим материалом [35, 36, 37, 55, 82, 92, 122].

Работы В. Ф. Полозова и И. М. Озерова направлены на разработку промышленной классификации горючих сланцев [92]. Литологические особенности сланценосной толщи Волжско-Печорского бассейна подробно изучались Г. В. Явхутой и др. [122]. Освещено распространение, строение сланценосных районов, отмечена приуроченность ряда месторождений к определенным тектоническим структурам, дана вещественная характеристика пород, выявлены перспективные площади для дальнейших поисковых исследований.

Петрографический состав органического вещества горючих сланцев Волжско-Печорской провинции на микроскопическом уровне подробно изучен А. И. Гинзбург [35, 36, 37]. Автором разработаны специальные приемы исследования: изготовление двоякополированных шлифов, комбинированных препаратов для изучения в обычном поляризованном и ультрафиолетовом свете, аншлифов-брикетов из деминерализованного керогена для изучения его отражательной способности, измерения показателя преломления и др. По существу, Анна Ильинична Гинзбург создала новую методику, расширяющую возможности исследования горючих сланцев и углей. В результате этой работы в составе ОВ волжских горючих сланцев было установлено преобладание коллоальгинита, выявлена подчиненная роль талломоальгинита, витринита и псевдовитринита,

что отражено в предварительной схеме классификации керогена горючих сланцев (Котлуков, Гинзбург, 1973). Результаты химических и других анализов позволили отнести кероген волжских горючих сланцев к классу собственно сапропелитов [35, 36, 37].

С 1978 г. изучение сланцев Волжского бассейна проводилось многими организациями Советского Союза по целевой программе ОЦ-008. Поисково-оценочные и разведочные работы на ряде месторождений осуществлялись ПГО «Нижеволжскгеология» и «Оренбурггеология» (Самородов и др. 1980, 1984; Крылов и др., 1986). При этом разрабатывались направления литологических, геохимических, инженерно-геологических, гидрогеологических и технологических исследований сланценосной и надсланцевой толщи.

В 1978–1983 г. ПГО «Нижеволжскгеология» провело поисково-оценочные работы на Перелюб-Благодатовской сланценосной площади и приступило к изучению двух крупных месторождений горючих сланцев: Перелюбского и Коцебинского. Всего, к этому моменту, в Саратовской области было открыто шесть месторождений (Рисунок 1).

Одновременно с этими работами ПГО «Нижеволжскгеология» и рядом специализированных научно-исследовательских и производственных организаций был выполнен значительный объем лабораторных и технологических исследований волжских сланцев с целью изучения возможности комплексного их использования с полной утилизацией как органической, так и минеральной части.

В период с 1983 по 1987 г. Саратовская ГРЭ провела предварительную разведку Коцебинского месторождения и северного участка Перелюбского месторождения с отбором валовых проб для полупромышленных испытаний. Суммарные геологические запасы предварительно разведанного Северного участка составляют 6 млн тыс. т горной массы и 5,4 млн тыс. т чистого сланца по категориям С₁, С₂.

Огромный вклад в развитие науки о верхнеюрских горючих сланцах Поволжья внесла Тамара Филипповна Букина. Данной тематике была посвящена большая часть ее работ [16, 17]. В 1983 году Т. Ф. Букиной, а также Г. В. Кулёвой, З. А. Яночкиной, В. И. Барышниковой, Е. А. Троицкой и Т. Я. Юнанидзе был подготовлен и защищен сводный отчет «Составление палеофациальных карт на волжское время по Общесыртовскому сланценосному району в масштабе 1 : 200000 как основы для прогнозирования и поисков горючих сланцев». В данном отчете была дана подробная литолого-геохимическая характеристика с последующим выделением литотипов, описаны палеоценозы сланценосной толщи, а также составлены палеофациальные карты для исследуемого района. Был опубликован значительный список трудов, касающийся волжских горючих сланцев [122, 123, 124, 125, 126, 127].

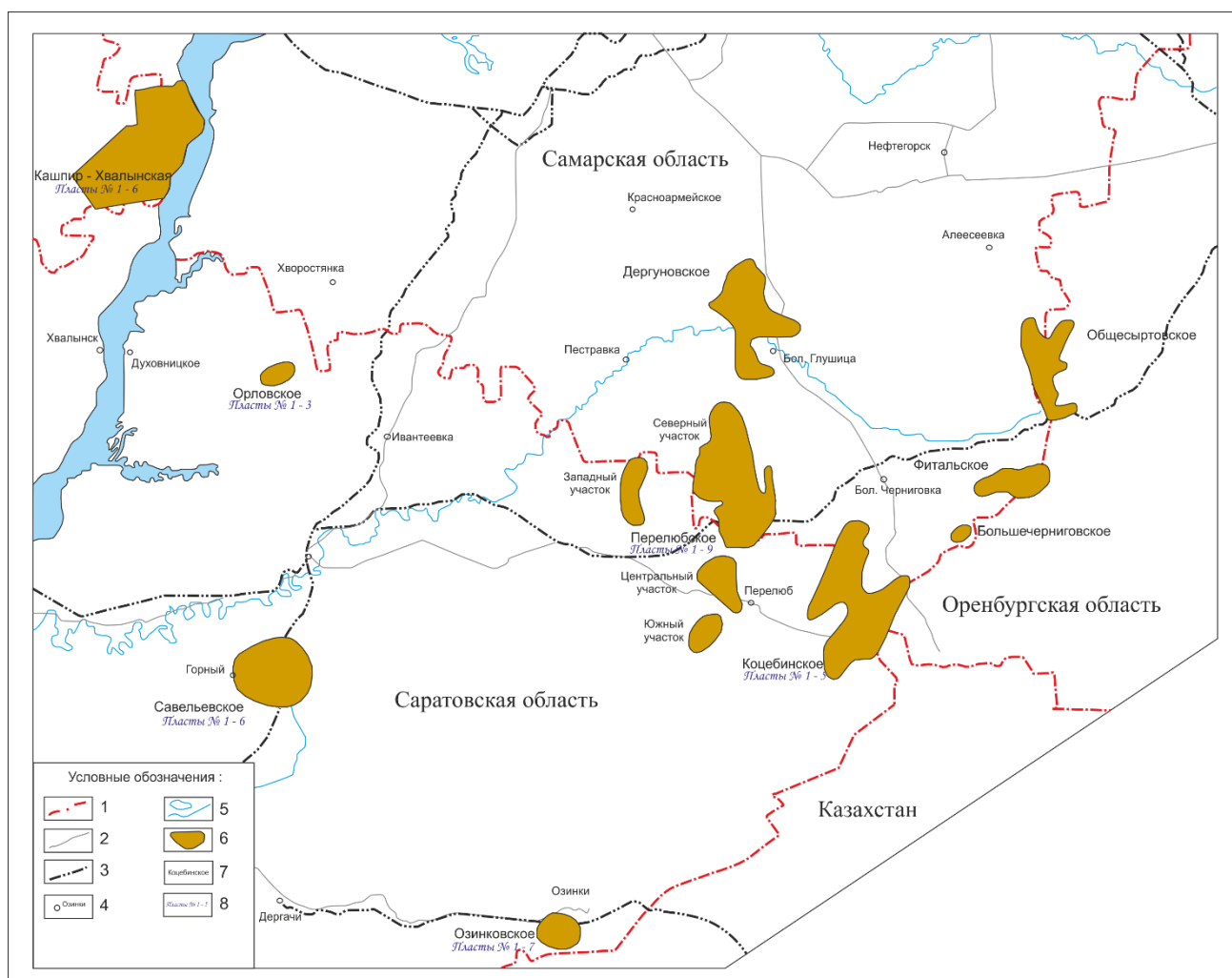


Рисунок 1 — Обзорная карта месторождений горючих сланцев

Волжского сланценосного бассейна; масштаб 1 : 5000000;

составил В. С. Илясов по материалам А. В. Самодорова

Условные обозначения: 1 — административные границы; 2 — автомобильные дороги; 3 — железные дороги; 4 — населенные пункты; 5 — гидросеть; 6 — месторождения; 7 — название месторождения; 8 — количество продуктивных пластов

В 1996 г. в свет вышла монография С. В. Лыурова «Юрские отложения севера Русской плиты». В данной монографии была охарактеризована верхнеюрская сланценосная толща севера Русской плиты, рассматривались условия формирования горючих сланцев и разрезы сланценосной толщи [86].

Вопрос условий формирования и сохранения горючих сланцев также рассматривался Ю. О. Гавриловым. В его работах акцент делался на эвстатические колебания уровня моря и мобилизацию биофильных элементов вследствие трансгрессии [29, 30, 31, 32].

Многие специалисты Саратовского университета также занимались изучением проблемы горючих сланцев [88].

В 2007 году была защищена диссертационная работа Д. А. Бушнёва по теме «Геохимия углеродистых толщ Восточно-Европейской платформы». В данной работе была доказана важность механизма природной вулканизации, оказывающего прямое влияние на объем фоссилизации органического вещества [22].

В 2011 году Е. В. Щепетовой была защищена диссертационная работа, посвященная проблеме изучения горючих сланцев Русской плиты. Работа заключалась в описании характера распространения горючих сланцев, анализе керогенового материала, выделении элементарных осадочных циклитов, проведении палеогеографических реконструкций, выделении возможных причин резкого роста биопродуктивности бассейна [120].

В 2013 г. под редакцией З. А. Яночкиной в свет вышла монография Т. Ф. Букиной «Седиментогенез и ранний литогенез верхнеюрских сланценосных отложений центральной части Волжского бассейна». Данная монография включила в себя результаты многолетней кропотливой работы Тамары Филипповны и ее коллег (Г. В. Кулёва, З. А. Яночкина, В. И. Барышникова, Е. А. Троицкая и Т. Я. Юнанидзе) [17]. В нее вошли результаты и основные положения диссертации Т. Ф. Букиной, а также результаты и заключения многих статей и научных публикаций. Основные выводы работы заключались в следующем.

1) Осадки бассейна времени *Dorsoplanites panderi* формировались как терригенно-биолитные и биолитные образования, существенно связанные с развитием кокколитофорид, а периоды расцвета их гаметофитных поколений совпадают с главными фазами сапропеленакопления. Получили развитие генетические типы отложений шельфа, прибрежного мелководья с островами, мелкого моря со сложным рельефом дна и депрессионных участков бассейна, наиболее удаленных от побережья.

2) В осадках мелкого моря установлено усиление активности диагенетической переработки вещества, протекающей при участии сульфатредуцирующих, метанобразующих и других бактерий с образованием декарбонатизированных глин и сланцев с реликтовой кокколитовой наноструктурой, известняков с реликтовой обломочно-кокколитовой наноструктурой, карбонатизированных горючих сланцев.

3) Сланценосная толща состоит из четырех циклов с закономерным чередованием генетических типов осадков, отвечающих стадиям: А) ингрессивного; Б) ингрессивно-трансгрессивного; В) стадии стабилизации; Г) трансгрессивно-регрессивного развития бассейна, сопровождающегося значительным его расширением и обмелением.

Палеогеографическая обстановка, благоприятная для формирования высококачественных горючих сланцев, отвечает третьему и четвертому циклам осадконакопления, обуславливая промышленную перспективность верхней части разреза сланценосной толщи.

Вопросами детальной стратиграфии, а также реконструкций палеоклиматических условий долгие годы занимался и продолжает заниматься Михаил Алексеевич Рогов [146].

В 2000-х гг. специалистами ООО «ПГК» во главе с В. Н. Илясовым была разработана и сконструирована опытно-промышленная установка наклонно-горизонтального бурения для разработки месторождений горючих сланцев Волжского бассейна. Параллельно с этим была разработана экспериментальная шнековая установка для пиролиза горючих сланцев.

В 2014 г. Василием Юрьевичем Кольцовым из кернового материала первого пласта горючих сланцев был получен редкий элемент рений в концентрации до 1 г/т (результаты испытания ВНИИХТ, протокол № 836-5-1/14).

В 2016 г. Светланой Борисовной Ромаденкиной совместно с коллегами были детально исследованы процессы пиролиза горючих сланцев Коцебинского месторождения с целью получения твердых, жидких и газообразных продуктов. Установлен состав полученных сланцевых продуктов, предложены различные направления их использования [97, 98, 99].

В настоящий момент наиболее важным является определение влияния условий формирования волжских горючих сланцев на качество и объем продуктивной толщи. Необходимо определить связь между литологическими и технологическими свойствами горючих сланцев с целью разработки полноценной модели сланценосной толщи месторождений горючих сланцев. Выделение и детальное изучение основных литологических и геохимических параметров, определяющих качество и объем сланценосной толщи, позволит разработать прогнозную схему распределения качественных характеристик продуктивной толщи внутри Волжского бассейна. Помимо этого, в связи с последними открытиями высоких концентраций рения, необходимо разработать критерии для проведения дальнейших поисково-оценочных и разведочных работ с целью выявления наиболее перспективных пластов горючих сланцев, обогащенных рением.

2. Геологическое строение и сланценосность Волжского бассейна

2.1. Литолого-стратиграфическая характеристика

Литолого-стратиграфический анализ проведен на основании данных кернового материала скважины № 559 Перелюбского месторождения, где представлен наиболее полный разрез сланценосной толщи Волжского бассейна. В стратиграфическом разрезе территории исследования (Перелюб-Благодатовская площадь) выделяются породы различного возраста, начиная с позднепермского возраста, а именно с татарского яруса, венчающего разрез палеозоя, и заканчивая комплексом отложений четвертичной системы. Сланценосная толща Волжского бассейна принадлежит средневолжскому подъярису верхней юры и, как это подтверждено палеонтологическими данными Хабарова в 1985 г., полностью отвечает зоне *Dorsoplanites panderi*. Сланценосная толща имеет не повсеместное распространение. Наиболее детально изучены верхнеюрские отложения, включающие в себя зоны *Dorsoplanites panderi* и *Virgatitus*

Палеозойская группа (PZ)

Пермская система (P)

Верхний отдел (P₃)

Татарский ярус. Породы данного яруса вскрыты на севере и северо-востоке площади скважинами структурного бурения. Они представлены пластичными глинами кирпично-красного цвета с прослоями розовато-сиреневых мергелей и зеленовато-серых песчаников. Для нижней части разреза характерна загипсованность и полное отсутствие органических остатков.

Мощность колеблется от 130 до 260 м.

Мезозойская группа (MZ)

Породы мезозоя широко распространены в Волжском бассейне. В их составе выделены нижнетриасовые, средне-верхнеюрские и меловые отложения.

Триасовая система (Т)

Нижний отдел (Т₁)

Нерасчлененные пестроцветные породы нижнего триаса вскрыты скважинами структурного бурения на севере, юге, юго-востоке, юго-западе и в центральной части площади. По литологическому составу в их разрезе условно выделяется три толщи:

нижняя — красно-бурые пески с прослоями глин такой же окраски, мощность 125–150 м;

средняя — известковистые и песчаные глины с прослоями песков, мощность 45–50 м;

верхняя — представлена переслаиванием серых глин с прослоями песчаников, приуроченных к нижней части, и зеленовато-серых, голубоватых и кирпично-красных глин, выделяющихся в верхней части толщи, мощность 35–40 м.

Нерасчлененные пестроцветные породы нижнего триаса, в частности пестроокрашенные глины верхней толщи, вскрыты скважинами в процессе поисково-оценочных работ преимущественно к западу от Перелюбского месторождения. Максимальная мощность нижнетриасовых отложений по поисковым скважинам составила 14–21 м. Суммарная мощность нижнетриасовых пород, по данным структурного бурения, колеблется от 85 до 250 м.

Средне-верхнетриасовые и нижнеюрские отложения в строении разреза не участвуют в связи с перерывом в осадконакоплении.

Юрская система (J)

В составе юрской системы выделяются только породы среднего и верхнего отделов, залегающие с размывом на нижнетриасовых отложениях.

Средний отдел (J₂)

Нерасчлененные байос-батские песчаные отложения вскрыты скважинами на юго-западе, юге и востоке территории. В их разрезе выделяются две пачки.

Нижняя пачка включает в себя пласт серо-зеленого кварцево-глауконитового песчаника среднезернистого, крепкого, который перекрывается глинами и слюдистыми песками.

В основании верхней пачки залегает пласт песчаников мощностью до 2 м, который вверх по разрезу сменяется песками, а затем глинами серого и зеленовато-серого цвета.

Мощность байос-батских отложений, вскрытых поисково-оценочными скважинами, изменяется от первых метров до 20–23 м. По данным структурного бурения, полная мощность отложений достигает 60 м.

Келловейский ярус сложен серыми, коричневато-серыми песчанистыми глинами с прослоями белого или серого мелкозернистого кварцевого песка. В глинах отмечаются растительные остатки фауны, стяжения пирита.

Полная мощность келловейских отложений, по данным поисковых работ, колеблется от первых метров до 54,3 м. По результатам структурного бурения она составляет 50–60 м.

Верхний отдел (J₃)

Верхнеюрские породы залегают с угловым несогласием на среднеюрских. В их разрезе выделены породы волжского яруса.

Волжский ярус в пределах рассматриваемой территории представлен морскими образованиями, которые распространены в виде меридионально вытянутых эрозионных останцов в восточной (Коцебинское месторождение), центральной (Перелюбское месторождение) и западной (западный участок Перелюбского месторождения) части описываемого района, изолированных друг от друга.

Характер границы волжских отложений с подстилающими породами в различных участках исследованной территории неодинаков. На Перелюбском месторождении волжская толща залегает на разновозрастных отложениях, от байос-батских до келловейских — с небольшим размывом. Литологическая граница везде отчетлива. Здесь в основании толщи фиксируются единичные мелкие фосфоритовые гальки.

На всей остальной части распространения волжских отложений в основании толщи присутствует фосфоритовый горизонт. Он залегает с угловым и стратиграфическим несогласием на отложениях келловейского яруса. Контакт - резкий, волнистый. Горизонт представлен песчаниками с карбонатно-фосфоритовым цементом, а также с фосфоритовыми желвачками и фосфатизированными остатками фауны, зачастую создающими конгломератовую структуру (фосфоритовую плиту). Мощность горизонта не превышает 0,5–1,0 м. По палеонтологическим данным, формирование этого горизонта датируется средневолжским временем.

По характерной фауне средневолжский подъярус делится на две фаунистические зоны: нижняя — с фауной *Dorsoplanites panderi* и верхняя — с фауной *Virgatites Virgatus* (Рисунок 2). Литологическая граница между этими зонами четко выражена в разрезе сменой

темноокрашенных сапропелевых глин пандериевой зоны светлоокрашенными породами зоны

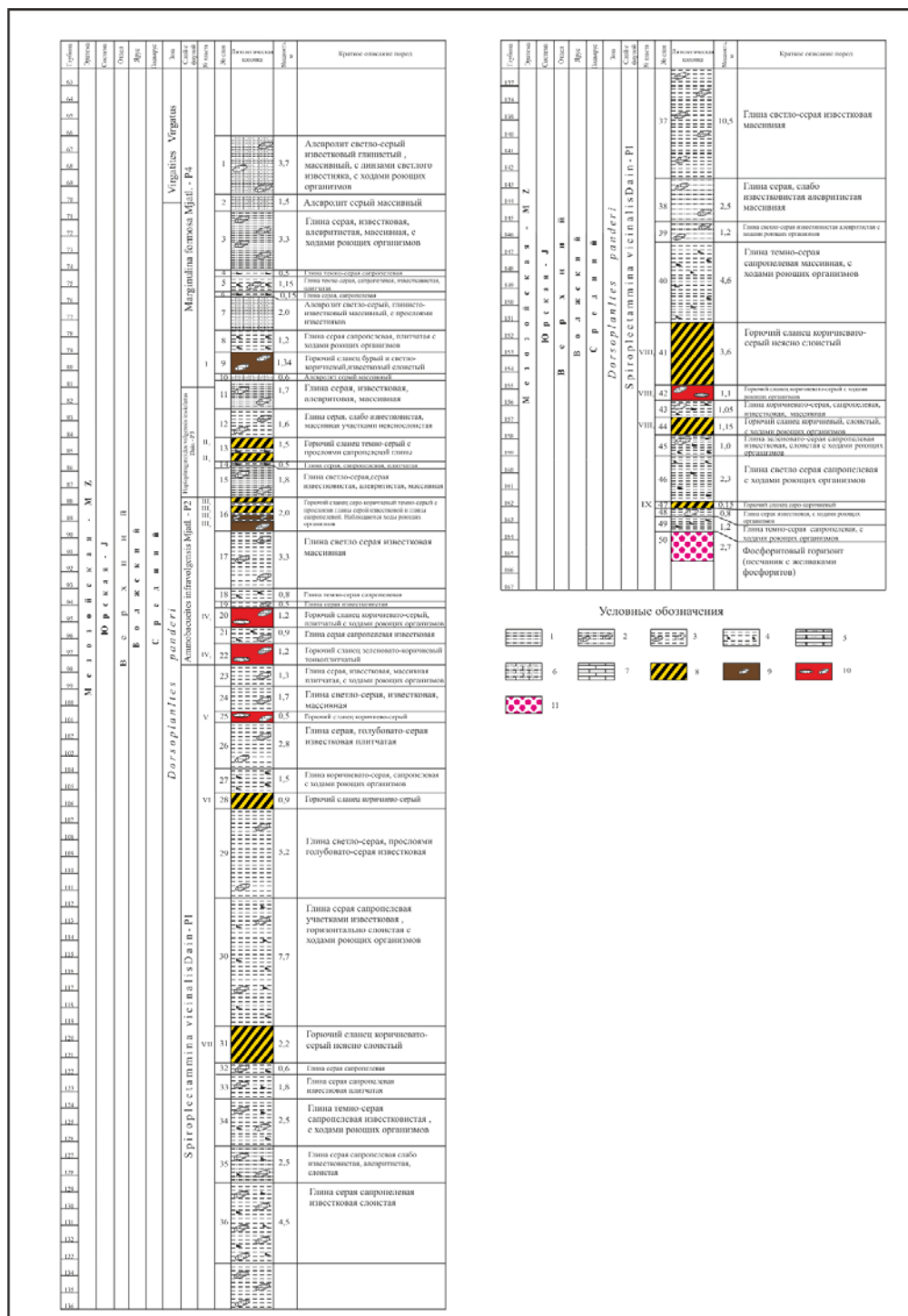


Рисунок 2 — Литолого-стратиграфический разрез скважины № 559

Перелюбского месторождения, масштаб 1 : 100; составили Т. Ф. Букина, В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — глины алевроитистые; 2 — глины известковые алевроитистые; 3— глины известковистые; 4 — глины сапропелевые; 5 — песчаник; 6 — алевролиты; 7 — известняки; 8 — горючие сланцы известковистые; 9 — горючие сланцы известковые; 10 — горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОВ; 11 — песчаники с фосфатными желваками

Пандериевая зона: вся сланценосная толща в общем объеме в стратиграфическом отношении принадлежит зоне *Dorsoplanites panderi*. В разрезе этой зоны выделяются слои с фораминиферами, сменяющие друг друга в следующей последовательности, снизу вверх [17, 33,

Spiroplectammina vicinalis Dain;

Ammobaculites infravolgensis Mjatluk;

Haplophragmoides volgensis Dain;

Marginulina Formosa Mjatl.

Слои с *Spiroplectammina vicinalis* Dain

Начинают разрез сланценосной толщи на Коцебинском и Перелюбском месторождениях, залегают со стратиграфическим несогласием на батских или келловейских отложениях. Представлены ритмичными чередованиями мощных пластов глин (7–10 м) светло-серой, голубовато-серой окраски, как правило, известковистых и известковисто-сапропелевых (мощностью до 5 м). Также в нижней части разреза выделяются зеленовато-серые разности глин совместно с горючими сланцами коричневатого оттенка, пласты № 9, 8₁, 8₂, 8₃, 7₁, 7₂, 6, 5. Их мощность колеблется от 0,5 до 3 м.

Помимо фораминифер, в породах присутствуют характерные для зоны *Dorsoplanites panderi* макрофаунистические остатки: аммониты *Dorsoplanites panderi* и др., белемниты; двустворчатые моллюски, гастроподы, брахиоподы, морские ежи. Рассматриваемые отложения выделяются в глубоких впадинах Перелюбского месторождения. Мощность — 67–70 м.

Слои с *Ammobaculites infravolgensis* Mjatluk

Представлены в нижней части чередующимися пластами горючих сланцев зеленовато-коричневых и коричнево-серых цветов мощностью 1,2 м и серых известковистых глин (0,5–тонкими (0,15–0,2 м) прослоями горючих сланцев. Пласты горючих сланцев: 4₁; 4₂. Отложения распространены повсеместно на Перелюбском и Коцебинском месторождениях. Мощность — 7,8 м.

Слои с *Haplophragmoides volgensis* Dain

Рассматриваемый стратон складывается преимущественно глинами двух типов: серыми известковистыми, в разной степени обогащенными алевритовым материалом (до 1,8 м), и серыми глинами слабоизвестковистыми и бескарбонатными, слюдистыми (1,6 м). Подчиненное положение в толще занимают пласты горючих сланцев сложного строения.

Нижние пласты в сумме (2,0 м) –3₁, 3₂, 3₃, 3₄ представлены серо-коричневыми сланцами, известковистыми прослоями, переходящими в темно-серые сланцы. Коричневато-серые сапропелевые глины и серые известковые глины. Горючие сланцы верхней части разреза глины. Отложения распространены повсеместно на Перелюбском и Коцебинском месторождениях. Мощность — 9 м.

Слои с *Marginulina Formosa* Mjatl

Данное стратиграфическое подразделение представлено в основном чередованием глин и алевролитов. Среди глин преобладают серые и темно-серые сапропелевые разности, обогащенные карбонатным и алевритовым материалом (мощность прослоев от 0,15 до 1,5 м), с прослойками темно-серых горючих сланцев (0 пласт) и некарбонатных глин. Самый мощный пласт (1,3 м) — 1 м, в подошве начинается зеленовато-серыми и коричневато-серыми, с обилием фауны, сланцами мощностью 0,2–0,4 м, которые затем сменяются сланцами желтовато-коричневыми и светло-коричневыми, плотными, легкими, известковистыми. Далее идут алевролиты серые и светло-серые (0,6–2 м), известковые и глинистые. Отложения распространены повсеместно на Перелюбском и Коцебинском месторождениях. Мощность — 10,04 м.

Общая мощность зоны *Dorsoplanites panderi* в опорной скважине № 559 составляет

Виргатитовая зона представлена в основании известняками с прослоями алевролитов, мергелей и глин. Глины чаще залегают в нижней части разреза, чередуясь с глинистыми известняками. В основании глины серые, плотные, известковистые. Характерной их особенностью является большое содержание гипса и слюды, фрагментов переотложенного известкового материала.

Известняки серые, скрытокристаллические плотные, крепкие, участками окремненные. Алевролиты светло-серые, мелкозернистые, крепкие на карбонатном цементе. В отложениях

зоны Virgatites Virgatus встречается разнообразная многочисленная фауна: аммониты, двухстворчатые моллюски, брахиоподы, морские лилии. Наиболее насыщена верхняя часть разреза. Ауцеллы иногда даже образует целые прослои. Характерен гигантизм аммонитов Virgates, двухстворок — Stenostreon и других форм.

Мощность — 30 м.

Меловая система (K)

Нижний отдел (K₁)

Нижнемеловые отложения вскрыты на востоке Коцебинского месторождения. Представлены они песчано-глинистыми породами готерива и апта.

Готеривский ярус сложен в основном толщей черных и темно-серых аргиллитоподобных глин, в основании которых залегают глауконит-кварцевые пески. Мощность — 20–30 м.

Аптский ярус представлен темно-серыми песчанистыми глинами с прослоями и линзами песков и песчаников. Мощность — 25 м.

Верхний отдел (K₂)

В составе отдела выделяется только маастрихтский ярус, который распространен ограниченно, слагая отдельные останцовые возвышенности на юго-востоке Коцебинского месторождения.

Ярус представлен белым писчим мелом и мелоподобным глинистым известняком, серым, иногда песчанистым. В основании отложений залегает маломощный (0,1–0,2 м) слой фосфоритовой гальки. Мощность — 10 м.

Кайнозойская группа (KZ)

Неогеновая система (N)

На территории работ неоген представлен акчагыльским ярусом плиоцена.

Плиоцен (N₂)

Акчагыльский ярус. Породы, слагающие разрез яруса, имеют повсеместное распространение и с размывом залегают на отложениях виргатитовой и пандериевой зон

средневожского подъяруса, а также на породах палеозойского возраста в пределах доакчагыльских палеодолин. Разрез сложен в основном глинами серыми, желтовато-серыми, коричневатого-серыми, плотными, слюдистыми. Часто глины в различной степени опесчанены и переходят в глинистые пески мелко-тонкозернистые, полимиктовые, с галькой известняка, песчаника и окисленного горючего сланца. Мощность — от первых метров до 180 м.

Эоплейстоцен (Q₂)

Апшеронский ярус широко распространен и представлен континентальными (сырцовыми) образованиями. Сложен глинами и суглинками желтовато-бурыми, бурыми, коричневатого-бурыми, пористыми, алевроитистыми, песчанистыми. В подошве часто прослеживаются пески мелко-среднезернистые, кварцевые, в различной степени глинистые, что обуславливает обводненность околосланцевых разрезов. Мощность колеблется от первых метров до 30 м.

Четвертичная система (Q)

Четвертичные отложения распространены повсеместно. По генезису среди них выделяются: аллювиальные, делювиальные, эллювиальные, проллювиальные и смешанные типы отложений. Литологически они представлены галечниками, песками, суглинками и супесями. Мощность — 5–10 м.

Как видим, разрез мезозоя имеет сложное геологическое строение, представлен породами морского генезиса, наблюдается большое колебание мощностей по всей площади месторождения, имеются как угловые, так и стратиграфические несогласия. Исследуемый объект связан с интервалом вожского яруса, средневожского подъяруса, зоны *Dorsoplanites panderi* (D.p.), содержащей до 10 пластов горючих сланцев, сложного (от 2 до 4 прослоев) и более простого (1 прослой) строения с вмещающими известковыми и сапропелевыми глинами, а также алевролитами и известняками. Это позволяет отнести зону D.p. к продуктивной толще, а выделяющиеся в ней пласты горючих сланцев — к продуктивным пластам.

2.2. Тектоника

Волжский сланценосный бассейн расположен в пределах Волго-Уральской антеклизы и прибортовой зоны Прикаспийской синеклизы на юго-востоке Восточно-Европейской платформы. Бассейн развит в пределах нескольких крупных структурных элементов: Бузулукской впадины, Иргизского прогиба, Жигулевско-Пугачевского свода, Ершовского выступа (Рисунок 3) [119]. На севере граница бассейна эрозионная, совпадающая с выходами нижневолжских отложений на поверхность, на западе и востоке линия условная, приблизительно совпадающая с фациальным замещением горючих сланцев глинами; на юге не установлена, возможно, уходит под уровень Каспийского моря. Площадь бассейна — около 350 тыс. км².

В исследуемом районе работ выделяются десять месторождений горючих сланцев, шесть из которых расположены в Саратовской области и рассмотрены в данной работе. Ниже приводится описание тектонического строения исследуемых месторождений.

Озинковское месторождение

Озинковское месторождение приурочено к северо-западной окраине Озинковской структуры, которая располагается в непосредственной близости от зоны тектонических дислокаций в палеозойских отложениях (Рисунок 4), нарушающих сплошность перекрывающих его пород мезо-кайнозойского комплекса.

В мезозое (юрское время) общее опускание палеозойского комплекса временами прерывалось ввиду кратковременных эпейрогенических поднятий. Эпейрогенез Заволжья продолжался вплоть до альпийской складчатости. Наиболее интенсивное погружение Заволжье испытывает в начале верхнего палеоцена, в предакчагыльское время. Это погружение сопровождается дислокациями дизъюнктивного типа, получившими наибольшее развитие в его периферических частях. Некоторые разрывные нарушения оказали влияние на геометрию сланценосной толщи рассматриваемого месторождения. На приведенных ниже разрезах отчетливо видно ее блоковое строение и приуроченность одного из блоков к небольшому грабену (Рисунок 4). Такие особенности строения необходимо учитывать при подсчете запасов горючих сланцев на данном месторождении.

Характерной особенностью тектоники Озинского месторождения является унаследованность пликативных дислокаций, вследствие которой отложения мезозоя и палеоцена дислоцированы согласно с палеозоем.

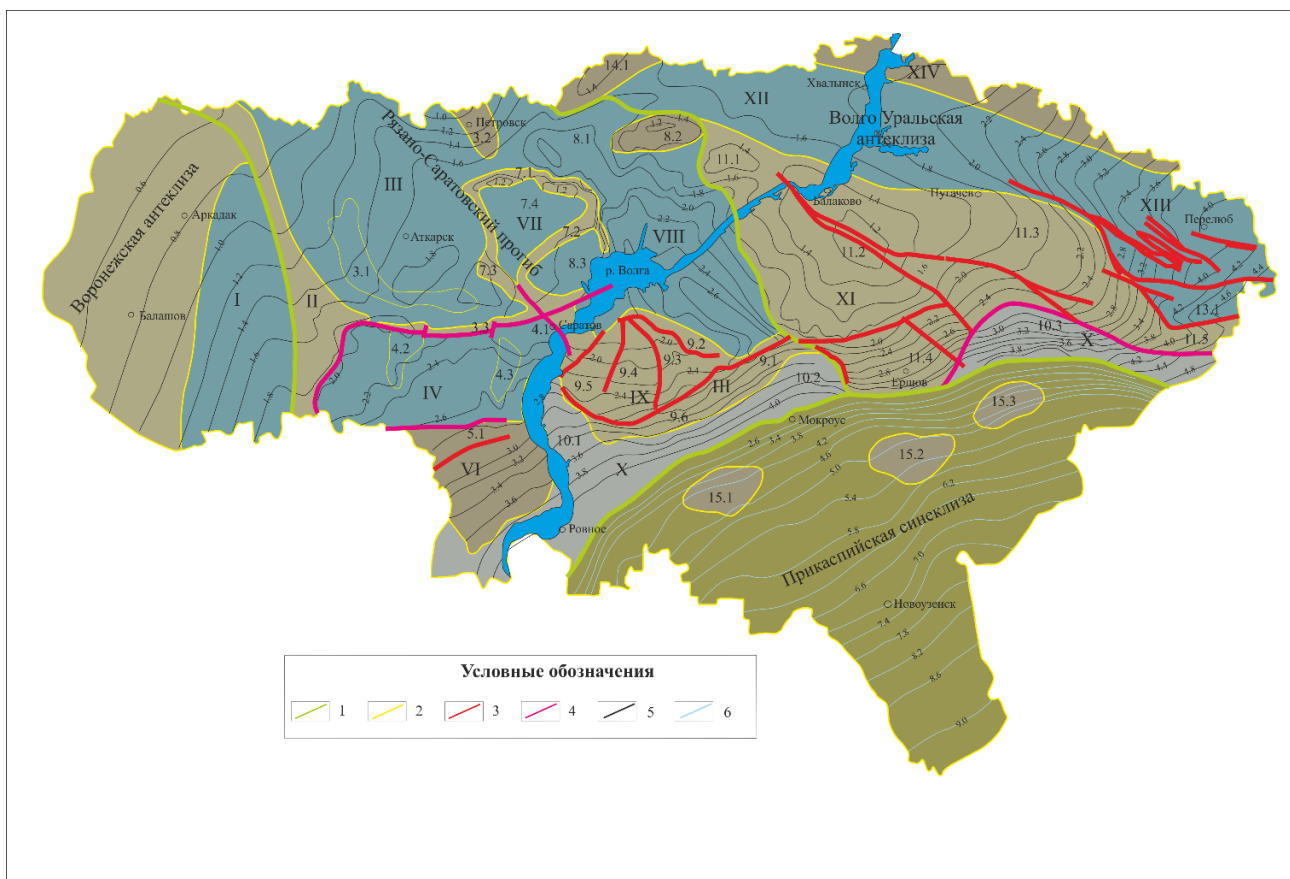


Рисунок 3 — Тектоническая схема Саратовской области; масштаб 1 : 1000000;

составил В. П. Шебалдин

Условные обозначения: 1 — границы структур I порядка; 2 — границы структур II порядка; 3 — разрывные нарушения предфаменского возраста; 4 — разрывные нарушения послепалеозойского возраста; 5 — изогипсы по подошве саргаевских отложений pD_3^{sr} ; 6 — изогипсы по подошве соленосных кунгурских отложений pP_1^k ; **Воронежская антеклиз**: I — Аркадакский прогиб; II — Баландинско-Ртищевский вал; III — Аткарская впадина: 3.1 — Идолгинская приподнятая зона; 3.2 — Петровский вал; 3.3 — Елшано-Сергиевский вал; IV — Карамышская впадина: 4.1 — Карамышский вал; 4.2 — Урицкий вал; 4.3 — Горючкинский вал; V — Доно-Медведицкие дислокации: 5.1 — Некрасовский вал; VI — каменная структурная терраса; VII — Саратовские дислокации: 7.1 — Оркинско-Тепловский вал; 7.2 — Хлебновско-Ириновский вал; 7.3 — Огаревско-Покровский вал; 7.4 — Корсаковская впадина; VIII — Воскресенская впадина: 8.1 — Белоярский прогиб; 8.2 — Казанлинский вал; 8.3 — Свинцовский прогиб; IX — Степновский сложный вал: 9.1 — Мечеткинская седловина; 9.2 — Фурмановско-Степновский блок; 9.3 — Отроговский блок; 9.4 — Полянско-Приволжский блок; 9.5 — Грязнушинский блок; 9.6 — Воскресенский блок; X — Бортовая зона Прикаспийской впадины: 10.1 — Волжский прогиб; 10.2 — Мокроусовский прогиб; 10.3 — Миларадовский прогиб; **Волго-Уральская антеклиз**: XI — Пугачевский свод: 11.1 — Терешкинская вершина; 11.2 — Балаковская вершина; 11.3 — Клинцовский выступ; впадина: 13.1 — Рубежинский прогиб; XIV — Жигулевский свод: 14.1 — Гусихинский вал; **Прикаспийская синеклиз**: 15.1 — Краснокутская приподнятая зона; 15.2 — Узеньская приподнятая зона; 15.3 — Алтатинская приподнятая зона

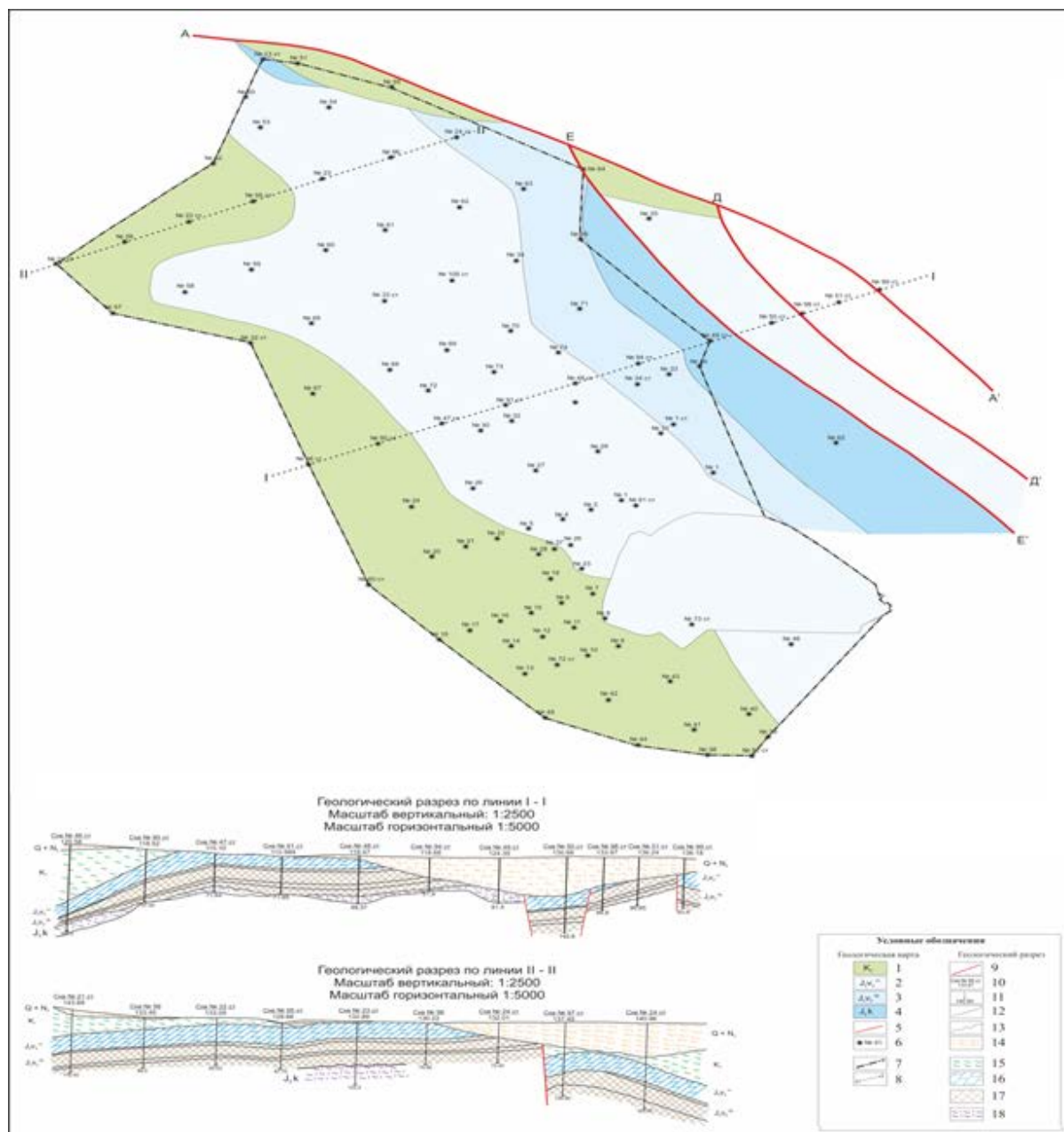


Рисунок 4 — Геологическая карта участков шахтных полей № 1 и № 2 Озинковского месторождения горючих сланцев; масштаб 1 : 20000; по материалам О. Н. Тусевича (1951)

Условные обозначения: **Геологическая карта:** 1 — отложения меловой системы. Нижний отдел; 2 — Отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона Virgatites virgatus; 3 — отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона Dorsoplanites panderi; 4 — отложения юрской системы. Средний отдел. Келловейский ярус; 5 — разрывные нарушения; 6 — скважины и их номера; 7 — границы участков шахтных полей № 1 и № 2 Озинковского месторождения; 8 — геологический разрез по линии I-I. **Геологический разрез:** 9 — разрывные нарушения; 10 — номер (числитель) и альтитуда (знаменатель) скважины; 11 — глубина скважины; 12 — геологические границы отложений; 13 — стратиграфическое несогласие; 14 — песчано-глинистые отложения четвертично-неогеновой системы; 15 — глинистые нижнемеловые отложения; 16 — глинисто-карбонатные отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона Virgatites virgatus; 17 — глинисто-сланцесносные отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона Dorsoplanites panderi; 18 — глинистые отложения с фосфоритовыми желваками юрской системы. Средний отдел. Келловейский ярус

В пределах северо-западной части Озинской структуры наибольшее понижение расположено в ее сводовой части. Крылья понижения осложнены сбросами. Углы падения превышают 15 градусов. Расстояние от юго-западных и северо-восточных крыльев до оси мульды 1300–1400 метров, ширина понижения около 2 км.

Приподнятые части структуры (северо-восточные и юго-западные крылья) также осложнены тектоническими нарушениями типа сдвига-сбросов.

Кашпир-Хвалынская площадь

Кашпир-Хвалынская сланценосная площадь расположена в юго-восточной части Русской платформы, на восточном борту Вольской впадины, которая, в свою очередь, осложняет строение Ульяновско-Саратовской синеклизы (Рисунок 5).

Образование обширной наложенной Ульяновско-Саратовской синеклизы в пределах западных склонов Жигулевского и Пугачевского сводов связано с крупной перестройкой тектонического плана описываемой территории, начавшейся в раннеюрское время и закончившейся к концу палеогена. К югу от Кашпир-Хвалынской площади Ульяновско-Саратовская синеклиза простирается на большую часть древнего Рязано-Саратовского прогиба.

Юрско-палеогеновый структурный комплекс, выполняющий данную синеклизу, залегает с региональным перерывом и значительным угловым несогласием на нижележащих породах фаменско-артинского и кунгуро-триасового формационных комплексов. Слагающие его породы характеризуются слабым погружением на запад, величина которого в среднем по площади не превышает 3–4 м на 1 км.

Достоверные разрывные нарушения на рассматриваемой площади не установлены. Однако по данным предварительного дешифрирования аэрофотоматериалов и космоснимков намечена система предполагаемых нарушений регионального характера северо-восточного и субширотного простирания. По данным структурного бурения близ западной границы площади, вдоль долины реки Терешки намечается флексурный перегиб слоев, совпадающий в плане с одним из предполагаемых разломов. Аналогичные флексурные перегибы пластов имеются на участках Кашпирского месторождения горючих сланцев.

Бурением поисковых скважин установлено, что вскрытые породы мезо-кайнозойского возраста на описываемой территории залегают горизонтально. Наличие в разрезе тектонических нарушений не подтвердилось. Лишь в южной части площади скважинами № 103 и № 112 установлен разлом, имеющий северо-восточное простирание, геоморфологически

проявляющийся в прямолинейном характере долины р. Терсы, приуроченной к ослабленной зоне этого нарушения.

В данном месторождении тектоническое строение региона фактически не оказывает значимого влияния как на формирование, так и на геометрию сланценосной толщи. Обращают на себя внимание лишь значительные мощности перекрывающих отложений (до 200 м), что увеличивает затраты на разработку и эксплуатацию данного месторождения.

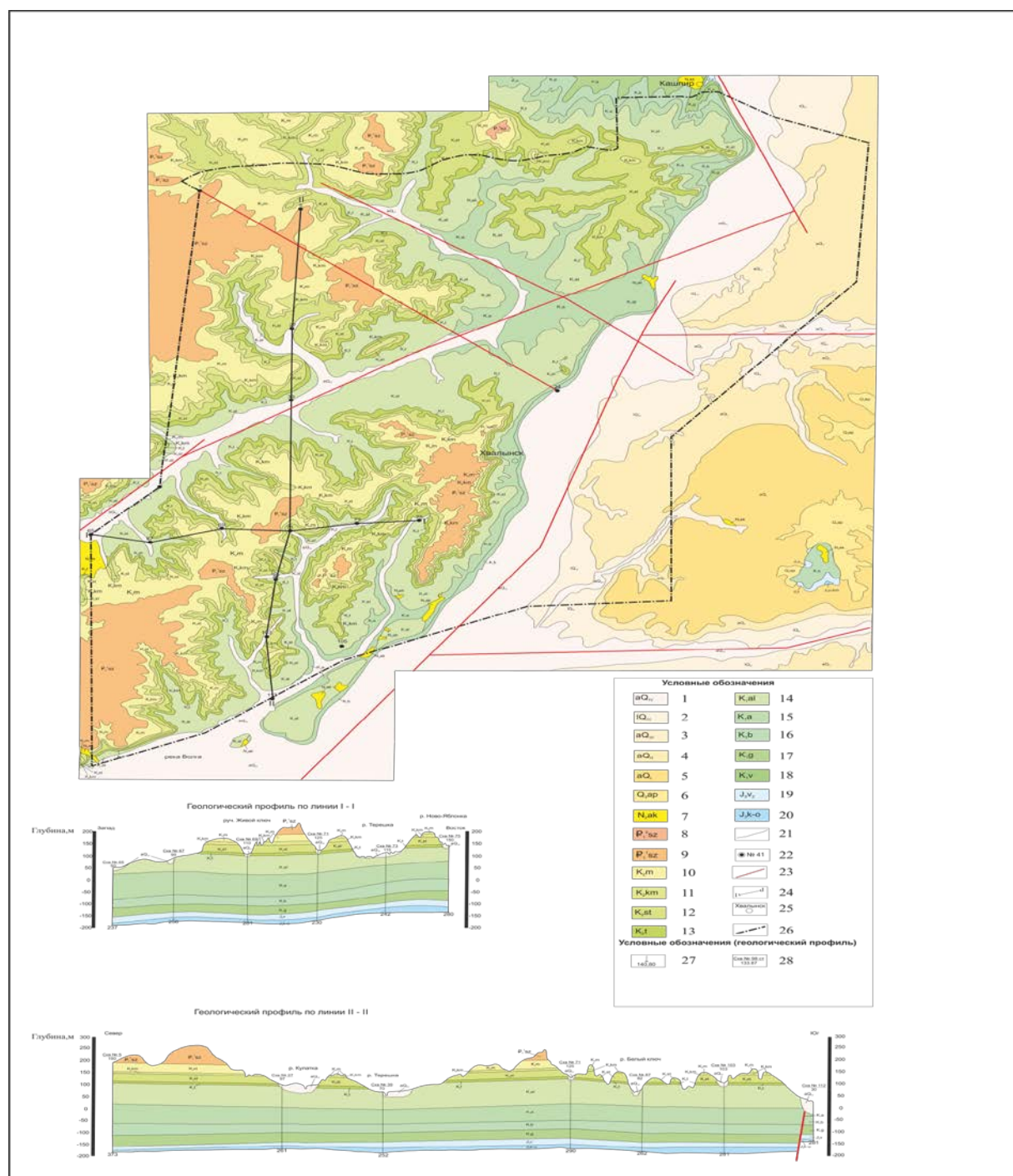


Рисунок 5 — Геологическая карта Кашпир-Хвалынской площади; масштаб 1 : 200000;
по материалам А. И. Пугачева; А. С. Чернова (1987)

Условные обозначения: **Геологическая карта:** 1 — четвертичная система. Голоцен. Аллювиальные отложения поймы. Пески, суглинки, супеси; 2 — четвертичная система. Плейстоцен. Верхнее звено. Лиманно-морские отложения. Глины, алевроиты; 3 — четвертичная система. Плейстоцен. Верхнее звено Аллювиальные отложения надпойменных террас. Глины, пески; 4 — четвертичная система. Плейстоцен. Среднее звено. Аллювиальные отложения. Пески, глины, суглинки; 5 — четвертичная система. Плейстоцен. Нижнее звено. Аллювиальные отложения. Пески, глины, суглинки; 6 — отложения четвертичной системы. Плейстоцен. Апшеронский ярус. Глины, суглинки; 7 — отложения неогеновой системы. Плиоцен. Акчагыльский ярус. Глины, пески; 8 — отложения палеогеновой системы. Палеоцен. Сызранская свита. Саратовские слои. Песчаники; 9 — отложения палеогеновой системы. Палеоцен. Сызранская свита. Нижне-верхнесызранские слои. Опока, песчаники, пески; 10 — отложения меловой системы. Верхний отдел. Маастрихский ярус. Серые мергели; 11 — отложение меловой системы. Верхний отдел. Кампанский ярус. Плотные мергели; 12 — отложения меловой системы. Верхний отдел. Сантонский ярус. Кремнистые мергели; 13 — отложения меловой системы. Верхний отдел. Туронский ярус. Мергели; 14 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Альбский ярус. Глины, пески; 15 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Аптский ярус. Глины, пески; 16 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Баремский ярус. Глины, пески; 17 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Готеривский ярус. Глины; 18 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Валанжинский ярус. Пески, песчаники, глины; 19 — глинисто-сланцевосные отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Dorsoplanites panderi*; 20 — отложения юрской системы. Верхний отдел. Келловейский, оксфордский, киммериджский ярусы. Глины; 21 — геологические границы отложений; 22 — номера скважин; 23 — разрывные нарушения; 24 — геологический разрез по линии I-I; 25 — населенные пункты; 26 — границы участка месторождения Кашпир-Хвалынской площади. **Геологический профиль:** 27 — забой скважины; 28 — номер скважины (числитель) и альтитуда стола ротора (знаменатель).

Орловское месторождение

В тектоническом отношении Орловское месторождение горючих сланцев изучено слабо. Разведанный участок приурочен к центральной части Неверкинско-Иргизского прогиба, а на палеогеологической карте, построенной для пред-среднеюрской поверхности несогласия [119], выделяется крупная моноклираль, наклоненная на юго-восток. В строении моноклинали основная роль принадлежит стратиграфическим подразделениям среднего и верхнего карбона, отдельные выходы которых на земную поверхность известны в верховьях Сухого Иргиза у сел Бартенежки и Ишково, у г. Пугачева и с. Каменная Сарма. Сложно построенная поверхность пред-среднеюрского размыта характеризуется разнообразными углублениями, в пределах сохранились образования более молодых образований широкого стратиграфического диапазона.

Так, в окрестностях сел Орловки и Селезни в оврагах имеются выходы мезозойских пород верхнеюрских и нижнемеловых отложений, а еще южнее, в окрестностях города Пугачева, опять появляются выходы палеозойских пород.

На территории Орловского месторождения продуктивная толща в центральной части перекрывается породами нижнего мела, а по периферии размыта аллювиальными образованиями

акчагыльского региона (Рисунок 6). Характерно практически горизонтальное залегание пород с незначительными уклонами к периферической части месторождения.

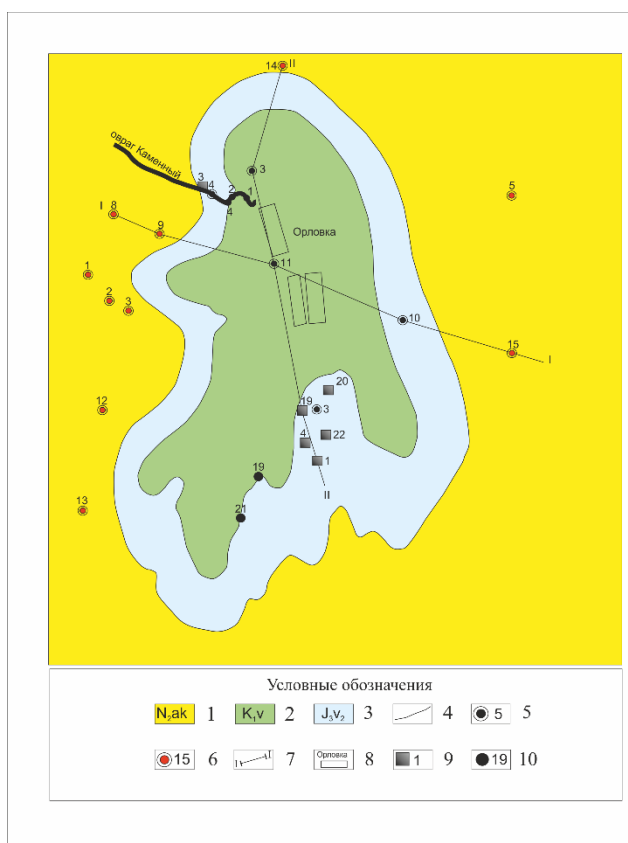


Рисунок 6 — Геологическая карта Орловского месторождения; масштаб

К
р

Условные обозначения: 1 — отложения неогеновой системы. Плиоцен. Акчагыльский ярус. Глины, пески; 2 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Валанжинский ярус. Пески, песчаники, глины; 3 — глинисто-сланцевые отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус; 4 — геологические границы отложений; 5 — скважины, вскрывшие продуктивную толщу; 6 — скважины, не вскрывшие продуктивную толщу; 7 — геологический разрез по линии I—I; 8 — населенные пункты; 9 — шурфы;

В

й

Таким образом, тектонические процессы, произошедшие в пред-, среднеюрскую эпоху, а также в начале акчагыльского века неогена, предопределили современную геометрию сланцевой толщи рассматриваемого месторождения.

Савельевское месторождение

Район Савельевского месторождения приурочен к зоне сочленения Неверкинско-Иргизского прогиба с Балаковской вершиной Пугачевского свода. И в своем тектоническом строении имеет много общего с Орловским месторождением. Средневожская сланцевая толща также приурочена к понижениям древнего рельефа, вероятно мульд, сформированным на эрозионно-тектонической поверхности палеозоя. Поскольку рассматриваемое месторождение, по сравнению с Орловским, смещено из прогиба к крылу крупной положительной структуры, пред-среднеюрская поверхность здесь отличается более сложным строением. Наблюдается трансгрессивное залегание среднеюрских отложений на разных более древних горизонтах палеозоя (пермотриасовых, казанских и верхнекаменноугольных).

Савельевское месторождение представляет собой поднятие, вытянутое в направлении с востока/юго-востока на запад/северо-запад. Исходя из данных геологической карты, можно

считать, что такое же простираение характеризует мульды, сопровождающие поднятие, вследствие чего в северо-западном, северном и восточном фрагментах месторождения происходит замыкание всех этих структурных элементов и полное опоясывание их валанжинскими, виргатитовыми и другими более древними слоями (Рисунок 7).

На Савельевском месторождении выделяется ряд мульд: Соловьевская, Безымянная, Михайловская. Соловьевская мульда на Рукополь-Корнеевском участке № 1 и № 2 выполнена средними и верхними горизонтами готерив-аптской толщи. Углы падения слоев в мульде колеблются от 5 до 8 градусов, а в отдельных случаях достигают 15 градусов. В то же время углы падения слоев севернее и южнее Соловьевской мульды не превышают 1 градуса.

Мульда Безымянная является продолжением к северо-западу Соловьевской мульды и выполнена средними горизонтами готерив-аптской глинистой толщи и в незначительной степени более верхними горизонтами. Углы падения в мульде не превышают 10 градусов.

Михайловская мульда протягивается вдоль южного фланга площади месторождения. Мульда сложная, так как в ее строении наблюдается чередование нескольких небольших вторичных мульд и поднятий. Две вторичные мульды приурочены к юго-западной части Михайловской мульды, причем обе в районе скважины № 16 сливаются, разделяя два мелких поднятия (первое — у скважины № 19, второе — у скважины № 38). Третья вторичная мульда отмечается в районе скважины № 71. Наиболее крутые углы падения слоев приурочены к последней, причем они не превышают 10 градусов. Михайловская мульда в основном также выполнена средними горизонтами готеривского и аптского ярусов.

Крупные дизъюнктивные дислокации среди верхнеюрских и нижнемеловых осадков не встречаются. Мелкоамплитудные сбросы в большом количестве вскрыты горными выработками в западной части Савельевского месторождения.

Рассматривая геологическую карту Савельевского месторождения, можно видеть, что Рукополь-Корнеевские участки № 1 и № 2 расположены на Восточной части Савельевского месторождения. Общая геологическая структура участков определяется тем, что площадь их приурочена к Соловьевской мульде, которая занимает всю центральную часть участка. На севере поднятие толщ, слагающих Соловьевскую мульду, выводит зону D.p. под третично-четвертичные отложения. Таким образом, здесь прослеживается естественная граница участка и месторождения. Так как поднятие слоев осложнено мелкими, отрицательными структурами второго порядка, создается определенная фестончатость линии размыва с образованием уже за пределами мульды и месторождения останцов, уцелевших от размыва, вследствие наличия мульдочек второго порядка.

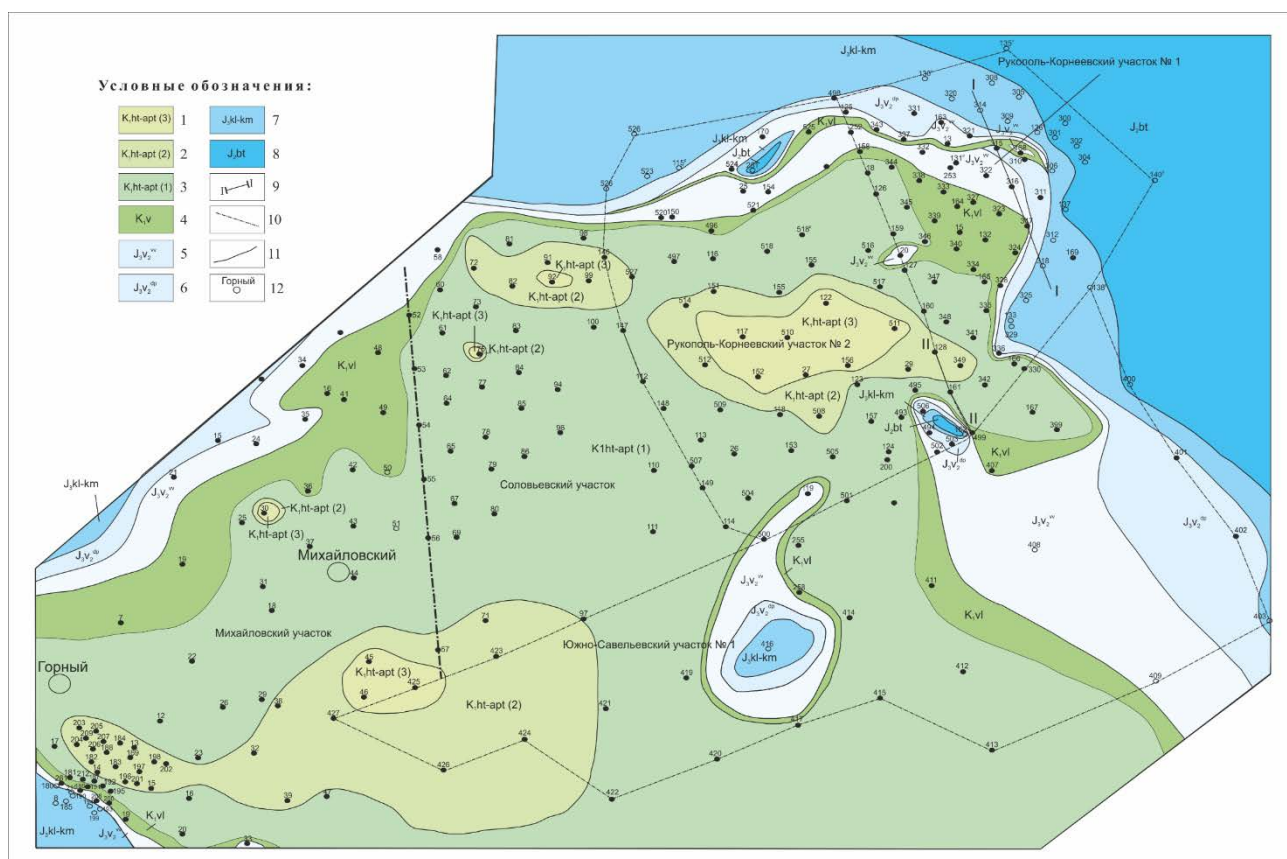


Рисунок 7 — Геологическая карта Савельевского месторождения; масштаб 1 : 20000; по материалам Х. Ф. Вейса (1952)

Условные обозначения: 1 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Готеривский и аптский ярусы. Верхний горизонт. Глины; 2 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Готеривский и аптский ярусы. Средний горизонт. Глины; 3 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Готеривский и аптский ярусы. Нижний горизонт. Глины; 4 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Валанжинский ярус. Пески, песчаники, глины; 5 — отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Virgatitus Virgatus*. Известняки; 6 — глинисто-сланцевосные отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Dorsoplanites panderi*; 7 — отложения юрской системы. Верхний, средний отдел. Келловейский, киммериджский ярусы. Мергелистые глины; 8 — отложения юрской системы. Средний отдел. Батский ярус. Известковистые глины; 9 — геологический разрез по линии I-I; 10 — границы участков; 11 — геологические границы отложений; 12 — населенные пункты.

К востоку также происходит поднятие борта Соловьевской мульды с выведением продуктивной толщи под третично-четвертичные отложения и с ее размывом. Поэтому и на востоке мы имеем естественную границу участка месторождения, причем характер ее такой же, как и на севере.

На юге выделяется поднятие борта Соловьевской мульды, но так как его амплитуда меньшая, продуктивная толща лишь приподнимается ближе к поверхности, и размыв ее захватывает лишь на ограниченных по площади и изолированных участках на юго-востоке. Разведка участков Южно-Савельевских № 1 и № 2, расположенных к югу от Рукополь-

Корнеевских участков, показала, что поднятие на юге участков Рукополь-Корнеевских № 1 и № 2 сменяется новым опусканием, приводящим к образованию новой, южной для месторождения Южно-Савельевской мульды.

На западе участков Рукополь-Корнеевских № 1 и № 2 мы также наблюдаем небольшое поднятие, которое быстро, уже за границей участков, переходит в новое опускание — Безымянную мульду.

Итак, продуктивная толща рассматриваемого месторождения характеризуется довольно сложным тектоническим строением, которое необходимо учитывать как на стадии разведки, так и при его эксплуатации. В частности, обращает на себя внимание неоднородная стратиграфия перекрывающих отложений, что приводит к контрастным изменениям в мощности вскрышных пород. В зависимости от способа возможной разработки данного месторождения, возможно, придется учитывать условия залегания сланценосных пластов, нехарактерные для древних платформ.

Перелюбское и Коцебинское месторождения

Перелюб-Благодатовская сланценосная площадь расположена на юго-востоке Русской платформы в пределах юго-западной части Бузулукской впадины (Рисунок 8).

Особенностью тектонического строения этого района является довольно сложное строение кристаллического фундамента, залегающего, по данным МПОЗ, по анализу физических полей (силы тяжести и магнитного), на глубине 4,0–4,5 км. Район является местом сочленения Глушицкого и Чаганского выступов Перелюбского грабена. Названные мегаблоки фундамента, в свою очередь, разделяются радиальными и секущими тектоническими нарушениями протяженностью в десятки километров на отдельные блоки, среди которых выделяются Центральное, Общесыртовское, Рубцовское и Щучкинское поднятия, а также Глушицкий горст, Южно-Чалыклинская и Перелюбская впадины.

На всех указанных структурах поверхность палеозоя несет на себе следы предмезозойского размыва.

Мезозойская часть осадочного чехла представлена также терригенно-карбонатными отложениями мощностью от 20 до 300 м. Поверхность мезозоя также несет следы регионального размыва, интенсивность которого определяется дифференцированными тектоническими движениями, проявившимися в преднеогеновое время. Наименьшему размыву подверглись Коцебинская и Щучкинская структуры, выделенные по данным бурения, наибольшему — Благодатовская, Перелюбская, Сестринская.

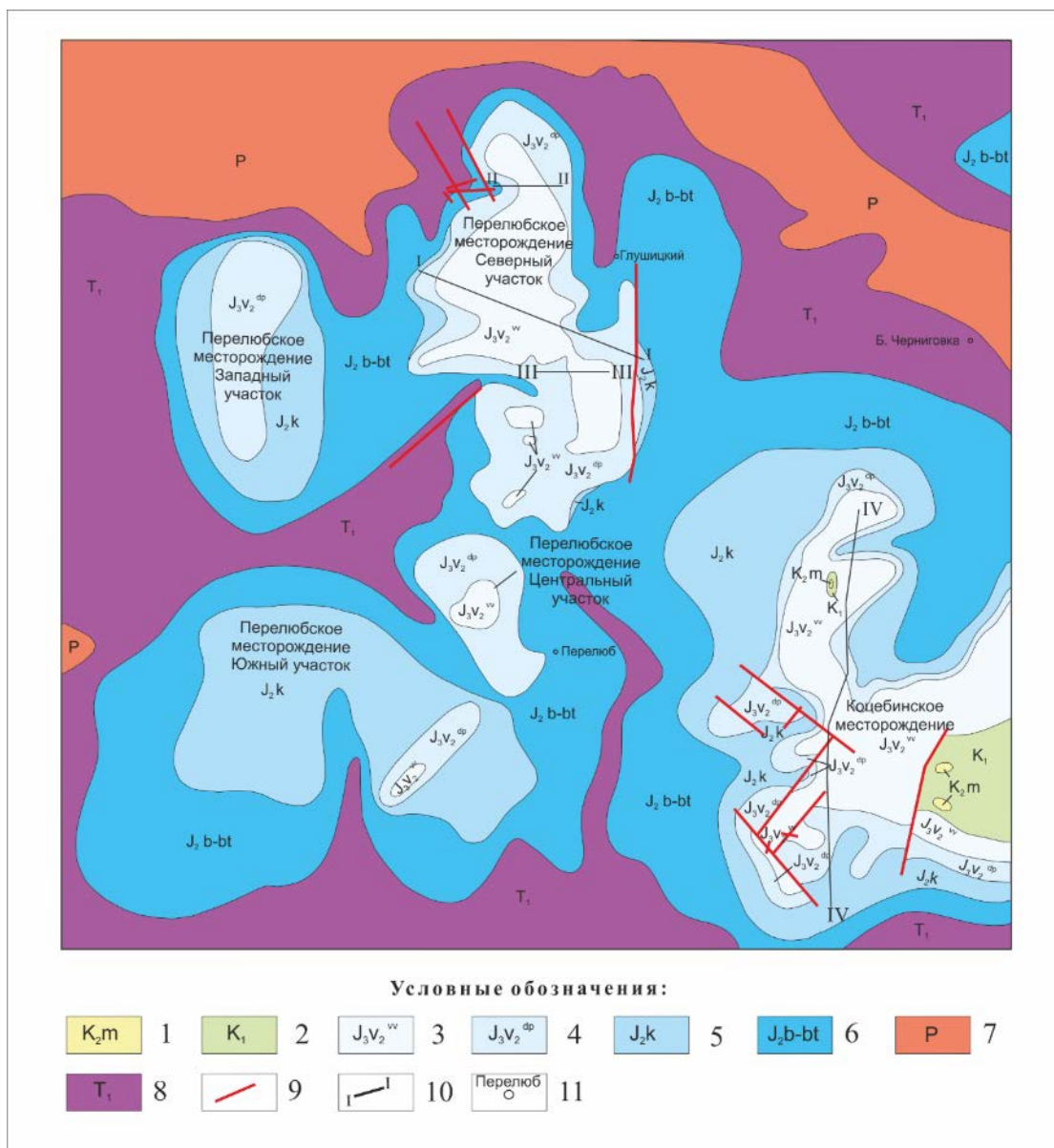


Рисунок 8 — Геологическая карта Перелюб-Благодатовской площади; масштаб 1 : 20000; по материалам В. П. Иовлева (1985)

Условные обозначения: 1 — отложения меловой системы. Верхний отдел. Маастрихский ярус. Серые мергели; 2 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Глины, пески; 3 — отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Virgatitus virgatus*. Известняки, мергели, известковые глины; 4 — глинисто-сланцевосные отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Dorsoplanites panderi*; 5 — отложения юрской системы. Средний отдел. Келловейский ярус. Глины; 6 — отложения юрской системы. Средний отдел. Байос-батский ярус. Пески, песчаники, глины; 7 — отложения пермской системы; 8 — отложения триасовой системы. Нижний отдел. Глины, пески; 9 — разрывные нарушения; 10 — геологический разрез по линии I—I; 11 — населенные пункты.

В геологической истории формирования среднего и верхнего этажей осадочного чехла изучаемой площади установлены две крупные перестройки структурного плана, оказавшие определенное влияние на объем и строение верхнеюрской сланценосной формации.

Первая перестройка происходила до начала сланценакопления в доволжское время, о чем свидетельствует разный возраст отложений, подстилающих сланценосную толщу, и различная их мощность, вплоть до полного размыва, особенно на Перелюбском месторождении. В это время произошло обновление разломов фундамента, что вызвало дифференцированные движения по ним отдельных блоков и формирование, с размывом части отложений, палеорельефа — ложа сланцевых отложений.

Палеорельеф ложа сланценосной толщи характеризуется наличием крупных и относительно глубоких, до 50–60 м, впадин меридионального простирания в центральной части Перелюбского месторождения, которые в первую очередь заполнялись сланценосными отложениями и к которым приурочено образование восьмого и девятого пластов горючих сланцев. Некоторое выравнивание палеорельефа ложа произошло во время образования седьмого пласта на Перелюбском месторождении. На Коцебинском месторождении сланценакопление еще не начиналось.

Более интенсивное накопление сланценосных отложений происходило в центральных частях впадины, о чем свидетельствует анализ мощностей этой части разреза. Окончательное выравнивание палеорельефа ложа осуществлялось только ко времени начала отложений пятого пласта, образование которого получило площадное развитие и происходило уже на выровненной поверхности территории, включающей в себя и Коцебинское месторождение. Процесс сланценакопления сопровождался периодическими колебаниями уровня моря в бассейне осадконакопления, о чем свидетельствуют следующие признаки:

- 1) наличие четкой горизонтальной микрослоистости и ритмичности сланценосных отложений;
- 2) различное содержание карбонатов в пластах сланцах и вмещающих их глинах;
- 3) некоторые различия в строении и мощности пластов 2–5 на Коцебинском месторождении по сравнению с одноименными пластами Перелюбского месторождения.

Таким образом, тектонические процессы, синхронные со верхнеюрской седиментацией, обусловили особенности строения продуктивной толщи (различное количество пластов сланцев в пределах рассматриваемых месторождений) и оказали влияние на седиментационные факторы, такие как эвстатические колебания уровня моря.

Вторая перестройка структурного плана Перелюб-Благодатовской площади произошла после накопления сланценосной толщи в предакчагыльское время и сопровождалась общим поднятием всей территории, дифференцированными восходящими движениями мегаблоков по обновленным разрывным нарушениям фундамента, образованием новых, локальным размывом, сланценосных горизонтов. Следовательно, тектонические процессы, связанные со второй перестройкой, вызвали значительные изменения исходных толщин продуктивной толщи, вплоть до ее полного размыва на локальных участках.

В пределах Перелюб-Благодатовской площади пласты горючих сланцев и вмещающие их глины залегают практически горизонтально. С тенденцией общего погружения в направлении с востока на запад и с севера на юг примерно 2–4 м на один километр/падение — доля градуса и лишь на локальных участках имеют углы падения до 3–5 градусов, обусловленные особенностями предволжского рельефа или наличием разрывных нарушений.

Буровыми работами на Перелюб-Благодатовской площади установлено 39 разрывных нарушений; 25 на Перелюбском месторождении, 14 на Коцебинском.

О наличии разрывных нарушений свидетельствует:

- 1) выпадение отдельных пластов горючих сланцев из литолого-стратиграфического разреза;
- 2) большие по величине относительные перепады абсолютных отметок кровли, почвы, одноименных пластов в соседних скважинах;
- 3) наличие зоны интенсивной экзогенной трещиноватости в районе Перелюбского месторождения;
- 4) линейное расположение геохимических аномалий и др.

Все установленные разрывные нарушения являются сбросами, что характерно для платформенных областей, где деформация пород осадочного чехла происходит под действием вертикальных тектонических сил, направленных со стороны фундамента платформы. Амплитуда смещения пластов по сбросам колеблется от 5 до 70 м. На Перелюбском месторождении преобладают сбросы с амплитудой смещения 30–40 м, на Коцебинском — 10–20 м. Для сбросов характерно закономерное увеличение амплитуды смещения сверху вниз по разрезу толщи в направлении к ложу впадины, что свидетельствует о связи разрывов с блоковыми движениями фундамента. Следовательно, при разработке месторождений будет необходимо учитывать особенности их тектонического строения.

Эрозионно-тектонический фактор

Одним из основных факторов, влияющих на формирование, развитие и сохранение продуктивной сланценосной толщи, является эрозионно-тектонический. С целью обоснования влияния эрозионно-тектонического фактора была проанализирована подошва сланценосной толщи, внутриформационные перерывы, а также поверхность сланценосной толщи Волжского бассейна.

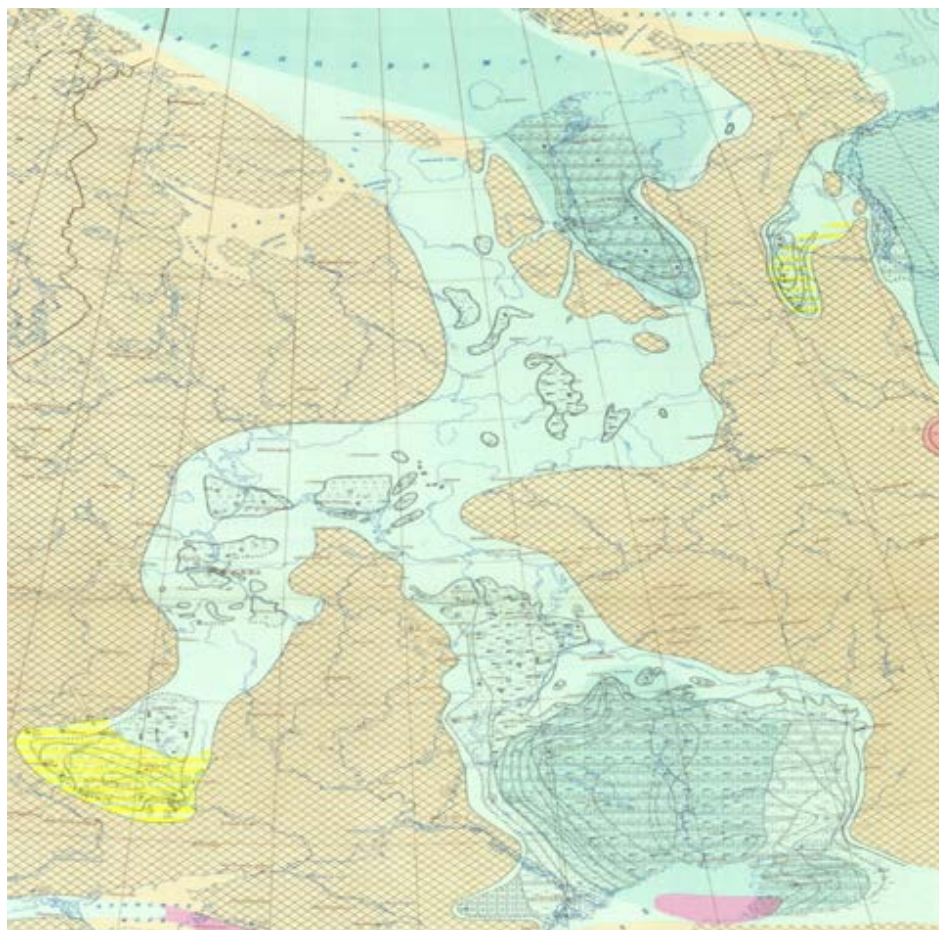
Фундамент платформы приурочен к одному из крупных террейнов — Волго-Уралии. Вся структура Волго-Уралии характеризуется развитием надвиговых зон. Внутри Волго-Уралии в фундаменте выделяется крупная положительная структура более мелкого порядка — Волго-Камская антеклиза — прогиб, в пределах которого и происходило дальнейшее формирование сланценосной толщи. Направление простирания — северо-восточное [80].

В среднеюрскую эпоху начинаются погружения, охватившие значительную часть Русской плиты. Море трансгрессирует с юго-востока и севера и проникает в Саратовскую впадину, где наблюдаются морские песчано-глинистые отложения мощностью до 100 метров. Арктические и Южные моря соединялись широким проливом на востоке плиты, однако эта связь не была постоянной и временами прерывалась [117, 118]. Максимум трансгрессии приходится на первую половину поздней юры — ниже-средневожский век. Именно в средневожское время происходит формирование сланценосной толщи, которая приурочена к палеопротив (Рисунок 9)

На всех рассматриваемых месторождениях отложения зоны *Dorsoplanites panderi* преимущественно залегают на среднеюрских отложениях келловейского яруса. Исключением является Перелюбское месторождение, где, как упоминалось выше, в результате крупной структурной перестройки сланценосные отложения подстилаются разновозрастными породами как средней, так и верхней юры. Именно в Перелюбском месторождении произошло формирование нижнего сланценосного горизонта, включающего в себя восьмой и девятый пласты горючих сланцев. Сланценосный горизонт выделяется не повсеместно и, как отмечалось ранее, встречается исключительно в глубоких впадинах меридионального простирания. Нижний сланценосный горизонт, включающий в себя восьмой пласт горючих сланцев, также отмечается и в Озинковском месторождении и выделяется в карстовых депрессиях пермского, триасового возраста, заполненных келловейскими отложениями.

Формирование среднего сланценосного горизонта, включающего седьмой пласт горючих сланцев и вмещающие породы, наблюдается в Перелюбском и Озинковском месторождениях. В

Перелюбском месторождении сланценосная толща продолжает формироваться во впадинах, постепенно их заполняя. В Озинковском месторождении сланценосный горизонт перекрывает отложения нижнего сланценосного горизонта, приуроченные к карстовым депрессиям.



1 2

Рисунок 9 — Фрагмент палеогеографической карты ниже- и верхневолжского времени верхнеюрского периода; составил А. П. Виноградов (1961)

Условные обозначения: 1 — морские условия осадконакопления; 2 — континентальные условия осадконакопления

Неповсеместное развитие нижнего и среднего сланценосного горизонта объясняется очень сложным, расчлененным строением подошвы сланценосной толщи. Данные сланценосные горизонты выделяются только в отрицательных структурах — палеопрогибах или карстовых впадинах.

Верхний сланценосный горизонт выделяется на всех шести исследуемых месторождениях и включает в себя первые шесть продуктивных пластов. Его образование и последующее накопление обуславливаются выравниванием палеорельефа сланценосного ложа, где к моменту начала формирования пятого пласта происходит окончательное выравнивание палеорельефа

ложа на Коцебинском и Перелюбском месторождениях. Также палеорельеф ложа выглаживается и на других месторождениях, исключением является Орловское месторождение, где верхний сланценосный горизонт представлен только тремя продуктивными пластами, тектонический и седиментационный факторы сыграли основную роль при формировании сланценосной толщи Орловского месторождения (Рисунок 10, 11). Данная площадь испытала незначительное погружение на фоне соседних площадей (Коцебинского, Савельевского, Озинковского). Незначительная глубина пролива и, как следствие, наличие слабовосстановительной обстановки на площади Орловского месторождения объясняет крайне низкое качество горючих сланцев по сравнению с близлежащими месторождениями, о чем будет сказано в следующих главах.

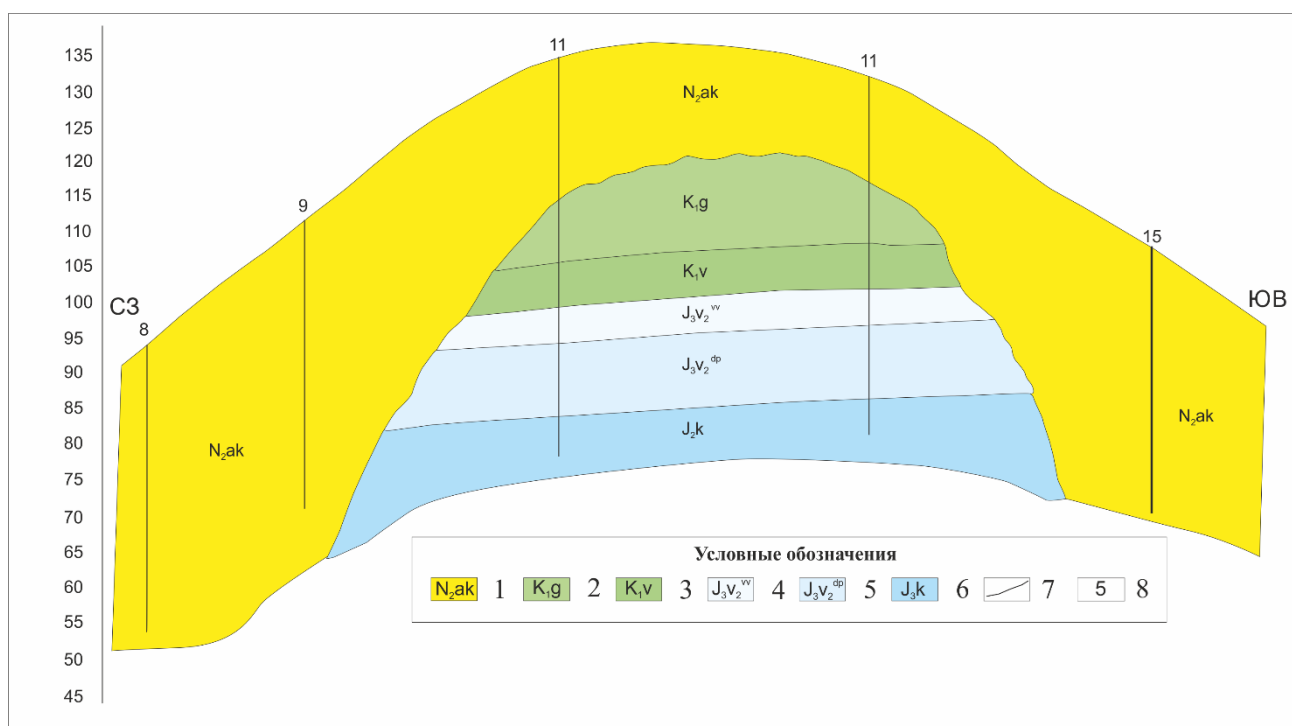


Рисунок 10 — Геологический профиль Орловского месторождения по линии I—I;
масштаб горизонтальный 1 : 25000; масштаб вертикальный 1 : 5000;
по материалам Первакова, Красильникова (1944)

Условные обозначения: 1 — отложения неогеновой системы. Плиоцен. Акчагыльский ярус. Глины, пески; 2 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Готеривский ярус. Глины; 3 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Валанжинский ярус. Пески, песчаники, глины; 4 — отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Virgatitus virgatus*. Известняки, мергели, известковые глины; 5 — глинисто-сланценосные отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Dorsoplanites panderi*; 6 — отложения юрской системы. Средний отдел. Келловейский ярус. Глины; 7 — геологические границы отложений; 8 — номер скважины

В целом же формирование верхнего сланценосного горизонта происходит в приблизительно одинаковых условиях: на это указывает выдержанная мощность, а также строение продуктивных пластов, первый пласт горючих сланцев является реперным для всех шести месторождений и имеет среднюю мощность 1 м. В связи с этим можно сделать вывод о том, что тектоническое влияние на формирование сланценосной толщи постепенно снижалось в направлении снизу вверх.

На участках развития акчагыльской гидрографической сети отмечается резкое сокращение или полное выклинивание продуктивной сланценосной толщи. В связи с этим сохранившаяся от размыва продуктивная толща представлена эрозионными останцами на левом берегу реки Волги, на правом берегу меловые отложения защитили от размыва продуктивную сланценосную толщу. Степень размыва уменьшается в направлении с востока на запад. Если на Перелюбском и Коцебинском месторождениях (Рисунок 8, 12, 13) в зонах размыва скважинами вскрыты отложения пермской и триасовой системы, то на Кашпир-Хвалынской площади (Рисунок 5) скважины вскрыли как верхне-, так и нижнемеловые отложения.

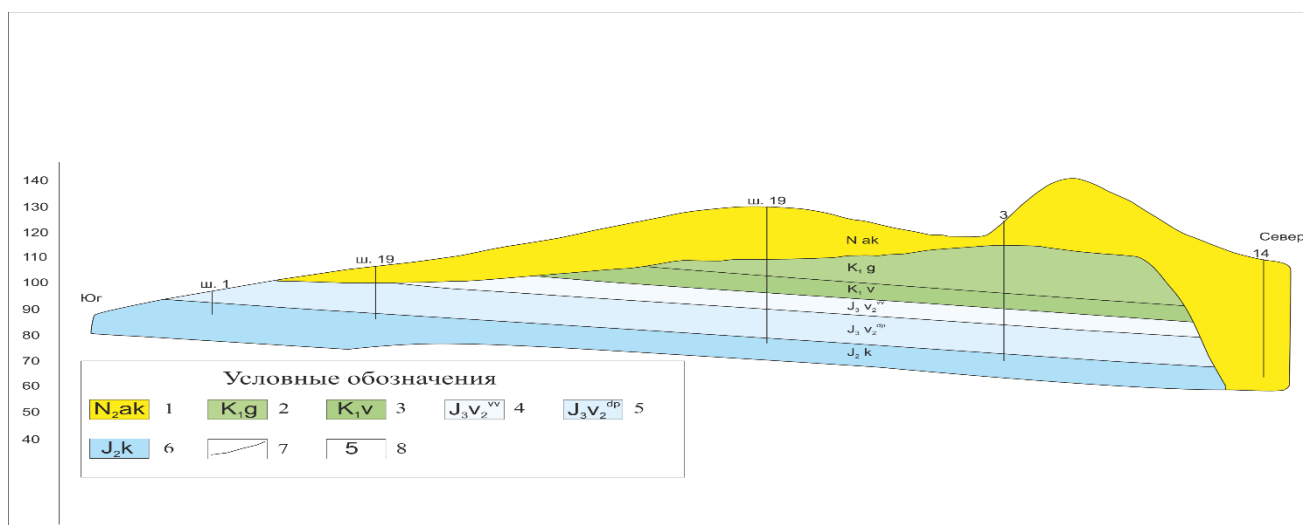


Рисунок 11 — Геологический профиль Орловского месторождения по линии II–II;

масштаб горизонтальный 1 : 25000; масштаб вертикальный 1 : 5000;

по материалам Первакова, Красильникова (1944)

Условные обозначения: 1 — отложения неогеновой системы. Плиоцен. Акчагыльская ярус. Глины, пески; 2 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Готеривский ярус. Глины; 3 — отложения меловой системы. Нижний отдел. Валанжинский ярус. Пески, песчаники, глины; 4 — отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Virgatitus virgatus*. Известняки, мергели, известковые глины; 5 — глинисто-сланценосные отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Dorsoplanites panderi*; 6 — отложения юрской системы. Средний отдел. Келловейский ярус. Глины; 7 — геологические границы отложений; 8 — номер скважины

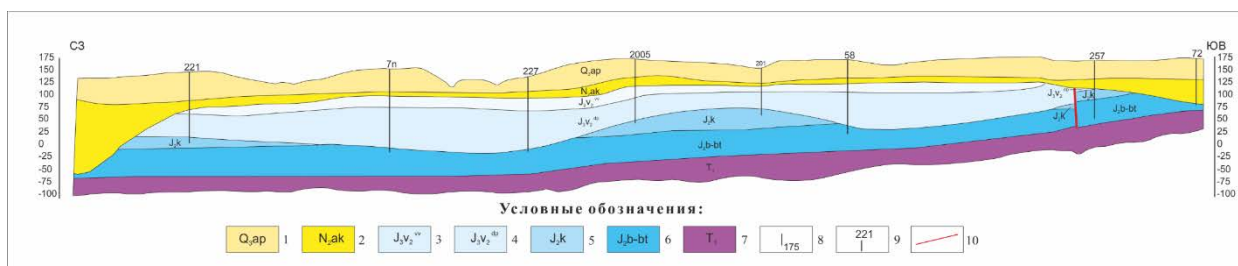


Рисунок 12 — Геологический профиль Перелубского месторождения по линии I–I;
масштаб 1 : 25000; по материалам В. П. Иовлева (1983)

Условные обозначения: 1 — отложения четвертичной системы. Плейстоцен. Апшеронский ярус. Глины, суглинки; 2 — отложения неогеновой системы. Плиоцен. Акчагыльский ярус. Глины, пески; 3 — отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Virgatitus virgatus*. Известняки, мергели, известковые глины; 4 — глинисто-сланценовые отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Dorsoplanites panderi*; 5 — отложения юрской системы. Средний отдел. Келловейский ярус. Глины; 6 — отложения юрской системы. Средний отдел. Байосский-батский ярус. Пески, песчаники, глины; 7 — отложения триасовой системы. Нижний отдел. Глины, пески; 8 — забой скважины; 9 — номер скважины; 10 — разрывные нарушения

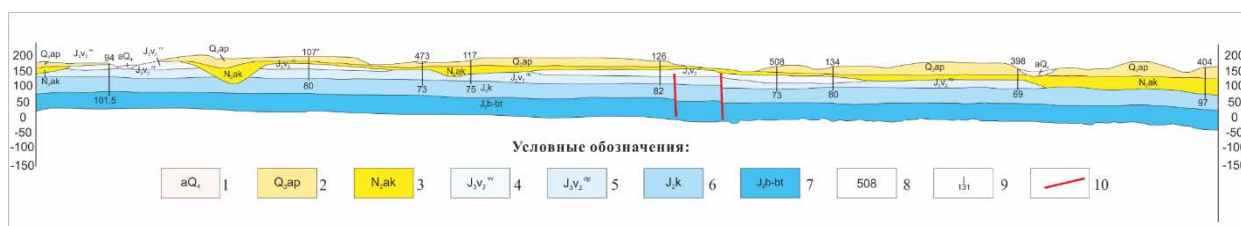


Рисунок 13 — Геологический профиль Коцебинского месторождения по линии IV–IV;
масштаб 1 : 50000; по материалам В. П. Иовлева (1985)

Условные обозначения: 1 — четвертичная система. Аллювиальные отложения. Пески, суглинки, глины; 2 — отложения четвертичной системы. Плейстоцен. Апшеронский ярус. Глины, суглинки; 3 — отложения неогеновой системы. Плиоцен. Акчагыльский ярус. Глины, пески; 4 — отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Virgatitus virgatus*. Известняки, мергели, известковые глины; 5 — глинисто-сланценовые отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Dorsoplanites panderi*; 6 — отложения юрской системы. Средний отдел. Келловейский ярус. Глины; 7 — отложения юрской системы. Средний отдел. Байосский-батский ярус. Пески, песчаники, глины; 8 — номер скважины; 9 — забой скважины; 10 — разрывные нарушения

На центральной части исследуемой площади (Савельевское (Рисунок 14, 15) и Озинковское месторождение) в зонах размыва скважинами вскрыты верхне-, среднеюрские отложения.

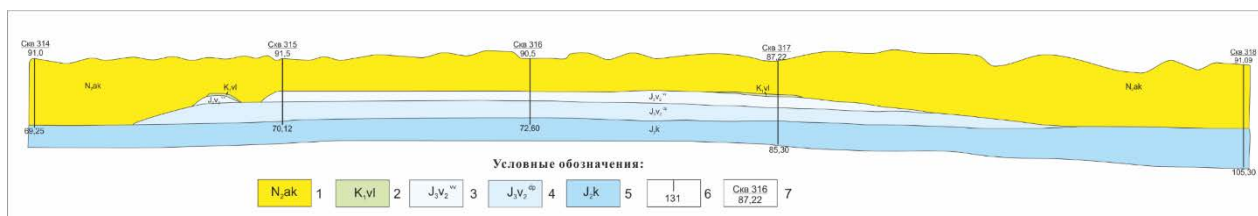


Рисунок 14 — Геологический профиль Савельевского месторождения по линии I—I;
масштаб горизонтальный 1 : 10000; масштаб вертикальный 1 : 1000;
по материалам Х. Ф. Вейса (1952)

Условные обозначения: 1 — отложения неогеновой системы. Плиоцен. Акчагыльский ярус. Глины, пески; системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Virgatitus virgatus*. Известняки, мергели, известковые глины; 4 — глинисто-сланцевые отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Dorsoplanites panderi*; 5 — отложения юрской системы. Средний отдел. Келловейский ярус. Глины; 6 — забой скважины; 7 — номер скважины (числитель) и альтитуда стола ротора (знаменатель)

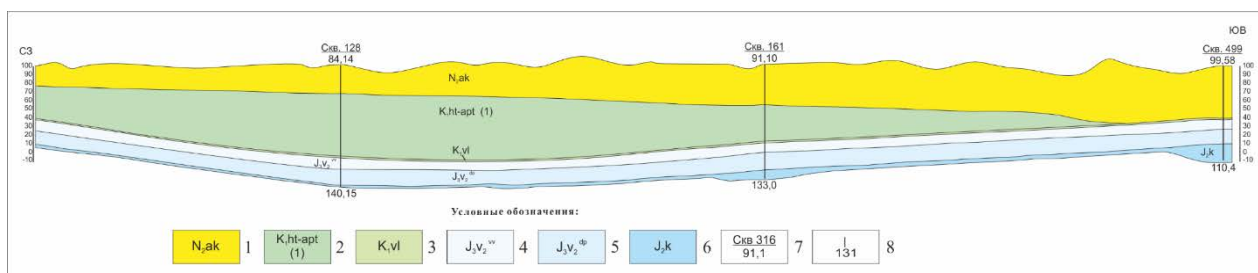


Рисунок 15 — Геологический профиль Савельевского месторождения по линии II—II;
масштаб горизонтальный 1 : 10000; масштаб вертикальный 1 : 1000;
по материалам Х. Ф. Вейса (1952)

Условные обозначения: 1 — отложения неогеновой системы. Плиоцен. Акчагыльский ярус. Глины, пески; отложения меловой системы. Нижний отдел. Валанжинский ярус. Глины, пески; 4 — отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Virgatitus virgatus*. Известняки, мергели, известковые глины; 5 — глинисто-сланцевые отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Dorsoplanites panderi*; 6 — отложения юрской системы. Средний отдел. Келловейский ярус. Глины; 7 — номер скважины (числитель) и альтитуда стола ротора (знаменатель); 8 — забой скважины

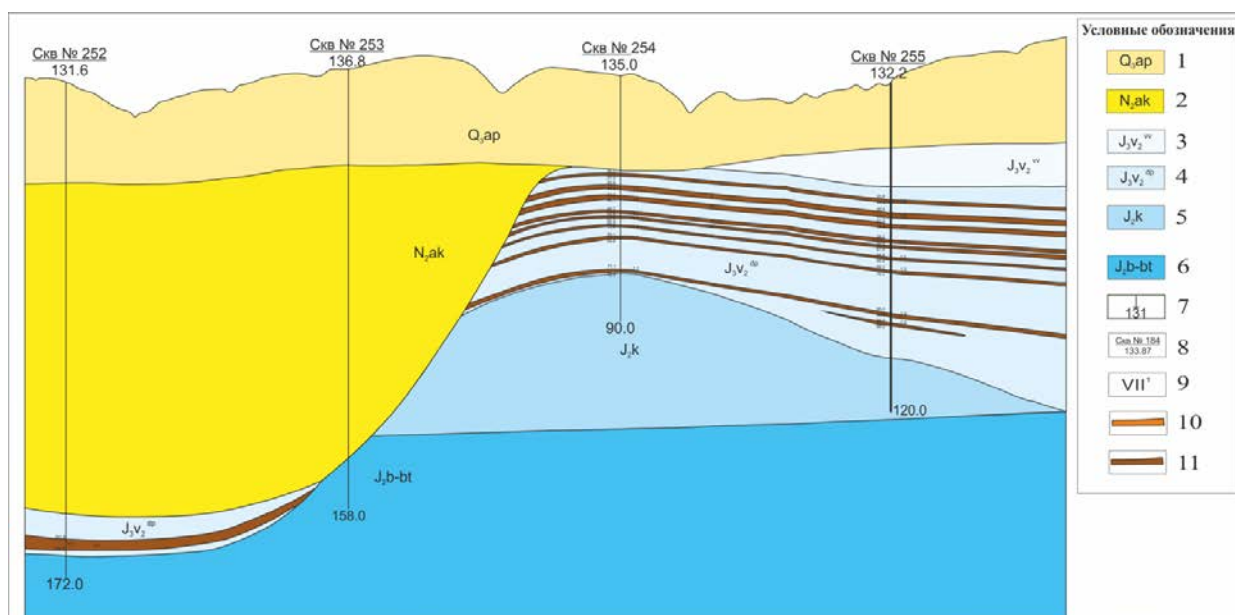


Рисунок 16 — Геологический профиль Перелубского месторождения по линии II–II; масштаб 1 : 50000; по материалам В. П. Иовлева (1983)

Условные обозначения: 1 — отложения четвертичной системы. Плейстоцен. Апшеронский ярус. Глины, суглинки; 2 — отложения неогеновой системы. Плиоцен. Акчагыльский ярус. Глины, пески; 3 — отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Virgatitus virgatus*. Известняки, мергели, известковые глины; системы. Средний отдел. Байосский-батский ярус. Пески, песчаники, глины; 7 — забой скважины; 8 — номер скважины (числитель) и альтитуа стола ротора (знаменатель); 9 — номер пласта горючих сланцев; 10 — пласты сапропелевых глин; 10 — пласты горючих сланцев

Эрозионно-тектонический фактор является основополагающим при рассмотрении процессов формирования, развития и сохранения продуктивной толщи. Он отвечает за морфологию и геометрию продуктивной толщи и проявляется в двух аспектах:

- 1) формирование продуктивной сланценосной толщи началось в условиях сложного эрозионно-тектонического рельефа;
- 2) объем данного геологического тела существенно сократился в результате преакчагыльской тектонической фазы (Рисунок 16, 17).

Последующий подробный анализ эрозионно-тектонического фактора позволит обосновать распространение и развитие продуктивной толщи, что в дальнейшем поможет при выделении перспективных зон развития сланценосной толщи.

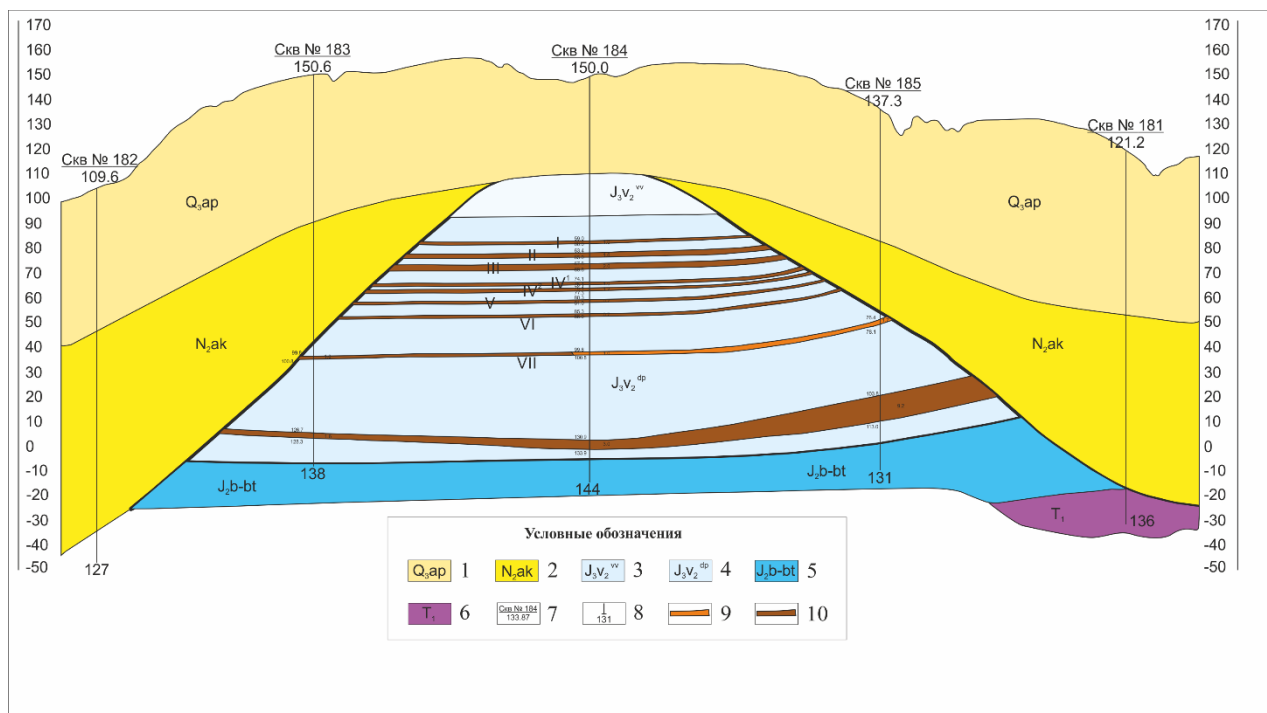


Рисунок 17 — Геологический профиль Перелюбского месторождения по линии III–III; масштаб 1 : 50000; по материалам В. П. Иовлева (1983)

Условные обозначения: 1 — отложения четвертичной системы. Плейстоцен. Апшеронский ярус. Глины, суглинки; 2 — отложения неогеновой системы. Плиоцен. Акчагыльский ярус. Глины, пески; 3 — отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Virgatitus virgatus*. Известняки, мергели, известковые глины; 4 — глинисто-сланцевые отложения юрской системы. Верхний отдел. Волжский ярус. Зона *Dorsoplanites panderi*; 5 — отложения юрской системы. Средний отдел. Байосский-батский ярус. Пески, песчаники, глины; 6 — отложения триасовой системы. Нижний отдел. Глины, пески; 7 — номер скважины (числитель) и альтитуда стола ротора (знаменатель); 8 — забой скважины; 9 — пласты сапропелевых глин; 10 — пласты горючих сланцев

2.3. Сланценосность

В настоящей работе рассматриваются шесть месторождений горючих сланцев Волжского бассейна: Коцебинское, Перелюбское, Озинковское, Орловское, Савельевское и Кашпир-Хвалынская площадь (Рисунок 1). Наиболее изученными месторождениями на сегодняшний день являются Коцебинское, Перелюбское и Кашпир-Хвалынское, в пределах которых геологоразведочные работы проводились в период с 1980 по 1987 г. под руководством А. В. Самородова. Все остальные месторождения относятся к категории слабоизученных, так как основные поисково-разведочные работы происходили в период с 1940 по 1950 г. и выполнялись различными партиями, однако это не умаляет заслуги советских геологов, сумевших в столь сложный период произвести полноценный комплекс геологоразведочных работ.

Предыдущими исследователями (З. А. Яночкина, Т. Ф. Букина., Г. В. Кулевая и др.) выделяется три сланценосных горизонта [16, 17]. **Верхний сланценосный горизонт** выделяется на всех шести месторождениях и включает в себя первые шесть продуктивных пластов и вмещающие породы. **Средний сланценосный горизонт**, включающий в себя седьмой пласт и вмещающие породы, выделяется на Озинковском и Перелюбском месторождениях. **Нижний сланценосный горизонт**, включающий в себя восьмой и девятый пласты и вмещающие породы, также выделяется на Перелюбском и Озинковском месторождениях. Наиболее полный разрез (девять продуктивных пластов) вскрыт скважиной № 559 Перелюбского месторождения. Стоит отметить, что далеко не на всех месторождениях в верхнем сланценосном горизонте выделяется шесть пластов. В ряде случаев (Орловское месторождение) выделяются только первые три пласта, строение которых крайне изменчиво по латерали.

Промышленная сланценосность **Перелюб-Благодатовской площади**, как указывалось выше, связана с отложениями пандериевой зоны среднего подъяруса волжского яруса верхней юры. Сланценосные отложения в пределах площади не имеют сплошного развития и обособлены в изолированные друг от друга участки, отличающиеся по строению сланценосной толщи. Перелюбское месторождение разделяется на четыре участка: северный, центральный, южный и западный [115, 116, 117, 118].

При параллелизации сланцевых пластов в качестве основных критериев использовались такие морфологические признаки, как мощность, строение, характер подошвы и кровли, состав и мощность межпластовых прослоев, а также петрографические, электронномикроскопические, качественные критерии, и данные каротажных исследований.

Описание сланцевых пластов по месторождениям производится сверху вниз.

На северном и центральном участках **Перелюбского** месторождения в разрезе сланценосной зоны по компактности сланцевых пластов выделяется три сланцевых горизонта, из которых наибольший практический интерес представляет верхний.

Верхний сланценосный горизонт начинается толщей светло-серых известковистых и черных сапропелевых глин. В сапропелевых глинах выделяются от 1 до 3 тонких пропластков низкокачественных зеленовато-серых и серых горючих сланцев, которые крайне не выдержаны как по латерали, так и по вертикали. Мощность глин изменяется от 6,5 до 10,0 м и составляет в среднем 8,5 м. Ниже сапропелевых глин залегает первый пласт горючих сланцев. Пласт начинается зеленовато-серыми и коричневатого-серыми разностями с обилием фауны, мощностью 0,2–0,4 м, которые затем сменяются сланцами желтовато-коричневыми и светло-коричневыми, плотными, легкими, известковистыми. Иногда отмечается прослой (до 0,1 м) светло-серой известковистой глины. Нижний контакт горючих сланцев с глинами резкий, а верхний постепенный, хотя и достаточно четкий. В продуктивном пласте фиксируются многочисленные отпечатки крупных форм аммонитов. Мощность первого пласта колеблется от 0,7 до 1,5 м и в среднем составляет 1,07 м.

Ниже первого пласта горючих сланцев залегает слой светло-серой известковистой глины мощностью от 3,0 до 5,0 м при среднем значении 3,6 м.

Второй пласт горючих сланцев имеет сложное строение. В нем выделяются две пачки, которые разделены прослоем темно-серой сапропелевой глины. Мощность пачек горючих сланцев составляет в основном 0,5–0,7 м каждая, а разделяющих их глин — 0,4–0,6 м. Общая мощность второго пласта на северном участке составляет 1,65 м и колеблется в пределах 1,2 м до 2,6 м. При этом средняя мощность продуктивных разностей равна 1,15 м, а разделяющих их глин — 0,5 м.

Отмечается некоторое увеличение мощности пласта в южном направлении и на центральном участке, в среднем до 2,0 м, причем мощность собственно сланцев достигает 1,3 м, а разделяющих их глин — 0,7 м.

Горючие сланцы второго пласта окрашены в серый, коричнево-серый и коричневый цвета; породы плотные, легкие, с четкой тонкой горизонтальной слоистостью, с весьма многочисленной фауной, слабо пиритизированы.

Ниже залегает слой известковистых глин серого и светло-серого цвета средней мощностью 2,4 м при колебаниях от 1,5 до 4,0 м.

Третий пласт горючих сланцев также имеет сложное строение. В нем, как правило, отмечаются три или четыре пачки горючих сланцев мощностью от 0,2 до 0,8 м каждая. Средняя мощность третьего пласта в пределах северного участка Перелюбского месторождения

составляет 1,85 м при колебании от 1,2 до 2,4 м, при этом наиболее характерные мощности изменяются от 1,6 м до 2,1 м. Суммарная мощность трех пачек горючих сланцев в среднем 1,15 м, а разделяющих их глин — 0,7 м.

Отмечается увеличение мощности третьего пласта в направлении с севера на юг, на центральном участке он достигает 2,4 м, при этом суммарная мощность сланцевых пачек составляет 1,4 м, а разделяющих их глин — 1,0 м.

Ниже третьего пласта горючих сланцев залегает толща серых известковистых глин мощностью от 2,5 до 5,5 м при средней мощности 4,0 м. Эти глины отделяют горючие сланцы третьего пласта от сланцев четвертого пласта.

Четвертый пласт горючих сланцев представляет большой практический интерес. Он состоит из двух пачек горючих сланцев, разделенных серой сапропелевой глиной. Мощность верхней пачки изменяется от 0,6 м до 1,3 м. В южном направлении мощность верхней пачки несколько сокращается и не превышает 0,7–0,8 м. Мощность нижней пачки также варьирует от 0,6 до 1,3 м, при этом наиболее характерна для нее толщина 0,9–1,1 м. Средняя мощность нижней пачки четвертого пласта на северном участке составляет 0,97 м, а на центральном — 0,87 м. Темно-серые сапропелевые глины, разделяющие верхнюю и нижнюю пачки четвертого пласта, имеют довольно выдержанную мощность, которая колеблется от 0,8 до 1,0 м и в среднем составляет по северному участку 0,9 м. На центральном участке мощность глинистого прослоя в среднем равна 0,7 м. Средняя суммарная мощность четвертого пласта с учетом разделяющих глин на северном участке составляет 2,62 м, а на центральном — лишь 2,25 м, т. е. несколько сокращается в южном направлении.

Горючие сланцы четвертого пласта серовато-коричневые, коричневые, темно-коричневые, легкие, с четкой горизонтальной слоистостью, отпечатками фауны и редкими кристаллами пирита. Контакты с подстилающими и перекрывающими глинами четкие.

Нижележащие горючие сланцы пятого пласта отделяются от сланцев четвертого пласта серыми глинами мощностью от 2,0 до 3,8 м при средней 2,8 м.

Горючие сланцы пятого пласта буровато-коричневые и светло-коричневые, легкие с тонкой горизонтальной слоистостью. Мощность этого пласта невелика и изменяется от 0,3 до 1,1 м, составляя в среднем 0,56 м.

Заканчивается верхний сланценосный горизонт горючими сланцами шестого пласта, которые отделяются от пятого пласта серыми и темно-серыми известковистыми и сапропелевыми глинами средней мощностью 4,3 м, при колебании от 3,0 до 5,2 м.

Горючие сланцы шестого пласта коричневые и буровато-коричневые, легкие, трещиноватые, с четкой горизонтальной слоистостью и многочисленными отпечатками фауны.

Мощность пласта варьируется от 0,4 до 1,1 м и составляет в среднем по месторождению 0,7 м. Отмечается некоторое увеличение мощности пластов в южном направлении.

Общая средняя мощность верхнего сланценосного горизонта составляет 33–35 м.

Резко выраженных закономерностей в изменении мощности сланцевых пластов верхнего горизонта, за исключением ее небольшого увеличения в южном направлении, не выявлено. Пласты горючих сланцев верхнего горизонта имеют горизонтальное либо слабо пологое залегание. Глубина залегания первого продуктивного пласта колеблется от 22,3 до 112,5 м, что объясняется в основном, сильной расчлененностью рельефа местности. Однако на центральном участке Перелюбского месторождения резкий перепад в глубине залегания первого продуктивного пласта объясняется наличием крупного разлома меридионального простирания с амплитудой 40–60 м.

Средний сланценосный горизонт отделяется от верхнего толщей известковых глин средней мощностью 11,5 м, колеблясь от 8 до 16 м. В составе горизонта выделяется седьмой пласт горючих сланцев с простым или сложным строением, разделенным на две пачки. Отмечается частое фациальное замещение темно-серыми сапропелевыми глинами. Сланцы серые, коричневато-серые, глинистые, слоистые, с рассеянным мелкокристаллическим пиритом. Мощность седьмого пласта колеблется от 0,8 до 5,8 м, но, как правило, изменяется от 1,5 до 2,5 м и составляет в среднем 1,9 м. Зачастую в седьмом пласте выделяются некондиционные прослои горючих сланцев (с теплотой сгорания <1450 ккал/кг), которые, в основном, тяготеют к кровле пласта. Суммарная мощность пластов горючих сланцев среднего горизонта и разделяющих их сапропелевых глин составляет 10–14 м.

Нижний сланценосный горизонт отделяется от среднего толщей известковистых и сапропелевых глин мощностью от 6 до 25 м при средней 12,5 м. Этот горизонт не имеет повсеместного распространения в пределах Перелюб-Благодатовской площади. Он отмечается лишь на северном и центральном участках Перелюбского месторождения, где волжские отложения выполняют понижение древнего (доволжского рельефа). В составе нижнего горизонта выделяются восьмой и девятый пласты горючих сланцев. Следует отметить, что девятый пласт вскрыт лишь единичными скважинами и не имеет самостоятельного промышленного значения ввиду малой мощности и спорадического характера распространения. Однако в ряде случаев отмечается объединение восьмого и девятого пластов в единый мощный пласт. Горючие сланцы восьмого пласта серые и коричневато-серые, имеют коричневые с красноватым оттенком прослои, как правило, глинистые, с редкими отпечатками фауны и многочисленными стяжениями пирита. В сланцах отмечается примесь песчаного материала по плоскостям напластования. Мощность восьмого пласта колеблется в широких пределах, от 0,7 до 10–11 м, и составляет в

среднем по месторождению 4,3 м. Следует отметить, что максимальные мощности восьмого пласта наблюдаются в наиболее углубленных участках древнего доволжского рельефа.

На центральном и северном участках Перелюбского месторождения суммарная мощность сланценосных отложений, не затронутых последующим предакчагыльским размывом, составляет 80–100 м, при этом волжские отложения выполняют понижения древнего рельефа, а на остальной территории она колеблется от 40 до 55 м.

Западный участок Перелюбского месторождения по строению сланценосной толщи резко отличается от северного и центрального участков. Общая мощность пандериевой зоны резко сокращается и колеблется от 31,3 до 35,0 м. Также, как правило, уменьшаются мощности пластов горючих сланцев и разделяющих их глин, есть отличия и в строении продуктивных пластов. В то же время на западном участке весьма четко прослеживаются первые семь пластов, которые хорошо коррелируются по данным каротажа и качественным показателям с аналогичными пластами северного и центрального участков.

Начинается разрез сланцевой толщи темно-серыми и серыми сапропелевыми глинами мощностью 5,5–6,4 м, ниже которых залегает первый пласт горючих сланцев мощностью 1,0–1,1 м. Этот пласт по своему внешнему виду, качественным параметрам и строению идентичен первому пласту северного и центрального участков.

Второй пласт горючих сланцев отделяется от первого пласта светло-серыми известковистыми глинами, в которых фиксируется маломощный прослой известняка. Мощность разделяющих глин составляет 2,5–2,6 м.

Пласт имеет сложное строение, в нем выделяются две пачки горючих сланцев средней мощностью по 0,6 м каждая. Они разделены прослоями сапропелевой глины мощностью от 0,3 до 0,6 м. Общая мощность второго пласта составляет 1,5–1,8 м.

Ниже залегает слой известковистой глины мощностью от 1,3 до 2,0 м, которая разделяет второй и третий пласты.

Третий пласт, в отличие от его аналога на северном и центральном участках, имеет простое строение. Мощность пласта незначительна и колеблется от 0,7 до 1,0 м.

Нижележащий четвертый пласт отделяется от третьего маломощным прослоем серой глины (0,5–0,9 м).

Четвертый пласт имеет сложное строение, однако мощность глины, разделяющей верхнюю и нижнюю пачки горючих сланцев составляет лишь 0,2 м, а средняя мощность сланцевых пачек составляет 0,5–0,6 м.

Пятый пласт горючих сланцев отделяется от четвертого пласта серыми известковистыми глинами средней мощностью 0,9 м. Мощность пласта невелика и достигает в среднем 0,7 м. В некоторых скважинах наблюдается фациальное замещение сланцев сапропелевой глиной.

Ниже пятого пласта залегает слой известковистой глины мощностью от 1,4 до 2,3 м, разделяющий пятый и шестой пласты.

Шестой пласт имеет простое строение, его мощность варьируется от 0,5 до 0,7 м.

Седьмой пласт горючих сланцев отделяется от вышележащего продуктивного пласта мощным прослоем серых известковистых и темно-серых сапропелевых глин. Мощность глин изменяется от 3,6 до 5,5 м и составляет в среднем 4,5 м. Мощность седьмого пласта колеблется от 0,9 до 1,5 м при средних значениях 1,3 м.

Глубина залегания первого пласта колеблется от 137 м до 165,4 м, что объясняется, как правило, разностью в абсолютных отметках скважин.

В пределах **Коцебинского** месторождения мощность пандериевой зоны весьма невелика и составляет в среднем 27 м, достигая на юге 33 м. Пласты горючих сланцев зачастую сближены, что дает возможность говорить о пластах сложного строения. Всего на Коцебинском месторождении отмечается до 10 пачек горючих сланцев, которые группируются в шесть пластов, однако шестой пласт горючих сланцев выделяется лишь в единичных скважинах.

В отличие от Перелюбского месторождения на Коцебинском выделяется только верхний сланцевый горизонт.

Начинается разрез пандериевой зоны толщей черных сапропелевых глин, которые в редких случаях содержат невыдержанные и маломощные прослои зеленовато-серых горючих сланцев. Мощность этих глин в среднем по месторождению составляет 6,0 м.

Ниже этих глин отмечаются желтовато-коричневые и светло-коричневые легкие известковистые горючие сланцы первого пласта, которые макроскопически являются полным аналогом горючих сланцев первого пласта Перелюбского месторождения. Пласт выдержан по строению, мощности, качеству сланцев и представляет значительный практический интерес. Мощность пласта колеблется от 0,7 до 1,2 м и в среднем по месторождению составляет 0,94 м.

Горючие сланцы первого пласта отделяются от сланцев второго пласта серыми и светло-серыми известковыми глинами, в которых отмечаются маломощные прослои известняка. Мощность разделяющих глин колеблется от 1,6 до 4 м, при средней мощности 2,3 м.

Второй пласт на Коцебинском месторождении, так же как и на Перелюбском, имеет сложное строение. В нем выделяются две пачки горючих сланцев мощностью 0,4–0,8 м каждая. Они разделены прослоем темно-серой сапропелевой глины мощностью 0,4–0,7 м. Общая мощность второго пласта составляет в среднем 1,7 м при колебаниях от 1,2 до 2,2 м, в том числе

средняя мощность сланцевых пачек равна 1,14 м. Сланцы серые и коричневато-серые, плотные, горизонтально слоистые, с многочисленными отпечатками фауны. Отмечается некоторое увеличение мощности второго пласта с севера на юг.

Нижележащий третий пласт горючих сланцев отделяется от сланцев второго пласта светло-серыми известковистыми глинами мощностью от 2,7 м до 5,5 м при средней мощности 3,9 м.

Третий пласт горючих сланцев имеет сложное строение, в нем отмечается четыре пачки сланцев, разделенных темно-серыми сапропелевыми глинами. Мощность сланцевых пачек колеблется от 0,1 до 1,1 м, а разделяющих глин — от 0,2 до 1,1 м. Общая мощность третьего пласта составляет в среднем 4,5 м при колебании от 4,5 до 6,1 м, в том числе средняя мощность чистых сланцевых пачек равняется 2,6 м, отмечается увеличение мощности третьего пласта в центральной и южной частях Коцебинского месторождения. В восточном же направлении происходит постепенное уменьшение мощности пласта до 2,5 м. В этом же направлении прослеживается четкая закономерность в изменении строения третьего пласта: вместо трех сланцевых пачек отмечаются две верхние пачки.

Горючие сланцы третьего пласта имеют окраску от светло-серой до коричневато-серой, они горизонтально слоистые, с обилием отпечатков фауны и со стяжениями пирита. Основные запасы горючих сланцев сосредоточены именно в третьем пласте.

Горючие сланцы четвертого пласта отделены от сланцев третьего пласта темно-серыми сапропелевыми глинами, мощность которых на севере месторождения достигает 5,5–6,0 м, а на юге равна 8 м.

Этот пласт имеет простое строение. Мощность его колеблется от 0,5 до 0,8 м на севере и на юге, 2,0–2,8 м в центральной его части. Средняя мощность четвертого пласта составляет 1,5 м. Как уже отмечалось, в направлении с севера на юг происходит закономерное уменьшение мощности сапропелевых глин, разделяющих третий и четвертые пласты горючих сланцев.

Горючие сланцы пятого пласта отделяются от сланцев шестого пласта темно-серыми сапропелевыми глинами, мощность которых колеблется от 0,6 до 3,3 м и составляет в среднем по месторождению 1,7 м.

Пласт обладает простым строением. Его мощность варьирует от 0,4 до 2,6 м, но, как правило, составляет 1,0–2,0 м. Средняя мощность пятого пласта равна 1,5 м.

Ниже пятого пласта единичными скважинами, преимущественно на юге Коцебинского месторождения, вскрыты горючие сланцы шестого пласта, которые хотя и отличаются неплохими качественными показателями, но не имеют распространения, а мощность их колеблется от 0,1 до

0,7 м при средней мощности 0,4 м. Горючие сланцы шестого пласта не представляют промышленного интереса и вскрыты лишь единичными скважинами.

Глубина залегания первого пласта на Коцебинском месторождении колеблется от 8,8 (небольшие глубины приурочены к выходам коренных пород на дневную поверхность) до 67,7 м. Это объясняется как разностью в абсолютных отметках устьев скважин, так и в меньшей мере тем фактом, что в направлении с севера на юг наблюдается устойчивая тенденция к погружению сланцевой толщи.

В основу параллелизации сланцевых пластов Перелюбского и Коцебинского месторождений были положены следующие признаки: мощность верхнего сланцевого горизонта, строение и мощность сланцевых пластов, качество горючих сланцев и их вещественный состав. Как уже отмечалось, первые и вторые пласты Перелюбского месторождения однозначно коррелируются с одноименными пластами Коцебинского месторождения.

Ниже приводится подробная вещественная характеристика продуктивных пластов горючих сланцев Перелюбского и Коцебинского месторождений. Она сделана на основании авторского изучения керна Перелюбского и Коцебинского месторождений (скважины № 107, № 559, № 1038), а также результатов предыдущих исследований [16, 17, 83, 84].

Первый пласт: горючий сланец в верхней части бурый, низкокалорийный (15 см), ниже — светло-коричневый, высококалорийный (**ОВ 45–55 %**, **в единичных случаях 31 %**), альгинитовый, неравномерно карбонатизированный, линзовидно-слоистый с чередованием горизонтальных, пологоволнистых и косослоистых серий, со следами оползания; по напластованию — с редкими крупными остатками моллюсков — аммонитов и др. [16, 17, 83, 84]. Зольность варьирует от 37,6 до 71 %. Теплота сгорания до 4340 ккал/кг. Содержание серы 2,5–7,9 %. Выход жидких углеводородов 8,3–23,7 %.

Второй пласт представлен двумя пачками. Горючий сланец темно-серый с коричневатым оттенком, низкокалорийный (**ОВ 15–28 %**), альгинито-сапро-коллинитовый, слабоизвестковистый, с многочисленными кокколитами средней сохранности, линзами, декарбонатизированный (CaCO_3 5 %). В нижней части сланец становится высококалорийным, содержание ОВ достигает 34 %. Наблюдается прослой темно-серой сапропелевой глины (ОВ 5 %) известковистой, тонкослоистой, раскалывается на плитки с ровной поверхностью, мощность прослоя 0,4 м. В горючем сланце и глине определены многочисленные отпечатки аммонитов, двустворчатых моллюсков, брахиопод. Зольность варьирует от 51,5 до 69,9 %. Теплота сгорания 1849–3001 ккал/кг. Содержание серы 1,9–4,6 % [16, 17, 83, 84]. Выход жидких углеводородов 5,8–

Третий пласт состоит из четырех пачек: горючий сланец серо-коричневый высококалорийный, альгинитовый, прослоями — сапро-коллинитовый низкокалорийный серый известковый, с крупными кокколитами хорошей сохранности. **Содержание ОВ в горючем сланце изменяется от 15 до 50 % (максимальное содержание ОВ отмечается во второй пачке).** Отмечаются ходы илоедов, выполненные глинистым материалом. Наблюдаются прослой горючего сланца темно-серого низкокалорийного (ОВ 20–22 %), слоистого, с плитчатой отдельностью. На плоскостях напластования наблюдаются обильные органические остатки. Зольность варьируется от 50 до 74 %. Теплота сгорания 1494–6600 ккал/кг. Содержание серы 3,0–10 % [16, 17]. Выход жидких углеводородов 5,0–39,0 %.

Четвертый пласт представлен двумя пачками. Первая пачка: горючий сланец серый с едва заметным коричневатым оттенком, высококалорийный (**ОВ 30–42 %**), альгинитовый, цеолитизированный, легкий, раскалывается на плитки с ровными поверхностями. На плоскостях напластования наблюдаются редкие ходы роющих организмов, выполненные темным глинистым веществом, а также мелкие (1–2 мм) раковинки двустворчатых моллюсков. Теплота сгорания до 3760 ккал/кг. Выход жидких углеводородов до 20,4 %. Вторая пачка: горючий сланец зеленовато-коричневый, прослоями серый с зеленоватым оттенком, высококалорийный (**ОВ 40–60 %**), альгинитовый с мелкими кокколитами плохой сохранности, цеолитизированный, легкий, раскалывается на тонкие плитки. Теплота сгорания до 4690 ккал/кг. Выход жидких углеводородов до 26,7 %. Зольность варьирует от 43,6 до 63,6 %. Содержание серы 2,6–5,7 %.

Пятый пласт: горючий сланец зеленовато-серый с коричневатым оттенком, слоистый, прослоями коричневый и желтовато-коричневый, высококалорийный (**ОВ 30–45 %**), альгинитовый, глинисто-известковый, легкий, в средней части слоя слабо карбонатизированный. При высыхании сланец растрескивается на тонкие плитки. Зольность варьируется от 39,4 до 76,2 %. Теплота сгорания 1400–4480 ккал/кг. Содержание серы 1,6–6,4 %. Выход жидких углеводородов 5,3–24,3 %.

Шестой пласт: горючий сланец коричневатого-серый с зеленоватым оттенком, низкокалорийный (**ОВ 25–30 %**), альгинито-сапро-коллинитовый, глинисто-известковистый и известковый, тонко горизонтально слоистый, с редкими прослоями и линзами темно-коричневого высококалорийного сланца (**ОВ > 30 %**) альгинитового. На плоскостях напластования наблюдаются присыпки тонкого известкового материала и раковинного детрита. Зольность варьирует от 45,5 до 69,8 %. Теплота сгорания 1410–3890 ккал/кг. Содержание серы 1,6–6,1 %. Выход жидких углеводородов 5,3–23,2 %.

Седьмой пласт: горючий сланец серый с едва заметным коричневатым оттенком, низкокалорийный (**ОВ 16–18 %**), альгинито-сапро-коллинитовый, глинисто-известковистый до

известкового, участками с кокколитами плохой сохранности, неравномерно цеолитизированный, неяснослоистый, с тонкой плитчатой отдельностью. Зольность варьируется от 60,5 до 71,7 %. Теплота сгорания 1200–2068 ккал/кг. Содержание серы 1,6–3,8 %. Выход жидких углеводородов 5,0–10,2 %.

Восьмой пласт: горючий сланец серый с коричневатым, иногда с красноватым оттенком, низкокалорийный (**ОВ 15–21 %**), альгинито-сапро-коллинитовый, неяснослоистый с плитчатой отдельностью, с послойно-линзовидным распределением ОВ. Зольность варьируется от 54,8 до 74,9 %. Теплота сгорания 1214–2269 ккал/кг. Содержание серы 1,6–4,7 %. Выход жидких углеводородов 4,6–13,0 %.

Девятый пласт: горючий сланец серо-коричневый высококалорийный (**ОВ 30 %**), со свежим альгинитом, тонко горизонтально слоистый, известковый, легкий. Слоистость выражена наличием частых присыпок алевроитово-песчаного материала, содержащего глауконит и ходы илоедов на плоскостях напластования. Вблизи подошвы становится низкокалорийным (**ОВ** окисленного ОВ и плохой сохранностью кокколитов. Изучен слабо.

Сланценосная толща **Орловского** месторождения литологически очень однообразна, представлена темно-серыми сапропелевыми и синевато-серыми известковистыми глинами и горючими сланцами. Она залегает на глубине от 10 до 40 м. Общая мощность толщи варьируется в пределах 5–10 метров. Всего на Орловском месторождении выделяется три пласта горючих сланцев. Мощность прослоев глин колеблется от 0,5 до 3 м. Суммарная мощность горючего сланца (трех продуктивных пластов) составляет 2–2,5 м. Качество горючего сланца весьма изменчиво как по латерали, так и по вертикали.

Разрез сланценосной толщи рассматриваемого месторождения (описание сверху вниз) характеризуется следующим строением.

Песчаники зеленовато-серые, мергелистые, глауконитовые довольно плотные мощностью 0,4–0,6 м.

Первый пласт горючих сланцев представлен темно-серыми глинистыми тонкослоистыми и рыхлыми разностями. На плоскостях наложения наблюдается большое количество отпечатков фауны. Средняя мощность первого пласта составляет 0,42 м. Теплотворная способность составляет в среднем около 750 ккал/кг и лишь в единичных случаях превышает 1000 ккал/кг.

Первый и второй пласты горючих сланцев разделяет синевато-серая плотная, известковая глина мощностью 1,2–1,5 м.

Второй пласт горючих сланцев — коричневатобурый, буровато-серый, легкий, тонкослоистый, в нижней части представлен зеленовато-бурыми, буровато-серыми,

песчанистыми, крепкими разностями. Мощность пласта варьируется от 0,6 до 1 м, в среднем 0,8 м. Теплотворная способность в среднем составляет 1360 ккал/кг.

Между вторым и третьим пластами также выделяется пласт серой плотной известковой глины мощностью от 1,4 до 1,5 м.

Третий пласт горючих сланцев — буровато-серый, темно-серый с многочисленными известковистыми включениями. Для третьего пласта характерно сложное строение. Состоит из двух-трех прослоев, разделенных сапропелевыми глинами.

Переход между сапропелевыми глинами и горючими сланцами трудноразличим. Мощность пласта не выдержана, изменяется в широких пределах, от 0,2 до 1,25 м (в среднем 0,7–0,8 м). Горючие сланцы третьего пласта обладают наибольшей теплотворной способностью, составляющей в среднем 2000 ккал/кг. По площади третий пласт является наиболее выдержанным.

Завершают разрез сланценосной толщи светло-серые известковистые глины, содержащие желваки песчанистых фосфоритов. Мощность не определена.

Сланценосная толща **Савельевского** месторождения сложена горючими сланцами, известковыми и сапропелевыми глинами. Глубина залегания сланценосной толщи колеблется в пределах от 50 до 80 м. Мощность сланценосной толщи варьируется от 10 до 22 м. Продуктивная толща содержит шесть пластов горючих сланцев.

Первый пласт характеризуется простым строением и представлен очень крепким известково-глинистым горючим сланцем зеленовато-коричневого цвета. В верхней части развиты линзы известковой глины, а в нижней и средней — тонкие прослои известняка (до 1–1,5 см). Средняя мощность пласта 0,5 м. Теплотворная способность составляет в среднем около 1500 ккал/кг, местами превышая 2300 ккал/кг.

Между первым и вторым пластами горючих сланцев залегает слой крепкой известковой глины серого цвета, местами с включениями пирита. Средняя мощность пласта 0,6 м.

Второй пласт представлен горючим сланцем с различной степенью глинистости, местами он разбит одним или двумя пропластками серой известковой глины. Горючий сланец желтовато-серый с зеленоватым оттенком. Средняя мощность 0,8 м. В результате высокой глинистости горючих сланцев рассматриваемый пласт обладает низкой теплотворной способностью — <1500 ккал/кг.

Ниже залегает мощный прослой серой известковой глины, которая постепенно обогащается сапропелевым веществом и переходит в третий пласт. Средняя мощность пласта составляет 2,4 м.

Третий пласт обладает простым строением: в верхней части он представлен темно-серыми глинистыми горючими сланцами, нижняя же часть включает коричневато-желтую известковую разность горючего сланца. Мощность пласта 0,35 м. Третий пласт также обладает низкой теплотворной способностью, которая едва превышает 1000 ккал/кг. В западной части месторождения теплотворная способность горючего сланца увеличивается и в среднем составляет 1800 ккал/кг.

Третий и четвертый пласты горючих сланцев разделяет слой известковой плотной темно-серой глины средней мощностью 0,4–0,7 м.

Четвертый пласт обладает сложным строением и включает в себя три пачки горючего сланца, разделенных прослоями известковой и сапропелевой глины. Верхняя пачка представлена слоистым крепким серовато-коричневым горючим сланцем, его мощность около 0,42 м. Ниже залегает прослой плотной известковой глины темно-серого цвета мощностью 0,14 м. Данный прослой подстилает пачку сильно глинистого темно-серого сланца мощностью 0,41 м. Далее залегает третья пачка горючего сланца серого цвета в верхней части и зеленовато-желтого или зеленовато-коричневого в нижней части пачки. Местами горючий сланец третьей пачки очень крепкий и содержит большое количество тонких прослоев известняка. Мощность пачки 0,5 м. Общая мощность четвертого пласта горючих сланцев 1,58 м. Средняя теплотворная способность первой пачки 1700 ккал/кг, во второй пачке отмечается снижение теплотворной способности горючих сланцев — в среднем ниже 1000 ккал/кг. Максимальная теплотворная способность отмечается в нижней (третьей) пачке — 2250 ккал/кг.

Пятый пласт также обладает сложным строением и представлен двумя пачками высококалорийных горючих сланцев и разделяющей их пачкой глинистого сланца. Верхняя пачка включает в себя горючий сланец серый, неслоистый с линзами известковой глины в верхней части пачки и зеленовато-коричневый слоистый с небольшим количеством линз глины в нижней части пачки. На плоскостях наложения рассеяны мелкие конкреции пирита. Мощность пачки 0,3 м. Ниже залегает пачка сильно глинистой темно-серой разности, постепенно переходящей в горючий сланец верхней и нижней пачки. Мощность пачки составляет 0,3 м. Нижняя пачка сложена горючими сланцами темно-серого цвета с ясно выраженным зеленовато-коричневым оттенком и незначительным количеством линз известковой глины. Мощность пачки 0,25 м. Общая мощность пятого пласта горючих сланцев — 0,7 м. Теплотворная способность первой и третьей пачек составляет 2900 ккал/кг, теплотворная способность средней пачки колеблется в пределах 1000 ккал/кг и не представляет промышленного интереса.

Ниже по разрезу фиксируется прослой плотной серой известковой глины, включающей в себя редкие линзы горючего сланца. Мощность прослоя — 0,8 м.

Шестой пласт горючих сланцев сложен серовато-коричневыми, иногда зеленоватыми темно-серыми плотными горючими сланцами с незначительными линзами известковой глины. Мощность пласта 0,26 м. Теплотворная способность составляет 2400 ккал/кг.

Ниже шестого пласта залегает пачка светло- и темно-серых известковых глин с включениями фосфоритовых желваков.

Кашпир-Хвалынская площадь на севере граничит с участком «Поисковый» Кашпирского месторождения, с востока она ограничена контуром размыва верхнеюрских отложений. На юге и западе границы площади условные и определяются глубиной залегания сланценосной толщи до 350 м.

Пласты горючих сланцев приурочены к верхнему сланценосному горизонту. Мощность сланценосной толщи варьируется в пределах от 11 до 25,4 м. К северу от описываемой площади (на Кашпирском месторождении) мощность сланценосных отложений колеблется в пределах 5–16 м. Сохраняется общая закономерность увеличения мощности с северо-востока на юго-запад.

Залегание сланценосной толщи близко к горизонтальному, с незначительным уклоном на юго-запад. В зависимости от рельефа глубина залегания изменяется в пределах от 16 до 320 м.

Сланценосные отложения в пределах Кашпир-Хвалынской площади вскрыты 13 скважинами и представлены светло-серыми известковистыми глинами и темно-серыми сапропелевыми глинами с прослоями горючих сланцев. В некоторых скважинах выделяются прослои мергеля и кварцевых алевролитов. В разрезе Кашпирского месторождения выделяется от трех до шести пластов горючих сланцев.

Начинает строение сланценосной толщи пласт известковистой глины мощностью от 0,8 до 3,3 м. В северном направлении глины сменяются песчаниками (мощностью до 4 м) с фосфоритовым конгломератом в основании.

Первый пласт вскрыт большинством поисковых скважин на глубинах от 144,6 (скважина № 112) до 361,2 м на севере (скважина № 5) площади. Мощность изменяется от 0,4 до 1 м. Пласт, как правило, имеет простое строение и представлен желто-бурым слоистым горючим сланцем с остатками и отпечатками аммонитов и конкрециями пирита, также в горючем сланце выделяются линзы сапропелевой глины и кварцево-глауконитового песчаника. Визуально горючие сланцы представляют собой аналог сланцев одноименного пласта, распространенного практически во всех разрезах известных месторождений Волжского бассейна (Кашпирского, Перелюбского, Коцебинского). Пласт распространен на большей части площади и лишь в южной и юго-западной части фациально замещается сапропелевыми глинами. Теплотворная способность рассматриваемого пласта в среднем составляет 2300 ккал/кг.

Первый пласт подстилается серыми известковистыми глинами с тонкими прослоями мергелей и тонкозернистых алевролитов. Мощность глин варьируется от 0,6 до 2,4 м.

Второй пласт горючих сланцев вскрыт поисковыми скважинами на глубинах 145,7 м на юге (скважина № 112) до 364,2 (скважина № 5) на севере площади. Пласт имеет сложное строение и состоит из двух (в редких случаях трех) пачек горючего сланца. Мощность сланцевых пачек и разделяющих их глин в среднем составляет 0,3–0,4 м. Суммарная мощность пласта варьируется от 0,7 до 2,3 м. Пласт представлен зеленовато-темно-серыми разностями горючих сланцев со слабогоризонтальной слоистостью и обильной разнообразной фауной. В пределах Кашпир-Хвалынской площади по контуру распространения второй пласта весьма схож с первым пластом и размещен в основном в северной части площади. В юго-западном, южном, а также в северо-западном направлениях наблюдается ухудшение его качественных показателей вплоть до замещения сапропелевыми глинами. Теплотворная способность рассматриваемого пласта варьируется в широких пределах от 1293 до 3700 ккал/кг.

Второй пласт подстилается серыми известковистыми глинами мощностью 0,8–3,3 м, переходящими к кровле нижележащего третьего пласта в сапропелевые глины.

Третий пласт горючих сланцев вскрыт большинством скважин и представлен переслаиванием тонких прослоев (0,1–0,3 м) горючего сланца и серых, темно-серых известковистых глин. Пласт сложного строения состоит из двух-трех пачек общей мощностью 0,5–2,6 м. В основном горючие сланцы данного пласта низкого качества и по площади своего распространения замещаются сапропелевыми глинами с содержанием ОВ до 5 %. Пласт представлен желто-серыми и желто-бурыми разностями. Теплотворная способность рассматриваемого пласта крайне низкая и в среднем составляет 646 ккал/кг, что, очевидно, не представляет промышленного интереса.

Между третьим и четвертым пластами горючих сланцев залегает пласт известковистых глин мощностью от 1,4 до 3,5 м.

Четвертый пласт горючих сланцев имеет ограниченное распространение и локализуется в центральной части Кашпир-Хвалынской площади. Представляет собой чередование серых известковистых глин и коричневатого-темно-серых горючих сланцев. Мощность пласта изменяется от 0,4 до 1,2 м, причем увеличение мощности наблюдается к периферийным частям контура его распространения. Информация о теплотворной способности рассматриваемого пласта отсутствует.

Четвертый и пятый пласты горючих сланцев разделяют глины, представленные сапропелевыми буровато-серыми разностями в верхней части и темно-серыми известковистыми в нижней части. Средняя мощность пласта 2,65 м.

Пятый пласт горючих сланцев вскрыт в южной части площади на глубине от 154,3 до 272,4 м. Представлен крайне бедными горючими сланцами, во многих случаях замещающихся сапропелевыми глинами серого цвета с буроватым оттенком. Мощность пласта колеблется от 0,6 до 0,7 м. Информация о теплотворной способности рассматриваемого пласта отсутствует.

Последним рассматриваемым месторождением является **Озинковское**. Глубина залегания сланценосной толщи варьируется от 18 до 50 м. Общая мощность сланценосной толщи колеблется в незначительных пределах, от 28,8 до 32,6 м. В Озинковском месторождении отмечается следующее строение сланценосной толщи.

Перекрывают сланценосную толщу серые, темно-серые известковые глины зоны Virgatitus Virgatus, мощность которых не определена.

Первый продуктивный пласт включает в себя две разности горючих сланцев, в кровле залегают серые, светло-серые горючие сланцы известковистые, их мощность варьируется от 0,4 до 0,45 м. Нижняя часть пласта представлена горючими сланцами известковыми желто-бурого и буро-серого цветов. В северной и восточной частях месторождения пласт отсутствует. Средняя теплотворная способность пласта варьируется от 1825 до 2411 ккал/кг.

Первый и второй пласты горючих сланцев разделяет пропласток серой, темно-серой известковистой глины мощностью 2,4 м.

Второй пласт горючих сланцев имеет незначительную мощность (0,1 м) и выделяется не повсеместно. Пласт представлен горючими сланцами известковистыми темно-серого и желтоватого цвета. Информация о теплотворной способности рассматриваемого пласта отсутствует.

Второй и третий пласты горючих сланцев разделяет пласт глины, верхняя часть пласта представлена темно-серой известковистой разностью, нижняя постепенно переходит в сапропелевую, приобретая желтовато-бурый оттенок. Общая мощность составляет 6,3 м.

Третий пласт представлен буровато-серыми горючими сланцами с желтоватым оттенком. Имеет сложное строение и включает в себя три пачки горючих сланцев разного качества. Мощность пласта колеблется в широких пределах, от 0,5 до 4,6 м. Мощность пачек варьируется в пределах 0,4–0,7 м. Средняя теплотворная способность пласта составляет 1570 ккал/кг, максимальная — 2421 ккал/кг.

Третий пласт горючих сланцев подстилается пластом буровато-серой сапропелевой глины мощностью 2 метра.

Ниже залегает пласт серой известковистой глины мощностью 4,3 м.

Четвертый пласт представлен темно-коричневыми и серовато-бурыми горючими сланцами. Мощность пласта изменяется в широких пределах, от 0,05 до 1,27 м. Выделяется как

монолитный пласт, так и сложный, включающий в себя две пачки горючего сланца. Отмечается низкая теплотворная способность пласта — 1496–1534 ккал/кг.

Подстиляет четвертый пласт горючих сланцев слой буровато-серой сапропелевой глины мощностью 0,6 м.

Пятый пласт горючих сланцев представляет собой зеленовато-коричневый, темно-серый горючий сланец с линзами сапропелевой глины, с тонкими прожилками пирита. Мощность пласта колеблется в широких значениях, от 0,2 до 2,15 м. Пласт имеет преимущественно простое строение. Средняя теплотворная способность составляет 1868 ккал/кг.

Вниз по разрезу пятый пласт горючих сланцев сменяется серой известковистой глиной мощностью примерно 2,9 м.

Шестой пласт включает в себя буровато-желтые, буровато-коричневые горючие сланцы. Обладает сложным строением и разделен на две пачки, отделенные друг от друга коричневатой сапропелевой глиной. Мощность пачек варьируется от 0,6 до 0,8 м. Мощность пропластка сапропелевой глины составляет 0,7 м. Обладает высокой теплотворной способностью на уровне 2600–3575 ккал/кг.

Ниже выделяется мощный пропласток известковистой глины (4,3 м), включающий в себя седьмой пласт горючих сланцев, представленный тонким прослоем горючего сланца (до 0,1 м). Далее выделяется пласт коричневатой сапропелевой глины мощностью 1,4 м. Информация о теплотворной способности рассматриваемого пласта отсутствует.

Завершает сланценосную толщу Озинковского месторождения восьмой продуктивный пласт, включающий в себя четыре пачки горючих сланцев. Он представлен темно-серыми, желтовато-коричневыми горючими сланцами с линзами пирита и органическими включениями. Мощность пласта колеблется от 0,8 до 3,8 м. Мощность же пачек варьируется в широких пределах, от 0,1 до 1,9 м. Рассматриваемый пласт обладает крайне изменчивой теплотворной способностью, варьирующейся в пределах 1514–3563 ккал/кг.

На основе данных о сланценосности рассматриваемых месторождений была построена прогнозная карта зонального развития сланценосной толщи (Рисунок 18).

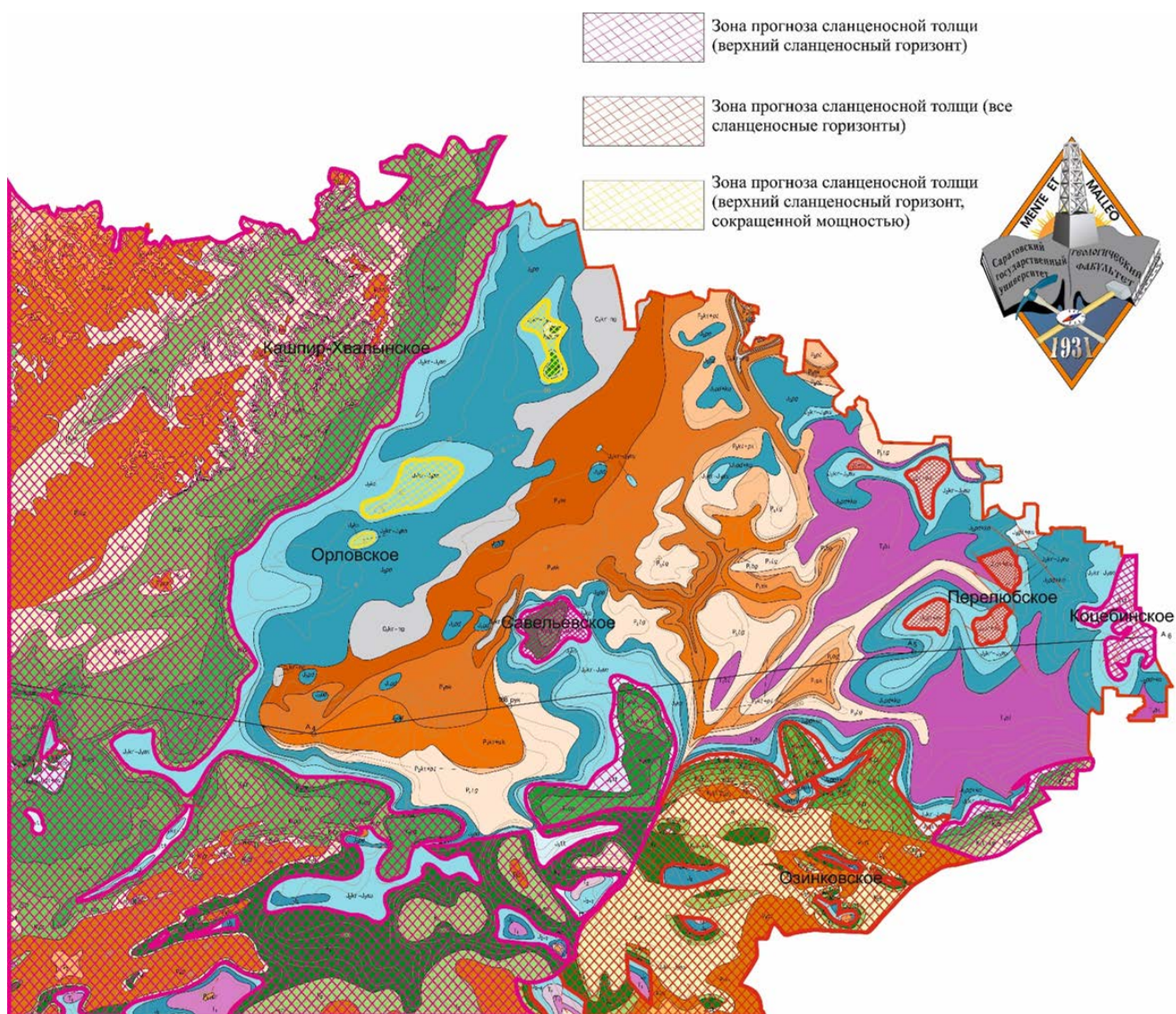


Рисунок 18 — Прогнозная карта зонального развития сланценовой толщи
Волжского бассейна; масштаб 1 : 500000; составил В. С. Илясов

В качестве первоисточника использован фрагмент геологической карты донеогеновых отложений Саратовской области; масштаб 1 : 500000; составили Ю. Н. Зозырев, Н. Ю. Зозырев, О. К. Навроцкий, А. И. Диброва, В. В. Бондаренко

Согласно данной карте выделяются три зоны развития сланценовой толщи. К периферийным частям Волжского бассейна относятся зоны полного развития верхнего сланценового горизонта, где, как упоминалось выше, выделяется от пяти до шести продуктивных пластов. Центральная часть Волжского сланценового бассейна имеет наиболее сложное строение и представлена двумя зонами. Зона, приуроченная к Орловскому месторождению, включает в себя всего три продуктивных пласта верхнего сланценового горизонта, что указывает на неполное его развитие. Зона, выделенная в Озинковском и Перелюбском месторождениях, отражает наиболее полный процесс формирования

сланценосного горизонта по сравнению с другими рассматриваемыми месторождениями. Именно к этой зоне приурочено развитие всех трех сланценосных горизонтов. Таким образом, наблюдается очевидная широтная изменчивость развития сланценосной толщи в направлении с востока на запад. При этом стоит отметить резкий переход, от полного развития толщи в центральной части до резкого сокращения, вплоть до трех продуктивных пластов.

Опираясь на вышесказанное, а также на данные разрезов опорных скважин рассматриваемых месторождений, были составлены корреляционные схемы, отображающие широтную и меридиональную изменчивость разреза (Рисунок 19, 20, 21), на основании чего были сделаны следующие выводы.

1) В сланценосной толще Озинковского месторождения выделен нижний сланценосный горизонт (восьмой продуктивный пласт), который коррелируется с одноименным пластом Перелюбского месторождения: количество пачек и их качество практически равно. Предыдущими исследователями седьмой пласт в Озинковском месторождении не выделялся как самостоятельная единица и отмечался как элемент, включенный в мощный пласт глин, однако в результате проведенной корреляции между Перелюбским и Озинковским месторождениями можно подтвердить наличие седьмого продуктивного пласта. После выделения восьмого продуктивного пласта на Озинковском месторождении можно с уверенностью сказать, что в строении рассматриваемого месторождения принимают участие все три сланценосных горизонта. Таким образом, сланценосная толща данного месторождения имеет наиболее полное строение.

2) Качество горючих сланцев улучшается в направлении с запада на восток. Это объясняется наиболее благоприятными условиями осадконакопления и последующим сохранением органического вещества в восстановительных условиях.

3) Строение и мощность нижнего сланценосного горизонта значительно сокращаются в направлении с севера на юг, что указывает на значительные перепады глубин отрицательных структур (меридиональные впадины и карстовые депрессии), приуроченных к Озинковскому и Перелюбскому месторождению.

4) Наибольшей степенью корреляции обладает верхний сланценосный горизонт Коцебинского и Перелюбского месторождений: пласты имеют идентичное строение, за исключением четвертого, и близкие качественные характеристики.

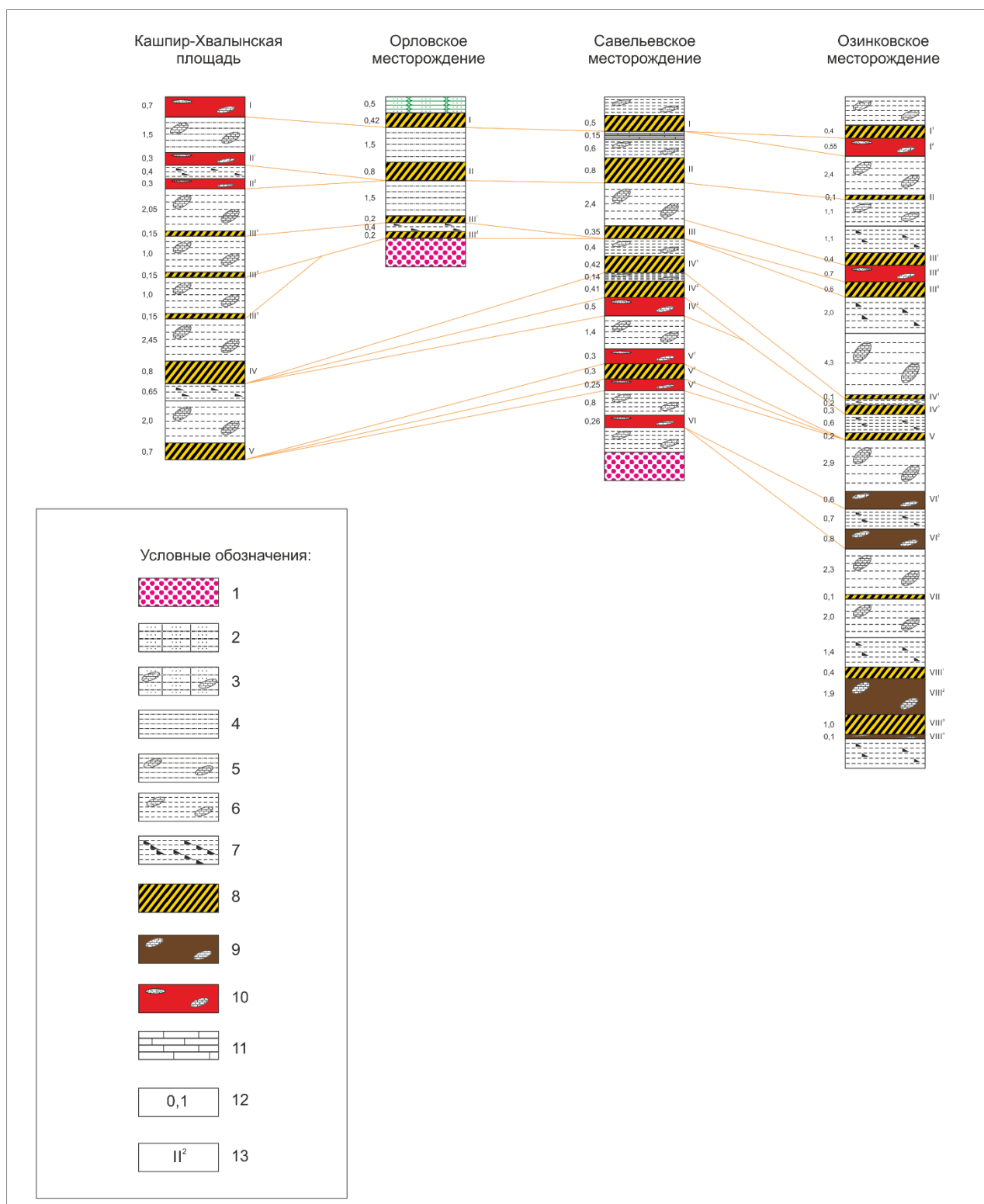


Рисунок 19 — Меридиональная корреляционная схема; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — песчаники с фосфатными желваками; 2 — алевролиты с глинистым цементом; 3 — алевролиты с кальцитовым цементом; 4 — глины бескарбонатные и слабоизвестковистые, алевролитистые; 5 — глины известковистые алевролитистые и алевроитовые; 6 — глины известковые; 7 — глины сапропелевые; 8 — горючие сланцы известковистые; 9 — горючие сланцы известковые; 10 — горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОБ; 11 — алевролитисто-глинистые известняки; 12 — мощность слоя; 13 — номер продуктивного пласта

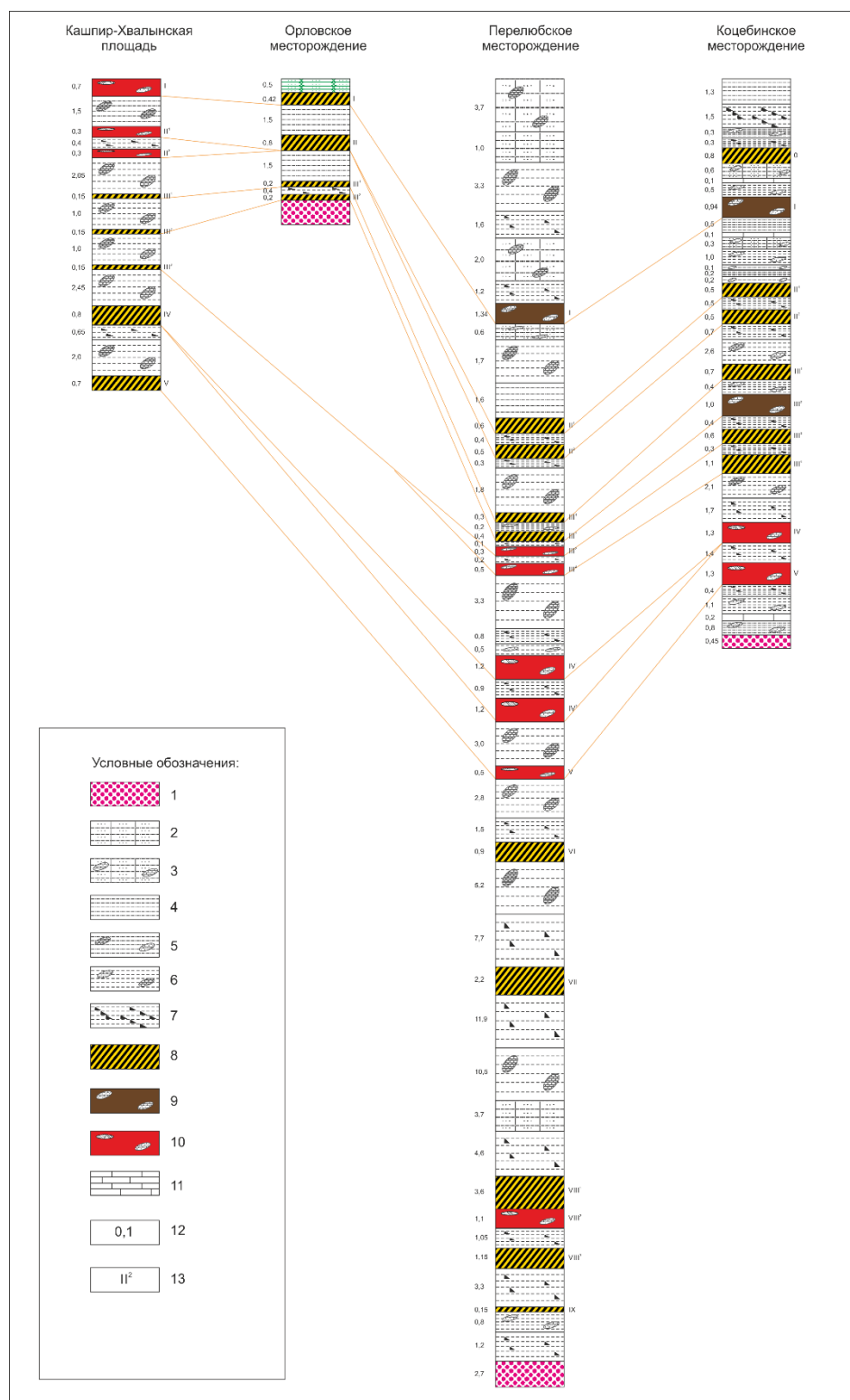


Рисунок 20 — Широтная корреляционная схема; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — песчаники с фосфатными желваками; 2 — алевриты с глинистым цементом; 3 — алевриты с кальцитовым цементом; 4 — глины бескарбонатные и слабоизвестковистые, алевритистые; 5 — глины известковистые алевритистые и алевритовые; 6 — глины известковые; 7 — глины сапропелевые; 8 — горючие сланцы известковистые; 9 — горючие сланцы известковые; 10 — горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОВ; 11 — алевритисто-глинистые известняки; 12 — мощность слоя; 13 — номер продуктивного пласта

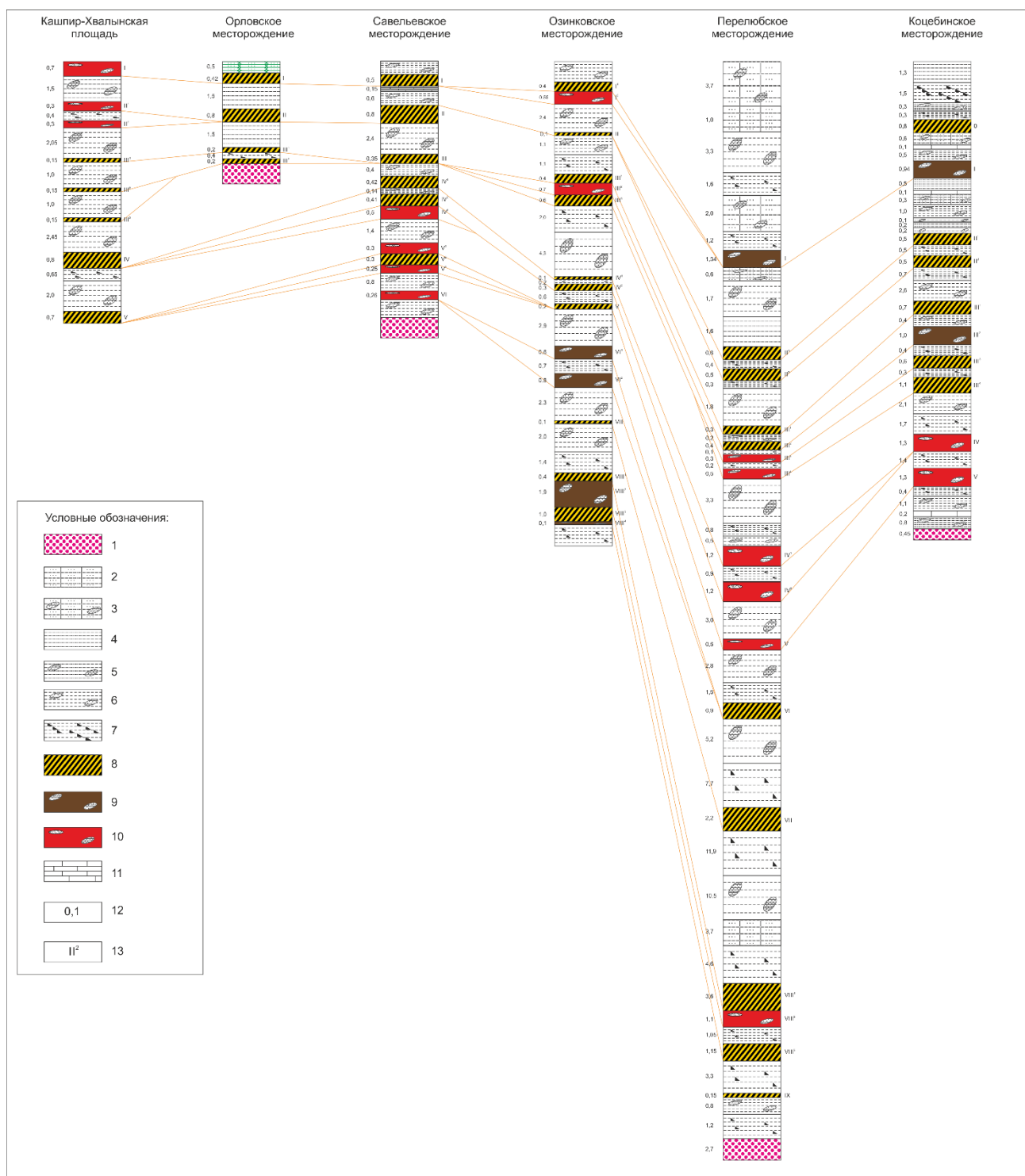


Рисунок 21 — Общая корреляционная схема; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — песчаники с фосфатными желваками; 2 — алевролиты с глинистым цементом; 3 — алевролиты с кальцитовым цементом; 4 — глины бескарбонатные и слабоизвестковистые, алевролитистые; 5 — глины известковистые алевролитистые и алевроитовые; 6 — глины известковые; 7 — глины сапропелевые; 8 — горючие сланцы известковистые; 9 — горючие сланцы известковые; 10 — горючие сланцы с наиболее высоким содержанием OB ; 11 — алевроитисто-глинистые известняки; 12 — мощность слоя; 13 — номер продуктивного пласта

Резюмируя вышеизложенное, следует отметить, что волжская сланценосная толща состоит из переслаивания пластов горючих сланцев, известковых, алевроитовых и сапропелевых глин, в некоторых случаях выделяются тонкие пласты алевролитов, глауконитовых песчаников и известняков. Для месторождений, расположенных на левом берегу Волги, в основании сланценосной толщи выделяется фосфоритовый горизонт. На Кашпир-Хвалынском месторождении (правый берег Волги) фосфоритовый горизонт венчает сланценосную толщу. Всего выделяется три сланценосных горизонта, которые включает в себя от трех до девяти пластов горючих сланцев. **Наиболее выдержанными и перспективными пластами считаются первый и третий.** Наибольшая мощность сланценосной толщи вскрыта скважинами Перелюбского месторождения (девять пластов), наименьшая вскрыта на Орловском месторождении (три пласта). Наиболее перспективными для дальнейшей разработки считаются Коцебинское, Перелюбское и Кашпир-Хвалынское месторождения. Глубина залегания сланценосной толщи варьируется в широких пределах, местами представлена в виде обнажений в оврагах (Коцебинское месторождение), на месторождении Кашпир-Хвалынской площади максимальная глубина сланценосной толщи достигает 350 метров. В среднем глубина залегания варьируется от 30 до 90 м. Мощность сланценосной толщи также варьируется в широком диапазоне, от 5 (Орловское месторождение) до 100 метров (Перелюбское месторождение). Внутри Волжского бассейна выделяется три зоны развития сланценосной толщи с постепенными или резкими переходами. В направлении с запада на восток и с юга на север отмечается постепенное улучшение качества горючих сланцев.

3. Литология сланценосной толщи

3.1. Литотипы

Как уже отмечалось, литологически сланценосная толща Волжского бассейна представлена переслаиванием глинисто-карбонатных пород и горючих сланцев. Доминируют терригенные разности, реже карбонатные, в единичных случаях выделяются породы с желваками фосфоритов. Преобладающую роль играет целый комплекс минералов: иллит, хлорит, смектит, кварц, полевые шпаты, кальцит, пирит. Органическая составляющая представлена преимущественно сапропелевой природой — коллоальгинитом, а также присутствуют кокколлиты [16, 17].

Не смотря на литологический характер данной работы, при работе с термином «горючий сланец» необходимо также учитывать и технологические характеристики, рассматриваемой породы, это потребовало учитывать различные особенности горючих сланцев в рассматриваемом исследовании.

В данной работе под горючими сланцами понимается осадочная порода, обладающая способностью гореть или накаливаться в пламени спички, издавая резкий запах жженой резины. Порода эта, в разной мере глинистая, известковая, состоит обычно на 15 – 80 % из органического вещества (ОВ) – керогена и на 20 – 85 % из минеральной части (иллит, смектит, хлорит, кварц, и.т.д.).

В результате обобщения опубликованных данных и авторских исследований в составе рассматриваемой толщи выделено **11** литотипов, макроописание пород дополнялось изучением шлифов и проведением электронной микроскопии для горючих сланцев (таблица № 1).

Литолого-петрографические исследования шлифов и кернавого материала были выполнены на Перелюбском (скважина № 559) и Коцебинском месторождениях (скважина № 133). К сожалению, в связи с тем, что отбор керна производился более 30 лет назад, отобрать образцы, отвечающие каждому литотипу, не представлялось возможным, однако были охарактеризованы ключевые литотипы, выполняющие сланценосную толщу, а также основные продуктивные пласты Перелюбского и Коцебинского месторождений. Описание шлифов производилось с использованием микроскопа AxioLab A1 POL, фотографирование шлифов производилось при помощи камеры Canon 650D.

Песчаник с фосфатными желваками — темно-серые и зеленовато-серые песчаники на глинисто-фосфатно-карбонатном цементе, содержащие большое количество конкреций

фосфоритов, фосфоритизированных остатков ископаемых. Характерна неравномерная текстура, обусловленная беспорядочной ориентацией алевритового и песчаного материала разной окатанности. Породообразующие минералы: кварц, полевые шпаты, обломки кремнистых пород. Акцессорные минералы представлены эпидотом, гранатом, реже лейкоксом, сфеном, ильменитом, хромшпинелидами. В качестве цемента выступает кальцит и фосфаты с различной примесью глинистого вещества.

Содержание P_2O_5 изменяется в широких пределах, от 1,5 до 15 %. Рассматриваемый литотип характеризуется четкой стратиграфической приуроченностью, т. к. для месторождений, расположенных на левом берегу Волги, песчаники с фосфатными желваками выделяются в подошве сланценосной толщи, а в месторождениях, расположенных на правом берегу Волги, данный литотип приурочен к кровле сланценосного горизонта.

Таблица 1 — Типизация литотипов

№ литотипа	Наименование литотипа	Содержание ОВ (%)	Содержание (%) минеральной составляющей	Содержание
	Песчаники с фосфатными желваками	0 – 1	99 – 100	< 15
2	Алевриты с глинистым цементом		– 98	
3	Алевриты с кальцитовым цементом	0 – 1	99 – 100	
	Глины бескарбонатные и слабоизвестковистые, алевритистые	0 – 3		0 - 15
5	Глины известковистые алевритистые и алевритовые	– 3		15 - 25
6	Глины известковые	0 – 3	97 – 100	> 25
7	Глины сапропелевые			
8	Горючие сланцы известковистые	5 – 30		
9	Горючие сланцы известковые	30 – 45		
10	Горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОВ	45 – 80		
	Алевритисто-глинистые известняки		99 – 100	

Алевролиты с глинистым цементом — темно-серые, серые. Структура алевролитовая, текстура массивная с неровными и крупнораковистыми поверхностями слоя. С глинистым цементом. Породообразующий минерал — кварц, также отмечается наличие полевых шпатов, обломки кремнистых пород, слюды, мелкие пластинки хлорита. Глинистые минералы представлены хлоритами, иллитом и подчиненным количеством каолинита.

Содержание ОВ достигает 2–3 %, сильно варьирует количество гуминовых кислот (от 4 до 23 %), количество нерастворимых форм ОВ достигает 70–92 %. Изучение керогена рентгеноструктурными методиками позволило идентифицировать это вещество как коллоальгинит горючих сланцев.

Данный литотип имеет подчиненное значение и выделяется только в кровле сланценосной толщи Перелюбского месторождения.

Алевролиты с кальцитовым цементом — серые, голубовато-серые и темно-серые. Структура — алевритовая, текстура массивная с неровными и раковистыми поверхностями скола. С кальцитовым цементом. Отмечается высокое содержание кварца, полевых шпатов, кальцита и мусковита. В составе акцессорных тяжелых минералов преобладают черные рудные, циркон, эпидот. В тяжелой фракции преобладает пирит. Изучение пелитовой составляющей показало, что в ассоциации глинистых минералов входят иллит, хлорит, смектит и каолинит. Игрет подчиненную роль и встречается исключительно в Перелюбском и Коцебинском месторождениях в виде тонких пластов.

Глины бескарбонатные и известковистые, алевритистые — темно-серые, почти черные. Структура пелитовая, текстура массивная с неровным раковистым изломом. Породообразующие минералы: иллит, хлорит, смектит. Отмечается повышенное содержание всех терригенных компонентов, незначительное содержание кальцитовых и коллоальгинитовых агрегатов. В составе тяжелых терригенных минералов повышены концентрации черных рудных минералов, циркона, гранатов, эпидота и роговой обманки.

Содержание ОВ (тип органического вещества аналогичен глинам известковым кокколитовым) изменяется от 0,4 до 3 %. Коллоальгинит, в отличие от глин сапропелевых и горючих сланцев, не образует самостоятельных микролинз. Он диффузно насыщает и пигментирует глинистые компоненты, находится в смеси с гуминовыми кислотами, составляющими, по данным битуминологического анализа, 20 % от массы ОВ. Характерными элементами являются мелкие рассеянные углефицированные растительные остатки (УРО).

Данный литотип также играет второстепенную роль и выделяется только в трех месторождениях: Орловском, Перелюбском, Коцебинском. Он расположен в кровле сланценосного горизонта.

Скважина № 559/10, глубина 72,0 м

Название: глина бескарбонатная алевролитистая.

Макроскопическое описание: порода серая, плотная, средней крепости, пелитовой структуры, горизонтально-слоистой текстуры, жирная на ощупь, легко ломается руками, излом неровный, раковистый. На поверхности многочисленные чешуйки слюды и редкие единичные обломки створок раковин. Не реагирует с HCl.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Глинистое вещество (65–75%), кварц (10–15%), гидрослюда (2–3 %), кремнезем (1–2 %), пирит (1–2 %), ОВ (1–2 %), битум (7–10 %), единичные зерна кальцита, колофана.

Описание породы. Порода представлена в основном глинистым веществом, тонкочешуйчатым, хорошо поляризующим, с тонкогоризонтальной слоистостью, с линзовидной и лентовидно-прерывистой микроструктурой, сильно битуминизированными темно-коричневыми и черными пятнами, сгустками.

По всей площади шлифа неравномерно распределены:

— алевроитовая примесь (10–15 %), представленная в основном зернами кварца от угловатых до слабоокатанных и окатанных размером 0,02–0,05 мм и игольчатыми чешуйками гидрослюды 0,04–0,1 мм;

— глауконит ярко-зеленый, агрегатного строения (1–2 %), аутигенный округлой формы и, возможно, аллотигенный — треугольной, неправильной угловатой формы;

— редкие обломки органики, выполненные пелитоморфным кальцитом, а спикулы губок — кремнеземом кварц-халцедонового состава.

Иногда в основной массе породы встречаются небольшие участки (поры) размером 0,05 мм и менее, выполненные буровато-коричневым прозрачным веществом с раковистым изломом, зачастую пелитизированным и не реагирующим (изотропное) на поляризованный свет в скрещенных николях. Подобное вещество наблюдается также в виде «рогулек» и их обломков. С большой долей вероятности можно предположить, что это остатки вулканического стекла (фото

В отраженном свете (фото 2) наблюдаются ромбоиды пирита (1–2 %) и углистые частицы (1–2 %) размером (~0,01 мм). Встречаются единичные зерна колофана.

Генезис: осадочный. Структура: алевро-песчано-пелитовая.

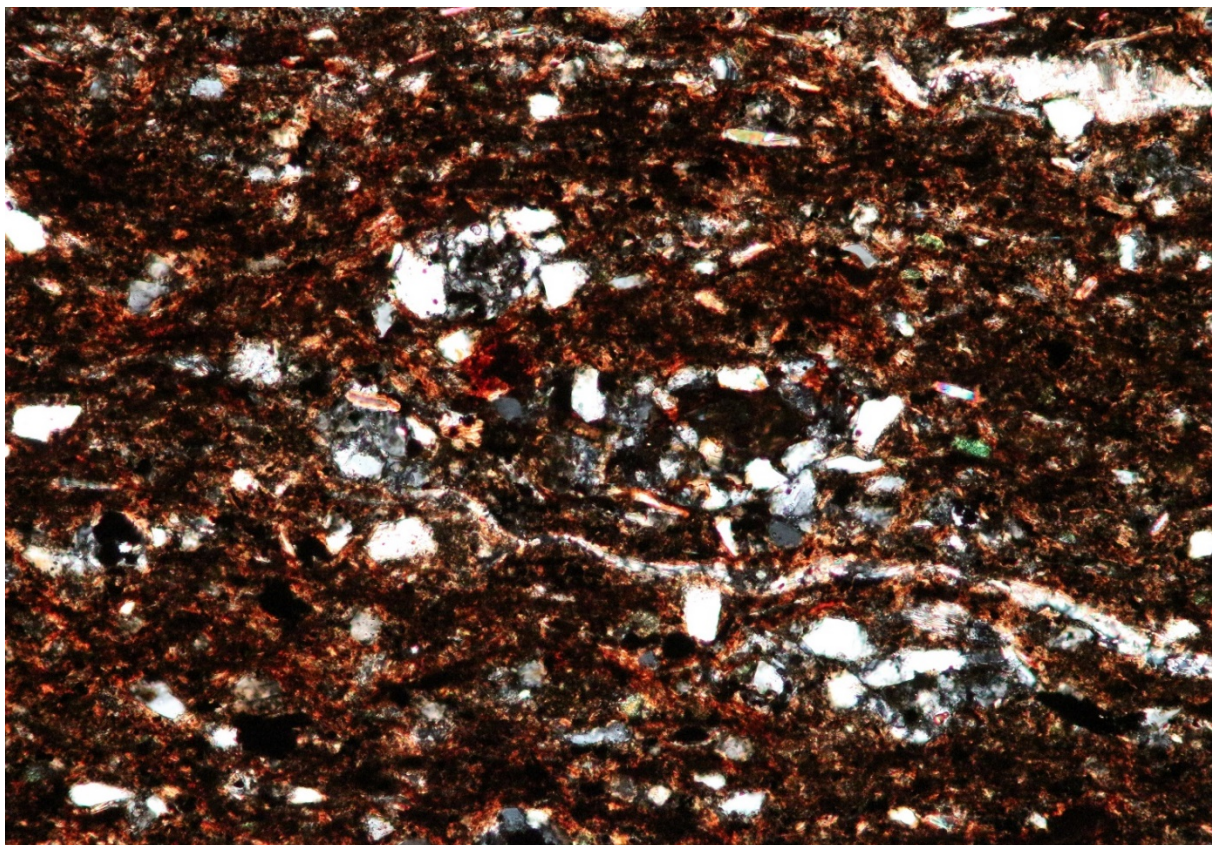


Фото 1 — Шлиф ник.+; литотип № 4; осколок вулканического стекла;
Перелюбское месторождение; ув. 200^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

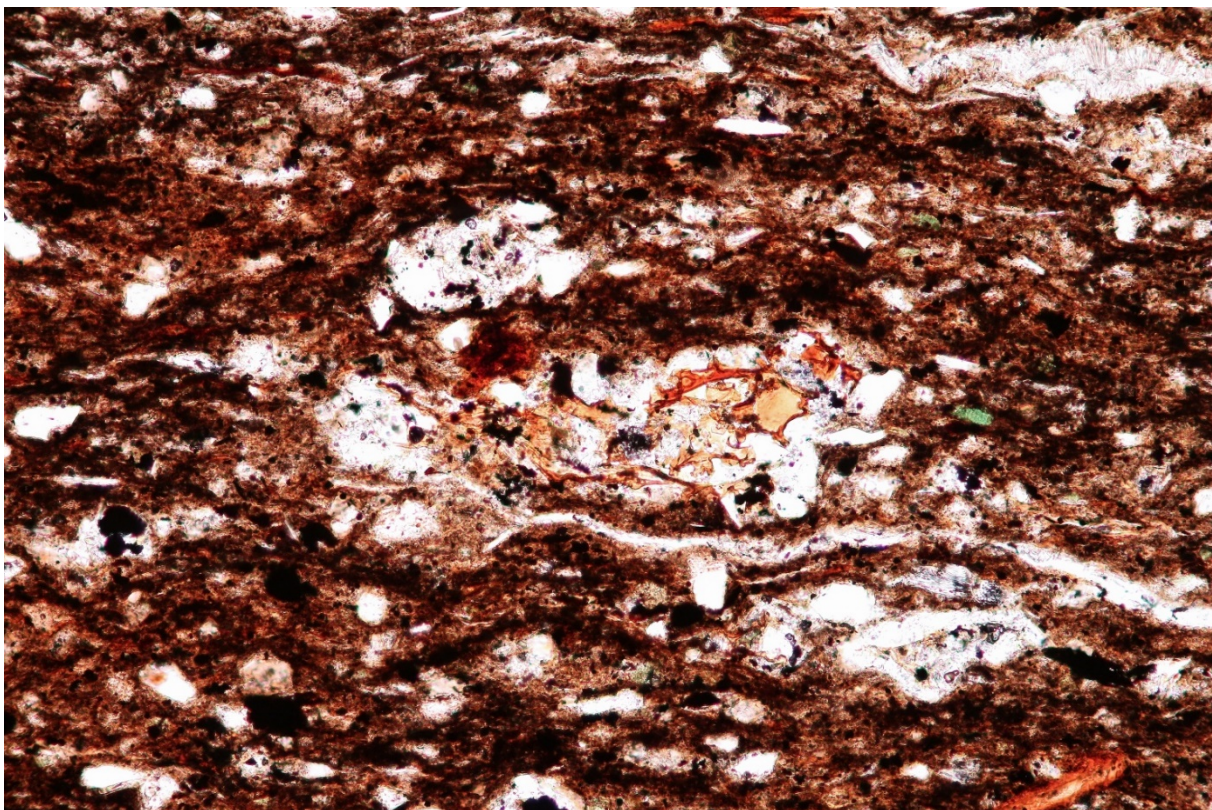


Фото 2 — Шлиф ник. ||; литотип № 4; осколок вулканического стекла;
Перелюбское месторождение; ув. 200^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Глины известковые алевроитовые и алевроитистые — серые, голубовато-серые, структура пелитово-алевритовая (отличаются существенной примесью частиц алевроитовой размерности от 10 до 42 %). Выделяются неправильные, угловатые частицы кристаллического кальцита, а также фрагменты органогенного детрита. Ориентация беспорядочная. Текстура массивная, линзовидная.

В пелитовой составляющей, наряду с обычными для этих пород кокколитами, присутствует широкий спектр глинистых минералов: аллотигенные гидрослюды, хлориты, смектит и каолинит, а также аутигенные хлориты. В составе алевроитового материала на территории Перелюб-Благодатовской площади преобладает кварц. На всей территории в этом типе пород сокращается количество глинисто-коллоальгинитовых агрегатов, существенное значение имеет светло-зеленый глауконит, свежий и слегка побуревший, со следами окисления. Отмечается увеличение содержания пирита.

Органическое вещество представлено буровато-желтым коллоальгинитом. В этих глинах на Перелюб-Благодатовской площади содержание ОВ достигает 3 % при минимальном содержании 0,9 %. Характерно присутствие углефицированных остатков растений (до 2–3 %) в виде очень мелких фрагментов (0,01–0,03 мм), не сохранивших клеточную структуру тканей. Содержание гуминовых кислот в составе ОВ достигает 48 %.

Данный литотип играет второстепенную роль и выделяется только на Коцебинском и Кашпир-Хвалынском месторождениях. Встречается исключительно в кровле и подошве сланценосного горизонта.

Скважина № 559/9, глубина 70,0 м

Название: глина известковистая, алевроитистая.

Макроскопическое описание: порода серая, плотная, средней крепости, пелитовой структуры, тонкослоистой текстуры, жирная на ощупь, излом неровный, землистый, реагирует с HCl. На поверхности отмечаются отпечатки фораминифер $d = 1,5\text{--}2$ см и двустворчатых моллюсков 2–3 мм или раковинный детрит перламутровой окраски и редкие чешуйки слюды.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Глинистое вещество (70–80 %), кальцит (7–10 %), кварц (7–10 %), гидрослюда (2–3 %), кремнезем (1–2 %), пирит (1–2 %), органическое вещество (2–3 %), единичные зерна глауконита, хлорита, колофана, рутила, лейкоксена.

Описание породы. В шлифе порода представлена глинистым веществом тонкочешуйчатого строения, хорошо поляризующим в скрещенных николях (фото 3), с четко выраженной

тонкогоризонтальной слоистостью. По всей площади беспорядочно распределена карбонатная органика (7–10 %) разной степени сохранности, выполненная волокнистым или пелитоморфным кальцитом, представленная обломками раковин — фораминифер или волокнами водорослей. Редко наблюдаются спикулы губок, выполненные мелкозернистым кварц-халцедоном.

В шлифе неравномерно распространена алевритовая примесь (7–10 %), представленная зернами угловатого кварца и игольчатыми чешуйками гидрослюды размером 0,04–0,05 мм.

Вся органика и обломочный материал имеют одинаковую ориентированную направленность в соответствии с глинистым напластованием.

В отраженном свете (фото 4) наблюдаются зерна тонкодисперсного или глобулярного пирита (1–2 %), тонкие вытянутые углистые частицы размером 0,03 мм (2– 3 %), а также зерна зеленого глауконита агрегатного строения, хлорита, колофана, рутила и лейкоксена.

Генезис: осадочный. *Структура:* алевро-пелитовая.

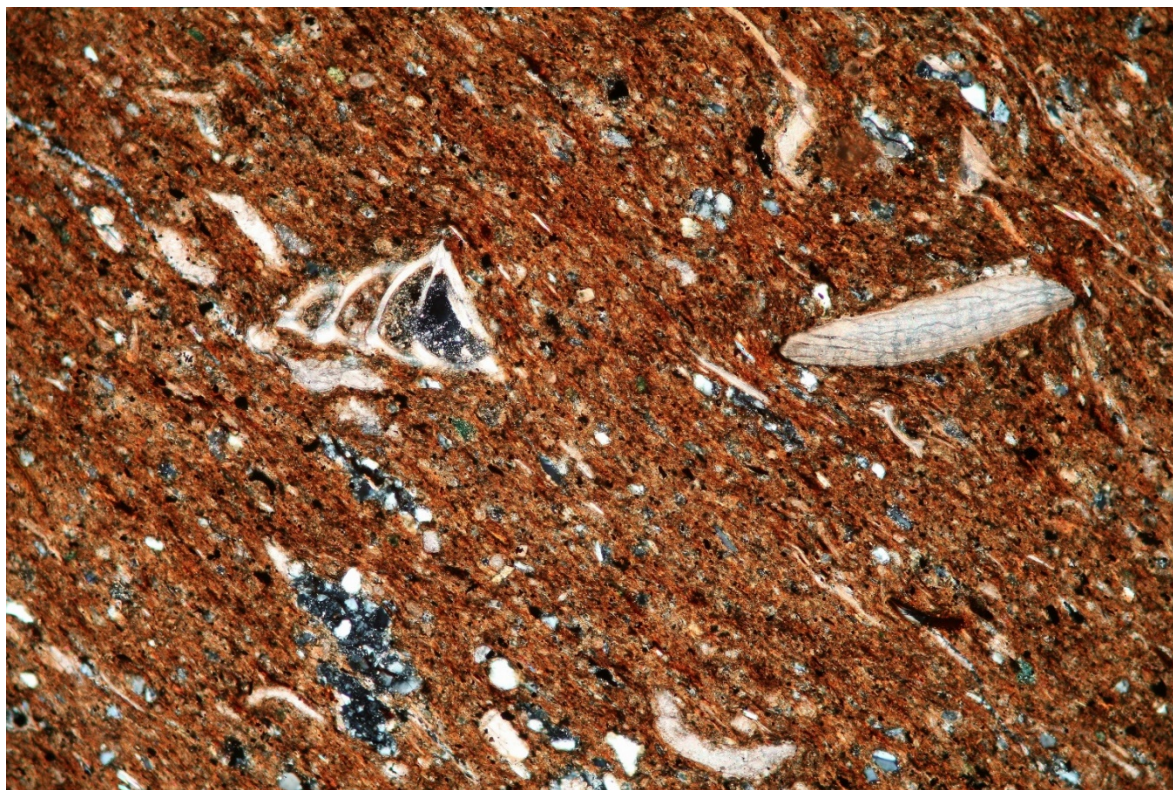


Фото 3 — Шлиф ник.+; литотип № 5;

Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

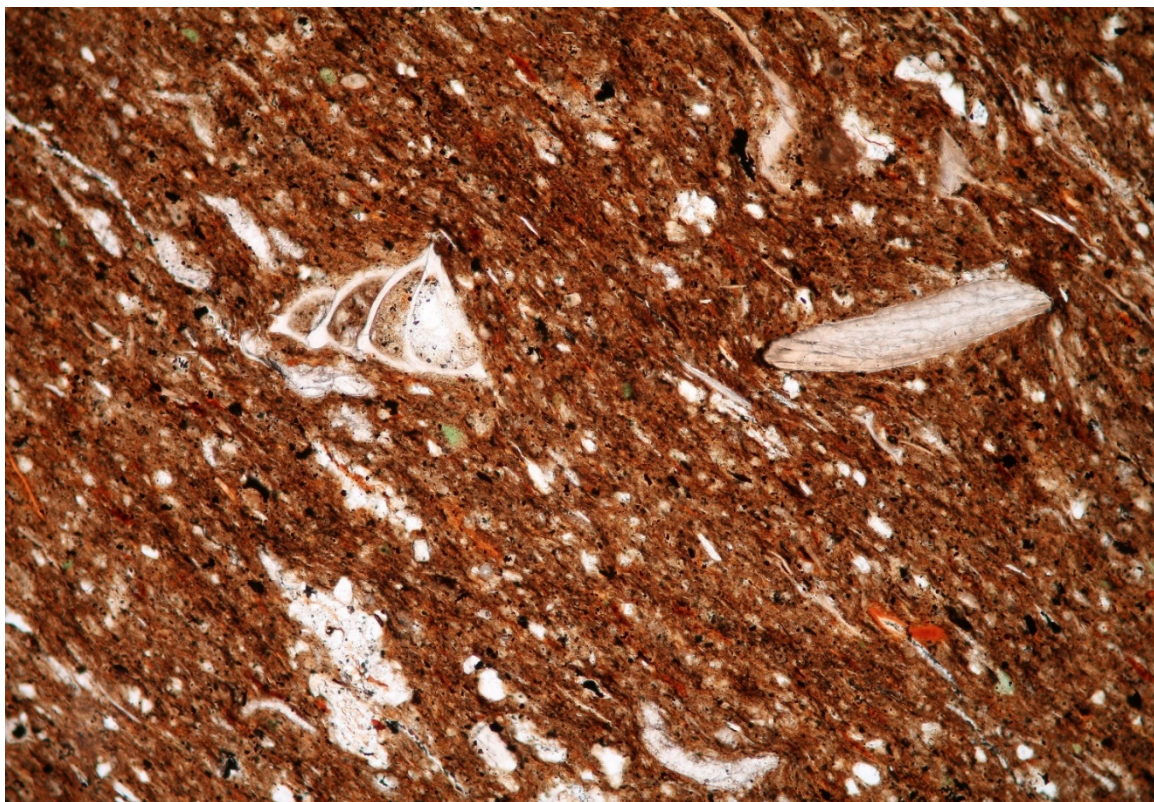


Фото 4 — Шлиф ник. ||; литотип № 5;

Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Скважина № 559/11, глубина 76,0 м

Название: глина алевритистая известковистая.

Макроскопическое описание: порода серая, плотная, средней крепости, пелитовой структуры, тонкослоистой горизонтальной текстуры, жирная на ощупь, излом неровный, землистый, реагирует с HCl. Наблюдаются отпечатки двустворчатых моллюсков перламутровой окраски диаметром до 8–10 см и фораминифер $d = 1,5$ см.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Глинистое вещество (75–80 %), органическое вещество (3 %), кварц (10–12 %), гидрослюда (1–2 %), кальцит (2–3 %), кремнезем (1–2 %), глауконит (1 %), единичные зерна пирита, углистых частиц и колофана.

Описание породы. Порода имеет тонкую горизонтальную слоистость. Она представлена в основном глинистым веществом (75–80 %), хорошо поляризующим, тонкочешуйчатого строения с незначительной примесью органического вещества (3 %) желтого и реже — красного окраса, вероятно коллоальгинитового состава (фото 5).

Обломочная алевритовая примесь неравномерно распределена по площади шлифа и представлена в основном угловатым или слабоокатанным кварцем, реже — окатанным, а также игольчатой гидрослюдой.

Карбонатная органика (2–3 %) чаще встречается удлиненной, вытянутой формы (возможно, водоросли), реже — в виде обломков раковин, выполненных волокнистым или пелитоморфным кальцитом. Редко встречается кремнистая органика (1–2 %) — спикулы губок, выполненные микрокристаллическим кварц-халцедоном. Весь органический материал имеет одинаковую ориентировку в шлифе и залегает в одном направлении по слоям.

Редко встречается ярко-зеленый глауконит агрегатного строения округлой формы (1 %), зерна колофана. В отраженном свете (фото 6) редко наблюдается тонкодисперсный пирит и углистые частицы.

Генезис: осадочный. *Структура:* органогенно-алевро-пелитовая.

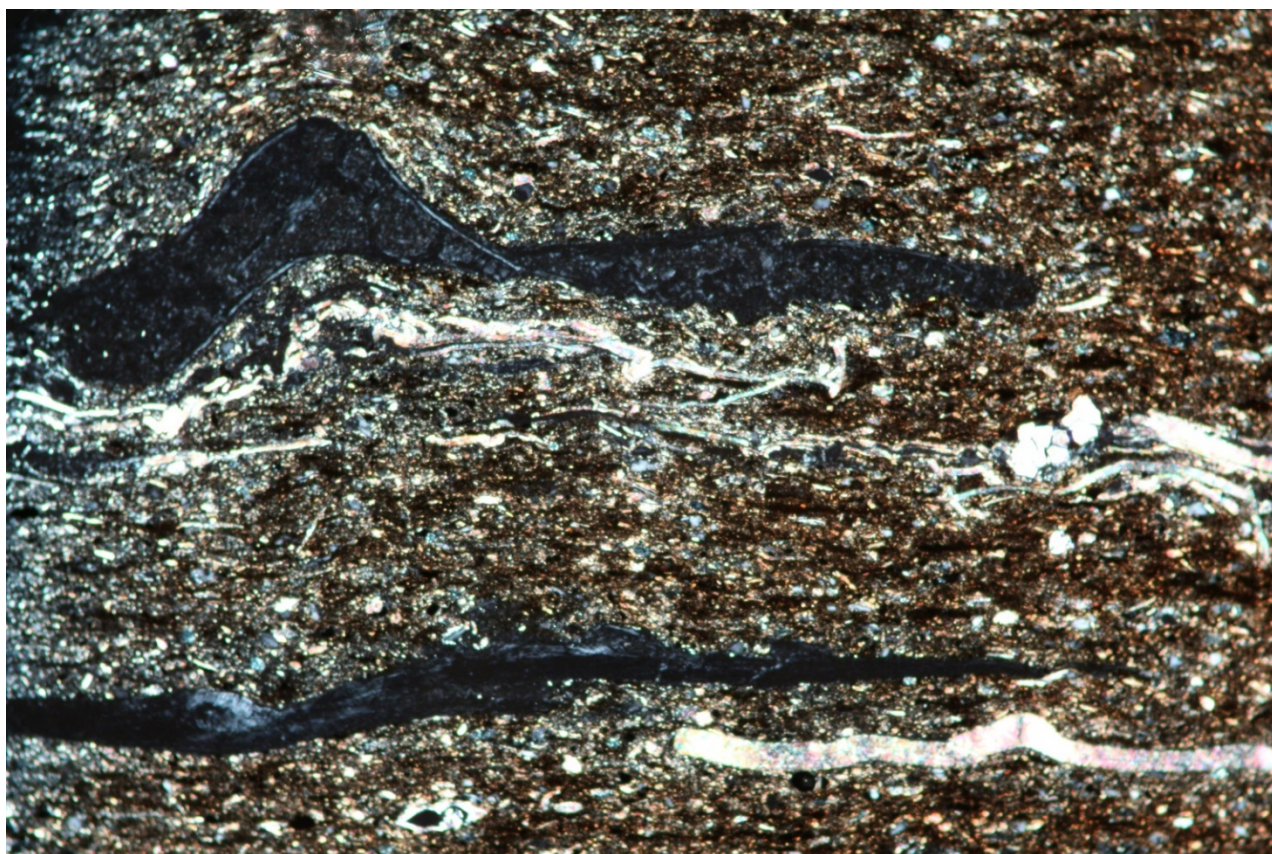


Фото 5 — Шлиф ник.+; литотип № 5;

Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

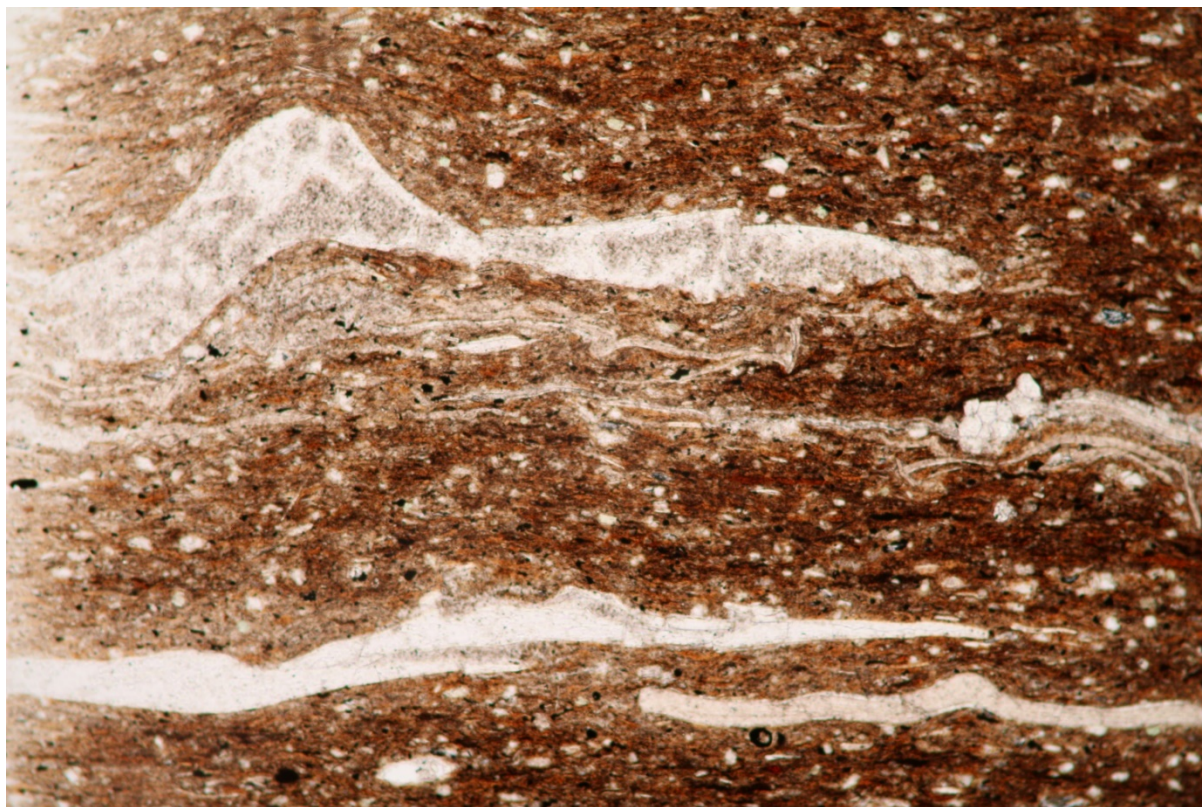


Фото 6 — Шлиф ник. ||; литотип № 5;
Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Глины известковые — серые, голубовато-серые. Структура пелитовая, текстура массивная, линзовидная. Содержание CaCO_3 не превышает 30 %, а содержание алюмосиликатов в целом достигает 60 %. Рентгеноструктурным анализом во фракции менее одного микрона фиксируется иллит, хлорит, смектит, каолинит, следы кварца, редко — полевые шпаты и гейландит. Примесь алевритового материала в глинах составляет 3–7 %, представлен он кварцем, полевыми шпатами, редкими чешуйками мусковита, биотита и хлорита. Отмечается высокое содержание пирита. Известковая составляющая представлена беспорядочно ориентированными частицами сложного строения, это кокколиты и рабдолиты — фрагменты скелетных планктонных микроорганизмов — кокколитофорид [16, 17].

Органическое вещество, представленное буровато-желтым коллоальгинитом, присутствует в виде рассеянной примеси, иногда сконцентрировано в микролинзах, аналогичных наблюдаемым в пластах горючих сланцев. Среднее содержание ОВ на территории Перелюб-Благодатовского района варьируется от 0 до 3 %. В незначительном количестве наблюдается примесь мелких углефицированных растительных остатков, равномерно распределенных в массе породы. Кероген, выделенный из глин, относится к сапропелевой природе.

Этот литотип является одним из самых распространенных в рассматриваемой толще и фиксируется на разных уровнях всех изученных месторождений. Он отделяет основные пласты

горючих сланцев друг от друга, а также в ряде случаев выполняет функцию разделения сланценосных горизонтов.

Глины сапропелевые — темно-серые, почти черные, буровато-серые, желтовато-серые. Структура пелитовая. Текстура разнообразная, наиболее распространены два типа текстур:

а) горизонтальная слоистость, выраженная чередованием слойков с неравномерным обогащением алевролитовым материалом и ОВ;

б) массивные с толстоплитчатой отдельностью и раковистым изломом.

Ведущим глинистым минералом является иллит, иногда эта роль отходит хлориту и смектиту. Отмечается повышенное содержание кварца, мусковита и эпидота. Содержат 3–5 % ОВ, связанного в основном с коллоальгинитом.

Микролинзы коллоальгинита желтые, темно-бурые, красноватые, коричневато-бурые, отличаются степенью окисленности ОВ. Даже при больших содержаниях таких микролинз количество ОВ в образцах остается низким (3–4,5 %). УРО присутствует в виде мелких частиц, не сохранивших клеточной структуры. Не исключена примесь витринита и псевдовитринита, однако эти микрокомпоненты плохо отличаются от окисленного коллоальгинита и выделяются условно.

Рассматриваемый литотип является одним из самых распространенных в рассматриваемой толще и фиксируется на разных уровнях всех изученных месторождений. В основном он выделяется внутри пластов горючих сланцев и отделяет друг от друга пачки, а в некоторых случаях — отдельные пласты.

Скважина № 559/15, глубина 92,7 м

Название: глина сапропелевая.

Макроскопическое описание: порода серая, легкая, слабой крепости, легко разламывается руками. На ощупь шероховатая, в воде жирная. Структура пелитовая, текстура слоистая, неясно выраженная. Излом неровный землистый. Не реагирует с HCl.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Глинистое вещество (88–92 %), органическое вещество (3–5 %), пирит (2–3 %), кварц (1 %), гидрослюда (1 %), фосфат (1 %), кальцит (1 %), кремнезем (1 %), рутил — единичные зерна.

Описание породы. Основная масса породы представлена пятнистым глинистым веществом светло-серо-бурого окраса в проходящем свете, при скрещенных николях (фото 7) наблюдается

четко выраженное тонкочешуйчатое строение вещества. Часто отдельные индивиды имеют скорлуповидное строение и крестообразное погасание.

В породе хорошо выделяется неравномерно распределенная органика (1–2 %) часто округлой, реже — овальной или неправильной формы. Чаще она выполнена опалом или мелкозернистым кварц-халцедоном, реже встречаются раковины, стенки которых выполнены пелитоморфным кальцитом, а полости полые. Редко наблюдаются округлые полые образования, вероятно, также органические (фото 8).

По всей площади шлифа беспорядочно распределены удлиненно-вытянутые или короткие углистые частицы (3–5 %), а также зерна пирита тонкодисперсного или глобулярного, реже чешуйчатого (2–3 %) строения.

Очень редко (1 %) наблюдаются мелкие (0,05 и менее) угловатые зерна кварца и иголки гидрослюд, единичные зерна колофана, рутила.

Генезис: осадочный. Структура: пелитоморфная.

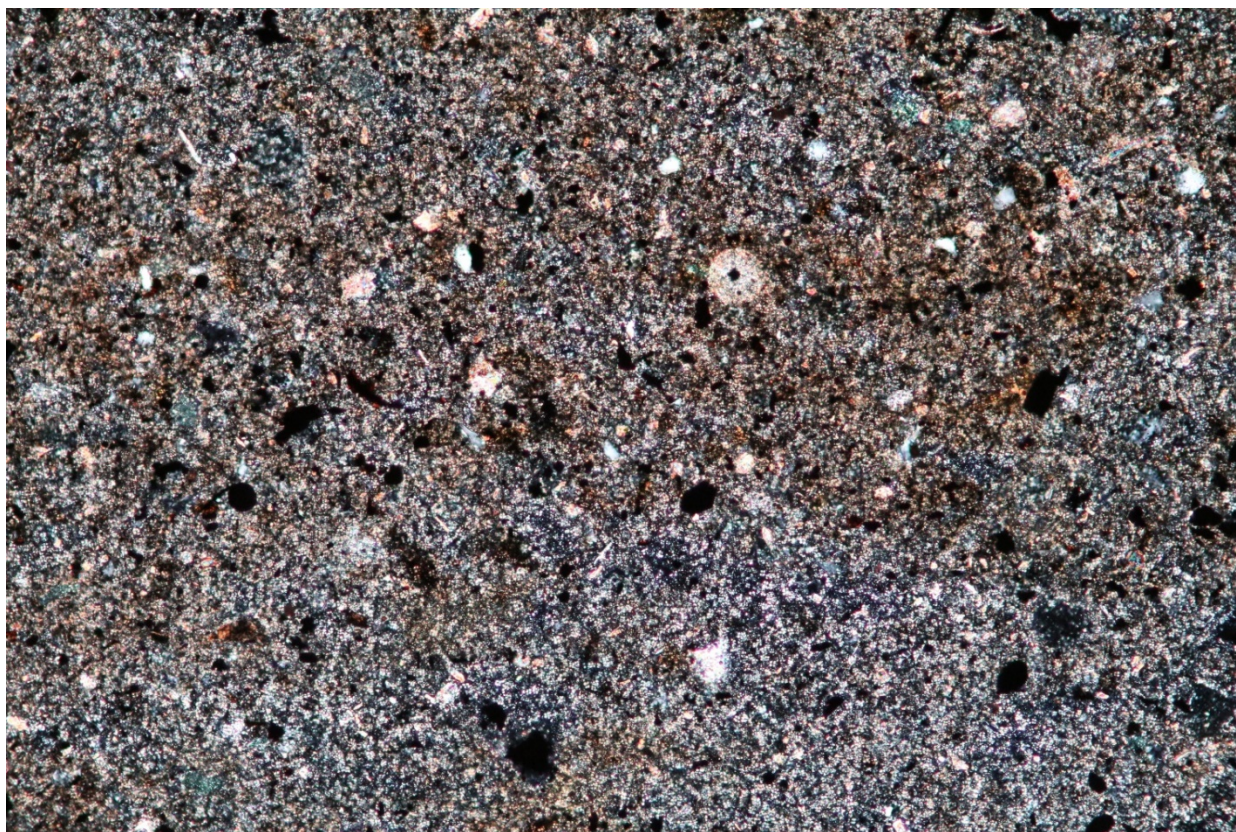


Фото 7 — Шлиф ник.+; литотип № 7;

Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

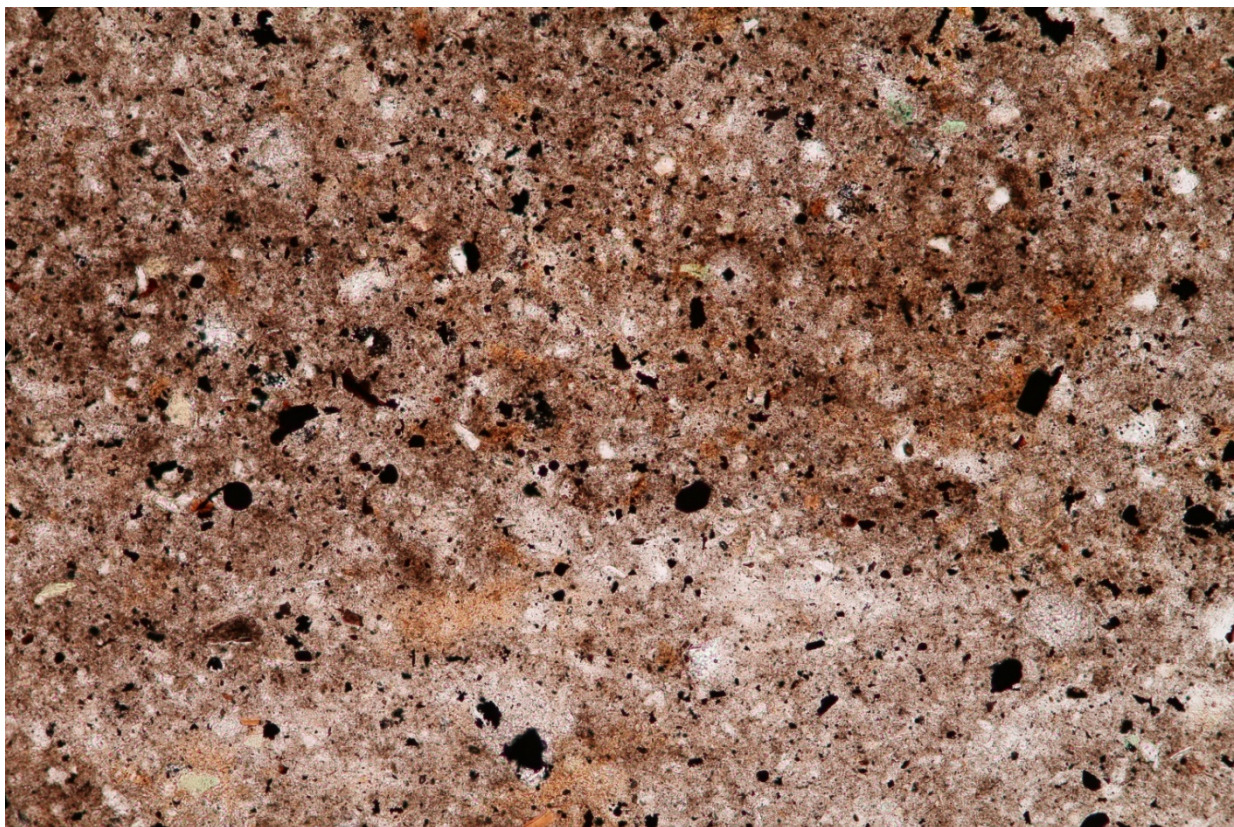


Фото 8 — Шлиф ник. ||; литотип № 7;
Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Среди горючих сланцев выделяют три основных литотипа:

Горючие сланцы известковистые — серые, зеленовато-темно-серые, коричневатого-серые. Структура пелитовая, текстура микролинзовидная, слоистая с горизонтальными разностями. Слоистость выражается различием слоев по окраске, изменением содержания ОВ и алевроитового материала. Состоит из глинистых частиц, кокколлитов и алевроитового материала (фото 9–11). Глинистые частицы представлены иллитом, а также кальциевым и натриевым смектитом. Алевроитовая фракция — кварц, арагонит, кальцит. Также отмечается наличие осколков вулканического стекла с характерной перлитовой структурой и терригенных выщелоченных хлоритов и гидрослюд.

Содержание ОВ в горючих сланцах известковистых низкоуглеродистых варьируется в широких пределах, **от 5 до 30 %**. Основная масса ОВ имеет сапропелевую природу.

Среди горючих сланцев данные разности являются самыми распространенными и выделяются на всех шести исследуемых месторождениях.

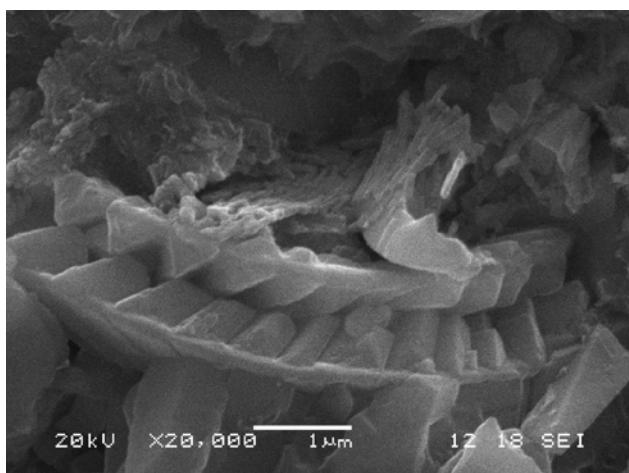


Фото 9 — Электронномикроскопический снимок горючего сланца известковистого (литотип № 8), Перелюбское месторождение.

Пласт № 3, пачка № 2. Электронный микроскоп Jcol 6380-LV. Микрозонд JNCA-250. Увеличение 20000^x. Кокколитофориды с низкой степенью сохранности, предположительно глинизированные

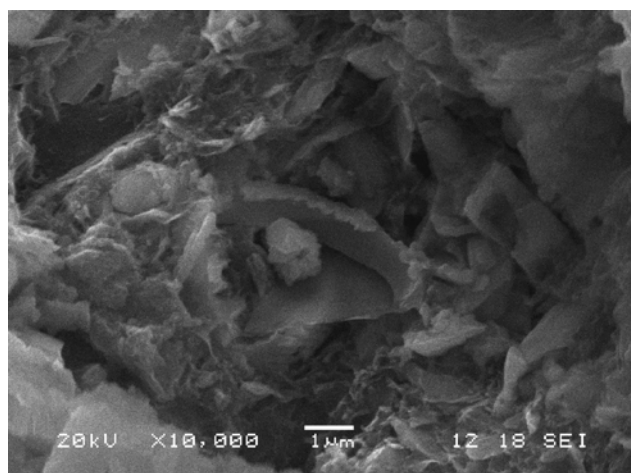


Фото 10 — Электронномикроскопический снимок горючего сланца известковистого (литотип № 8), Перелюбское месторождение.

Пласт № 3, пачка № 2. Электронный микроскоп Jcol 6380-LV. Микрозонд JNCA-250. Увеличение 10000^x. Кокколитофориды с низкой степенью сохранности, предположительно глинизированные

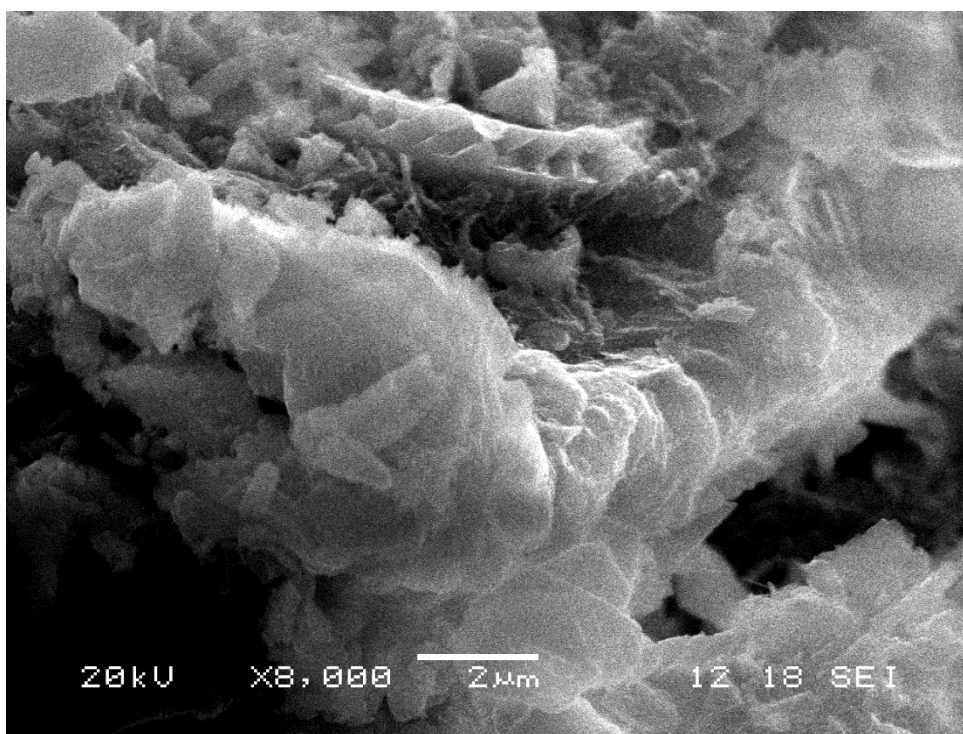


Фото 11 — Электронномикроскопический снимок горючего сланца известковистого (литотип № 8), Перелюбское месторождение. Пласт № 3, пачка № 2. Электронный микроскоп Jcol 6380-LV. Микрозонд JNCA-250. Увеличение 8000^x. Кокколитофориды с низкой степенью сохранности, предположительно глинизированные

Скважина № 559/13, глубина 83,8 м

Название: горючий сланец известковистый.

Макроскопическое описание: порода серая, темно-серая, легкая, крепкая, алевро-пелитовой структуры, тонкослоистой горизонтальной текстуры, шероховатая на ощупь, не размокает в воде, излом неровный землистый, микрокомковатый. Не реагирует с HCl в породе, но с поверхности частично реакция с HCl есть.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Глинистое вещество (45–50 %), органическое вещество (25–30%), кварц (7–10 %), гидрослюда (3–5 %), глауконит (1–2 %), кремнезем (1–2 %), кальцит (1 %).

Описание породы. Основной массой породы является смесь глинистого тонкочешуйчатого вещества (фото 12, 13), хорошо поляризующего и органического вещества в основном светло-желто-коричневого окраса и редкие оранжевые и черные включения, вероятно коллоальгинит-псевдовитринитового состава с четкой микротонкогоризонтальной слоистостью.

По всей площади шлифа равномерно распространена алевроитовая примесь размером до 0,01 мм, представленная угловатым кварцем и тонкими иголками гидрослюды, вытянутыми и ориентированными вдоль напластования породы.

Редко встречаются образования линзовидной формы ($0,1 \times 0,01$ мм), вероятно, заполненные кремнеземом кварц-халцедонового состава. Иногда встречаются тонкие вытянутые нитевидные образования, заполненные пелитоморфным кальцитом, ориентированные по направлению слоистости породы.

Нередко встречаются мелкие зерна (0,01 мм) ярко-зеленого глауконита (1–2 %) неправильной формы агрегатного строения.

Генезис: осадочный. *Структура:* алевро-органогенно-пелитовая.

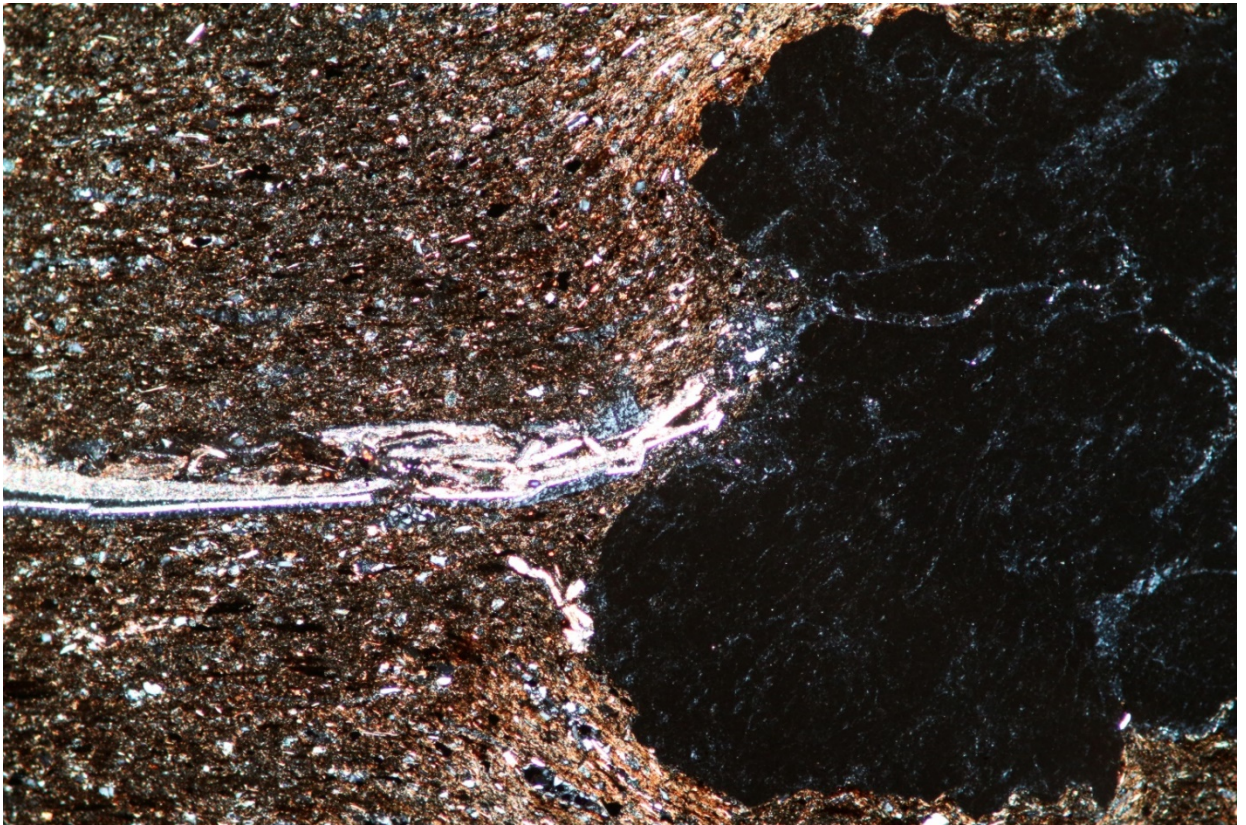


Фото 12 — Шлиф ник.+; литотип № 8; пласт № 2(1);
Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

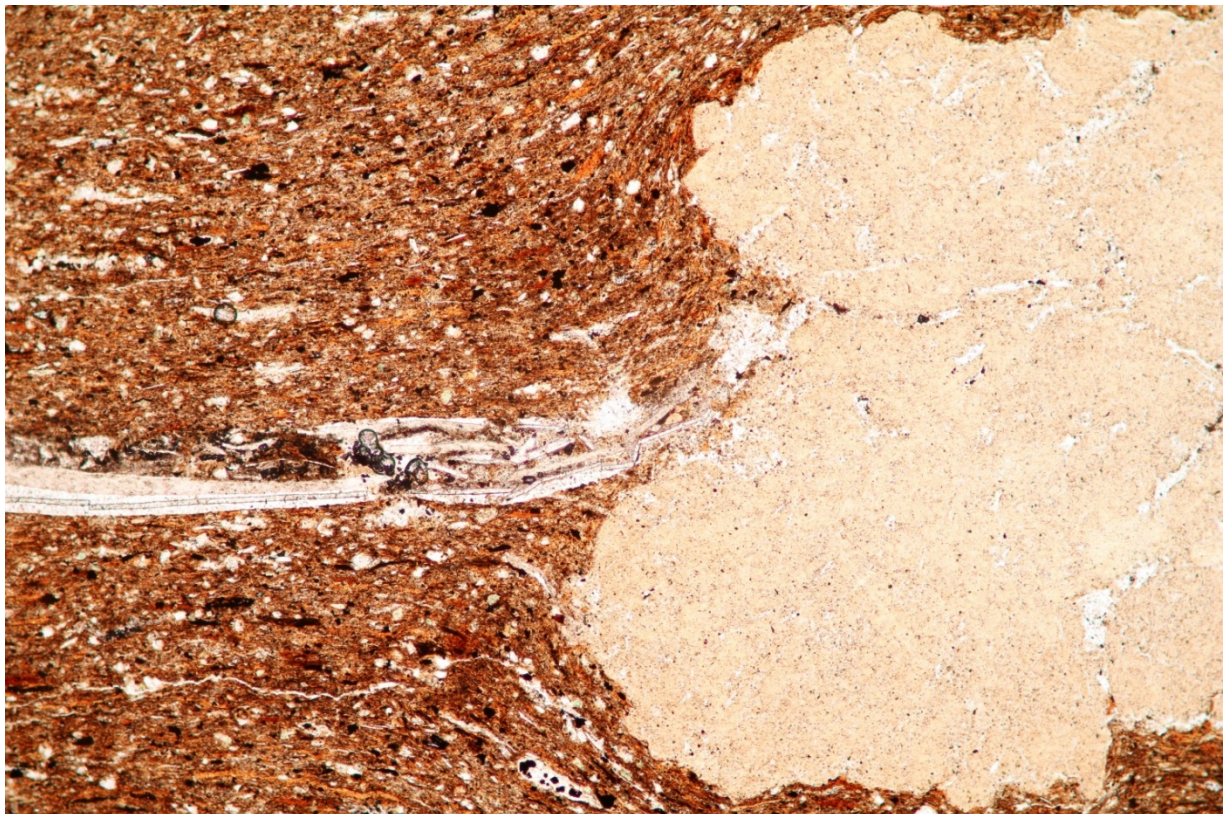


Фото 13 — Шлиф ник. ||; литотип № 8; пласт № 2(1);
Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Скважина № 559/14, глубина 88,7 м

Название: горючий сланец известковистый.

Макроскопическое описание: порода серая, легкая, трещиноватая, легко разламывается руками, пелитовой структуры, тонкослоистой горизонтальной текстуры, шероховатая на ощупь, излом неровный, раковистый. Частично реагирует с HCl там, где есть отпечатки органики d = 2–3 мм.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Глинистое вещество (65–70 %), органическое вещество (20–25 %), кремнезем (3–5 %), пирит (2–3 %), кварц (1 %), гидрослюда (1 %), глауконит.

Описание породы. Порода пятнистого строения, представлена смесью глинистого, хорошо поляризующего тонкочешуйчатого вещества (65–70 %) и органического вещества (20–25 %) светло-желто-буро-коричневого окраса, вероятно, коллоальгинитового состава. Светлые пятна в проходящем свете выполнены кремнеземом (3–5 %) кварц-халцедонового состава мелкозернистой структуры.

На фоне основной массы породы в скрещенных николях (фото 14) наблюдается тонко-рассеянная примесь пирита (2–3 %) глобулярного и кристаллического строения. Встречаются редкие зерна алевроитовой размерности угловатого кварца и игольчатой гидрослюда (1 %). В качестве единичных зерен наблюдается зеленый глауконит агрегатного строения (фото 15).

Генезис: осадочный. *Структура:* органогенно-пелитовая.

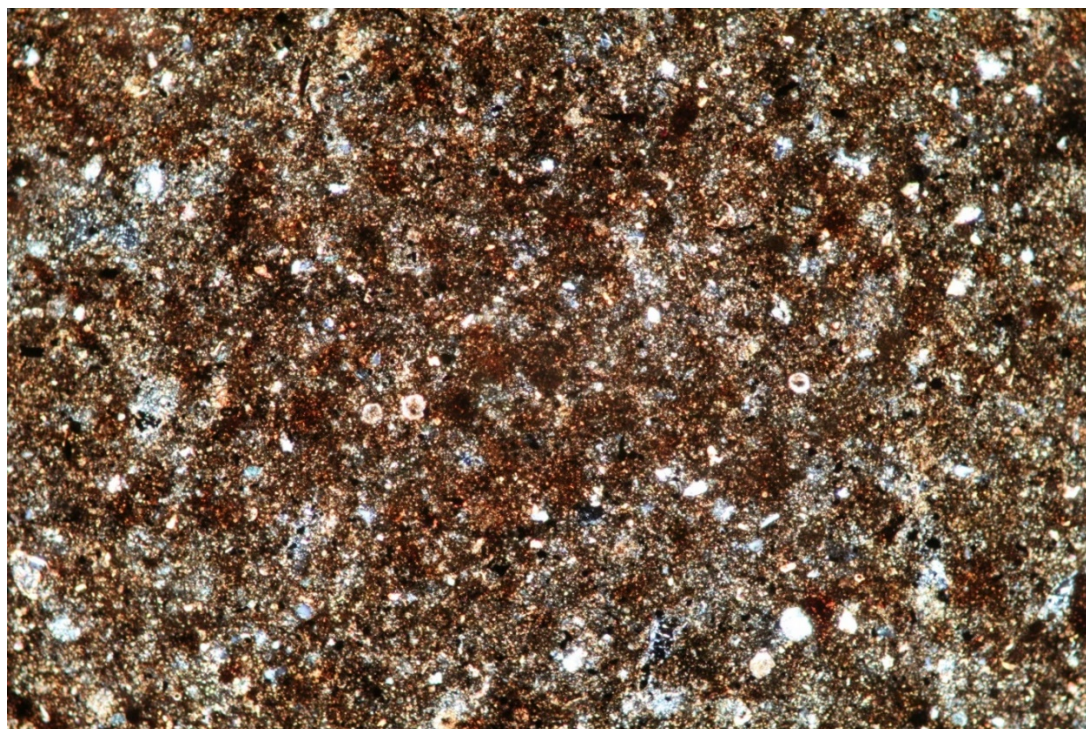


Фото 14 — Шлиф ник.+; литотип № 8; пласт № 3(2);
Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

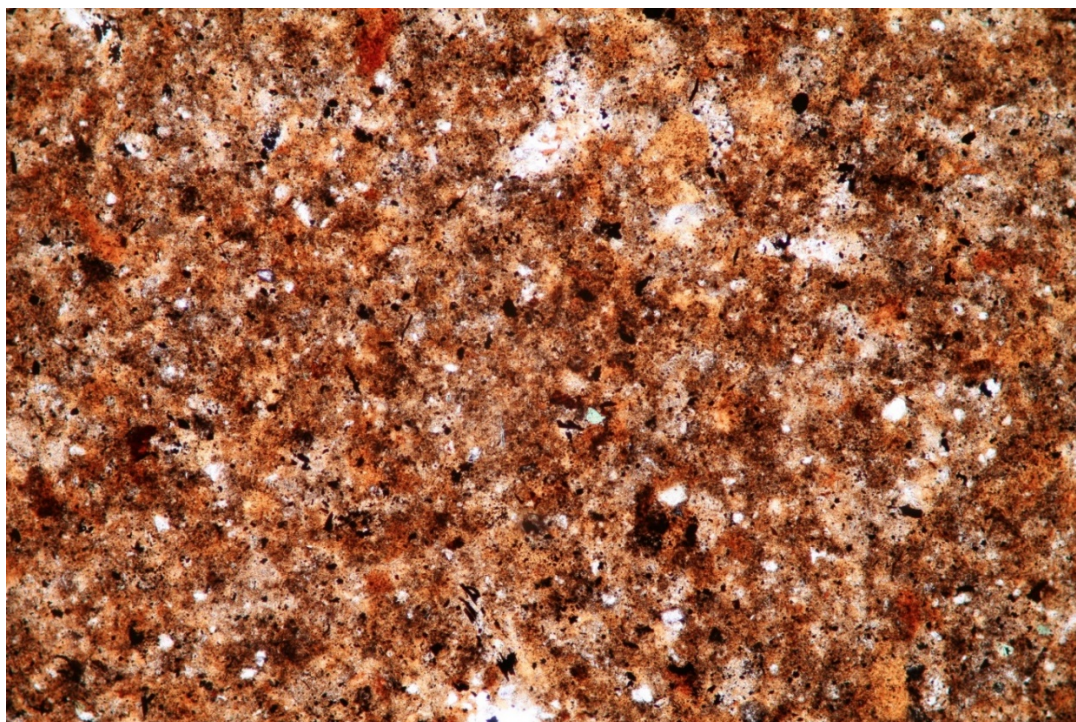


Фото 15 — Шлиф ник. ||; литотип № 8; пласт № 3(2);
Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Горючие сланцы известковые — коричневато-серые. Структура пелитовая, текстура микролинзовая, тонко-горизонтально-слоистая. Отмечается высокое содержание полевых шпатов и незначительное содержание кварца, глауконита, фосфоритизированных остатков, а также УРО.

Во фракции менее одного микрона диагностируется свежий и несколько деградированный иллит, свежий выщелоченный хлорит, кальциевый и натриевый смектит, кальцит, арагонит, кварц, в отдельных образцах — гейландит.

В данном литотипе по сравнению с известковистыми разностями горючих сланцев увеличено содержание глинисто-коллоальгинитовых агрегатов.

Отмечается чередование линз чистого прозрачно-желтого коллоальгинита, смешанного с глинистым веществом и кокколитами (20–50 %) и светлых микролинз — скопление кокколитов (до 50 %) с подчиненным количеством коллоальгинита (фото 16, 17).

Содержание органического вещества в них изменяется от 25 до 40 %, редко до 45 %. Природа ОВ — сапропелевая. Роль гумусовой составляющей обычно мала. Отмечается сходство природы ОВ в горючих сланцах и сапропелевых глинах.

Рассматриваемый литотип менее распространен, однако в связи с высоким качеством обладает большей важностью, чем горючие сланцы известковистые. Выделяется практически на всех месторождениях, за исключением Орловского.

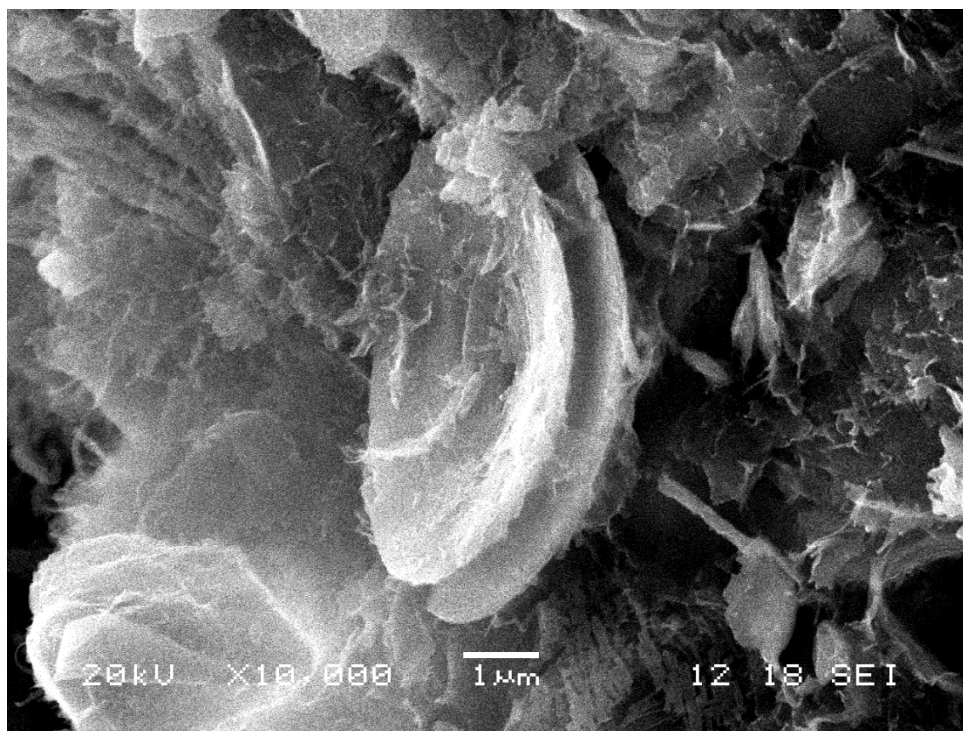


Фото 16 — Электронномикроскопический снимок горючего сланца известкового (литотип № 9), Кашпир-Хвалынское месторождение. Пласт № 2, пачка № 2. Электронный микроскоп JscI 6380-LV. Микрозонд JNCA-250. Увеличение 10000^x. Кокколитофориды со средней и высокой степенью сохранности, предположительно глинизированные



Фото 17 — Электронномикроскопический снимок горючего сланца известкового (литотип № 9), Кашпир-Хвалынское месторождение. Пласт № 2, пачка № 2. Электронный микроскоп JscI 6380-LV. Микрозонд JNCA-250. Увеличение 10000^x. Кокколитофориды со средней и высокой степенью сохранности, предположительно глинизированные

Скважина № 559/19, глубина 100,5 м

Название: горючий сланец известковый.

Макроскопическое описание: порода серая с желтоватым оттенком, легкая, средней крепости, с острыми краями, хрупкая, шероховатая на ощупь, с поверхности микробугристая. Пелитовой структуры, тонко-горизонтально-слоистой текстуры. Излом ровный ступенчатый. В воде не размокает. Реагирует с HCl. На поверхности есть отпечатки органики (1,5 × 1,5 см) концентрического строения.

Микроскопическое описание (по двум шлифам)

Минеральный состав. Органическое вещество (40 - 45 %), глинистое вещество (35–40 %), кальцит (1–2 %), единичные зерна кварца, пирита, глауконита, хлорита, колофана.

Описание породы. Порода смешанного органоминерального состава с тонко-горизонтально-слоистой структурой. Органическое вещество представлено линзовидно-уплощенными фрагментами (40–45 %), вероятно, коллоальгинитового состава, окрас красно-оранжевый с незначительным содержанием черных блестящих тонких вытянутых частиц, вероятно, псевдовитринита, размером 0,09–0,12 мм. Микроструктура линзовидно-аттритовая (фото 18, 19).

В сочетании с органическим веществом выделяется хорошо поляризующее глинистое вещество (35–40 %), образующее ленточную микроструктуру.

В шлифе в незначительном количестве встречается пелитоморфный кальцит (1–2 %), а в центре параллельно слоистости расположен удлиненный фрагмент органики (5,5 × 0,4,3 мм), выполненный средне-кристаллическим кальцитом.

Единичными зернами встречаются угловатый кварц алевроитовой размерности, глауконит, колофан и тонкодисперсный пирит.

Генезис: осадочный. Структура: органогенно-пелитовая.

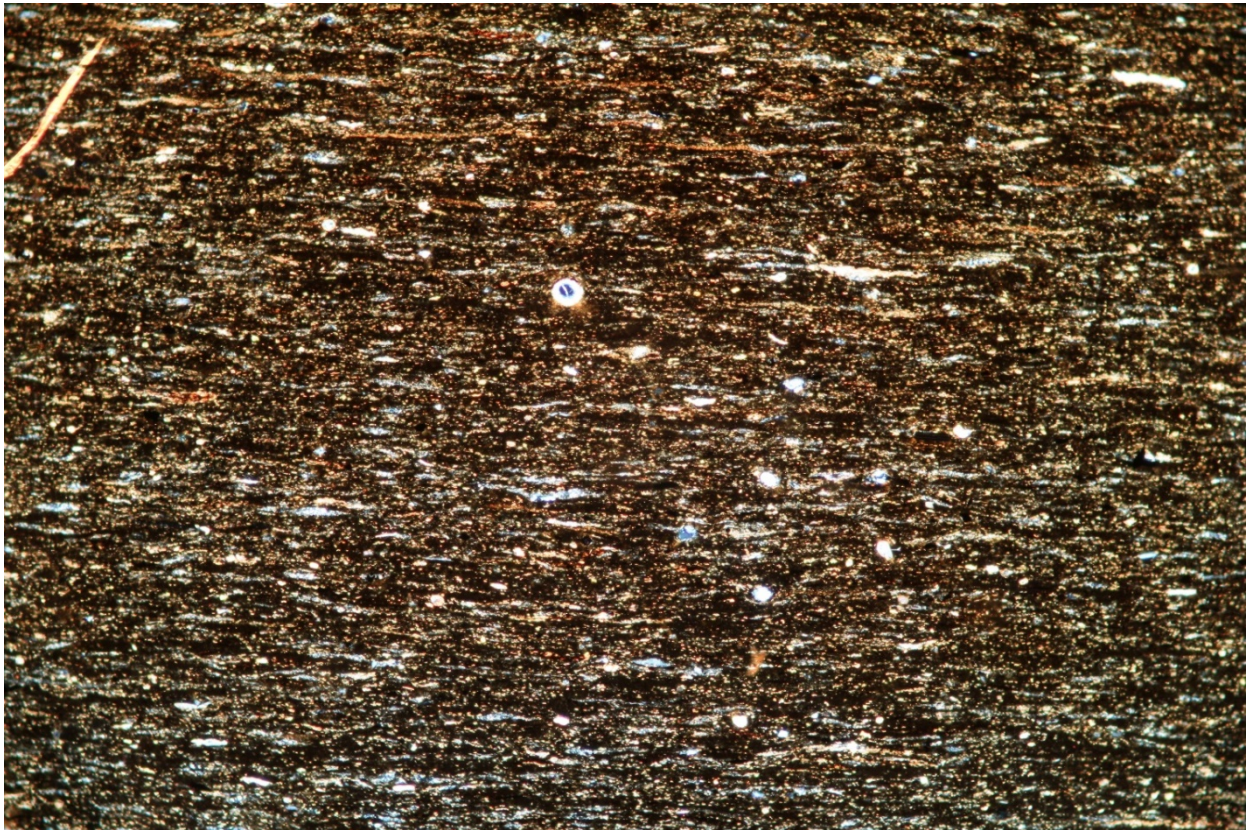


Фото 18 — Шлиф ник.+; литотип № 9; пласт № 5;
Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

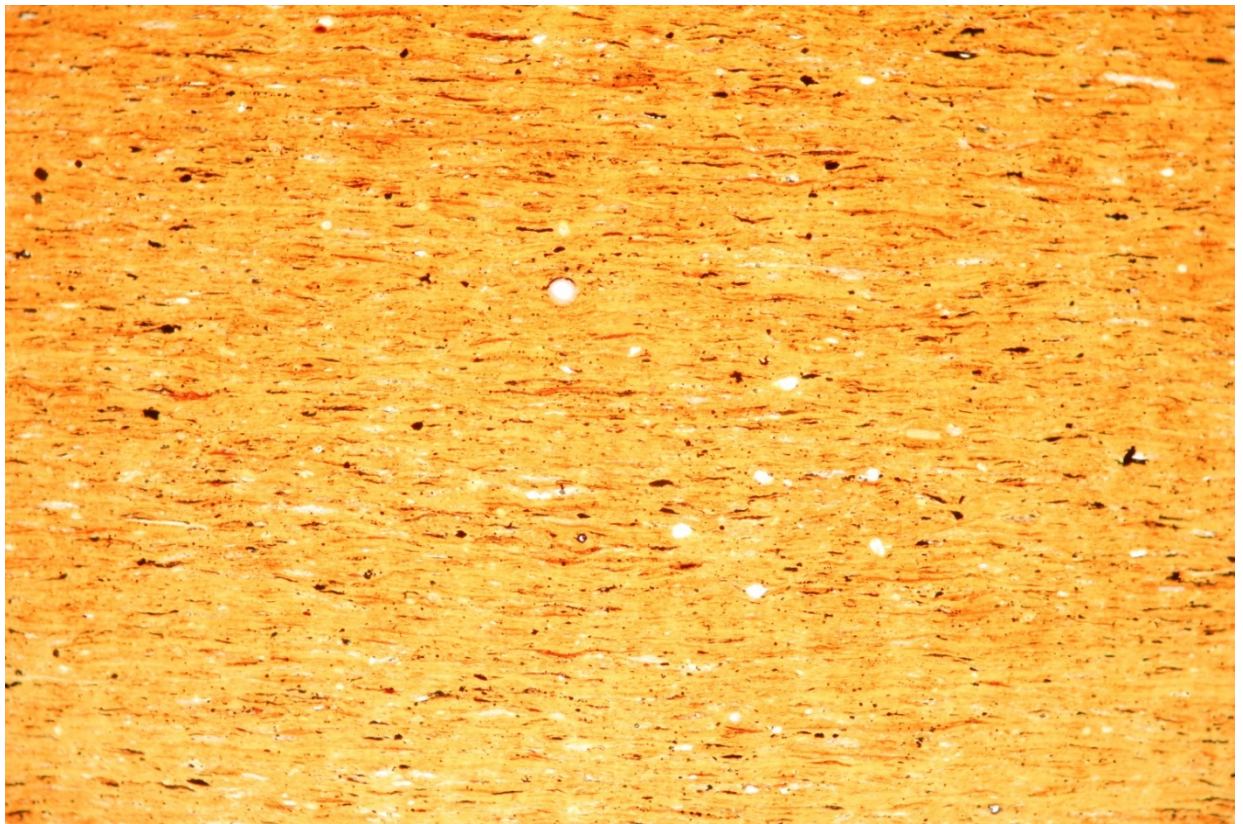


Фото 19 — Шлиф ник. ||; литотип № 9; пласт № 5;
Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Скважина № 559/21, глубина 120,0 м

Название: горючий сланец известковый.

Макроскопическое описание: порода серая, легкая, легко раскалывается руками, шероховатая на ощупь. Структура пелитовая, текстура горизонтальная, микрослоистая, излом ровный, ступенчатый. В воде не размокает. Реагирует с HCl.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Глинистое вещество (38–40 %), органическое вещество (45 %), кальцит (5–7 %), кварц (2–3 %), гидрослюда (1–2 %), кремнезем (1 %), единичные зерна пирита, колофан.

Описание породы. Основная масса породы представлена органическим и глинистым веществом. В проходящем свете органическое вещество (45 %) буро-коричневого окраса с желтыми, оранжевыми и красными вытянуто-удлиненными волокнами, вероятно коллоальгинитового состава, с редкими черными включениями псевдовитринита. С четко выраженной тонко-горизонтально-слоистой структурой и атритовой текстурой. Глинистое вещество тонкочешуйчатое, хорошо поляризующее (38–40 %), находится в смешанной массе с органическим веществом.

Пелитоморфный кальцит (5–7 %) встречается по всей площади шлифа в виде уплощенных образований (фото 20, 21), ориентированных вдоль слоистости, чаще вытянутой, линзовидной формы, реже округлой (размером от 0,08 до 0,15 мм). Редко встречается одиночная хорошо сохранившаяся карбонатная органика. Кремнистое вещество кварц-халцедонового состава иногда заполняет некоторые линзовидные образования (1 %).

Алевритовая примесь представлена угловатыми зернами кварца и игольчатой гидрослюдой (3–5 %). В единичных зернах наблюдается пирит тонкодисперсный в виде корочек и колофан.

Генезис: осадочный. *Структура:* органогенно-пелитовая.

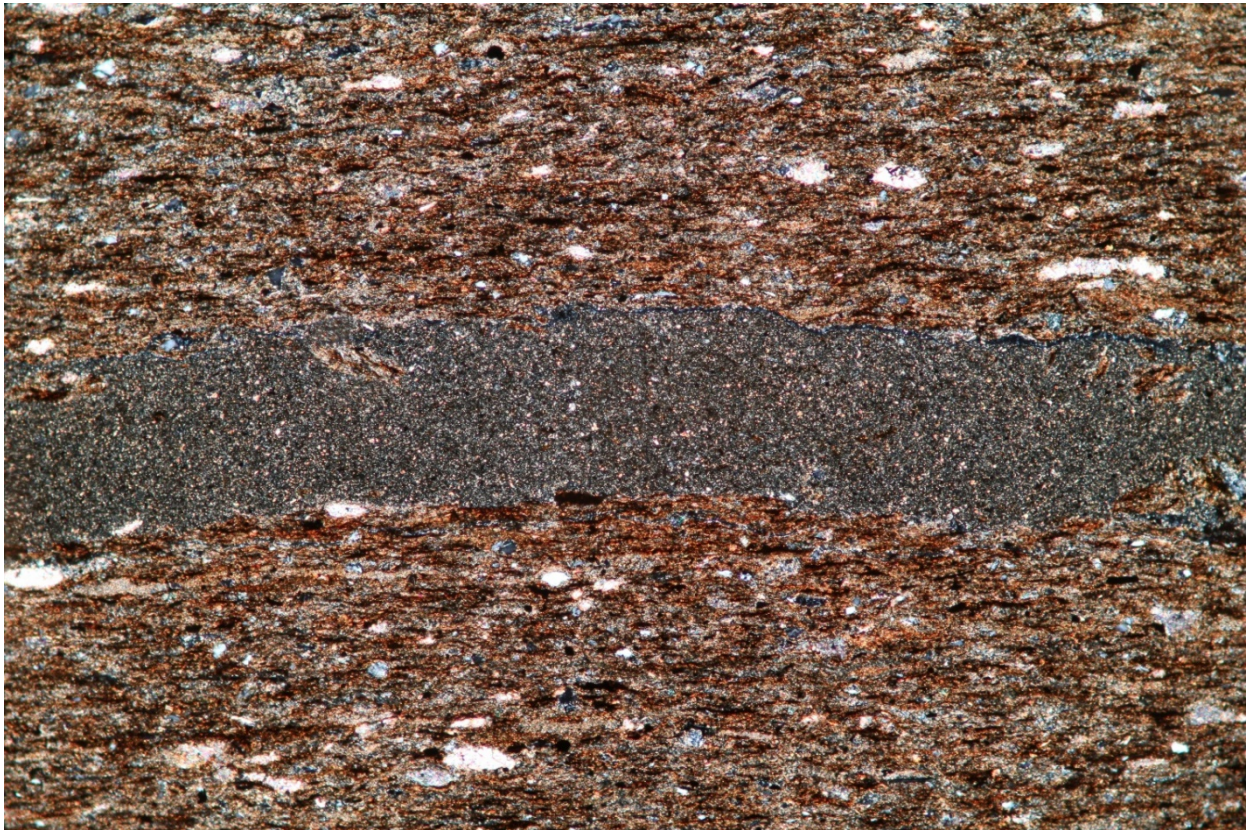


Фото 20 — Шлиф ник.+; литотип № 9; пласт № 7;
Перелюбское месторождение; ув. 200^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol



Фото 21 — Шлиф ник. ||; литотип № 9; пласт № 7;
Перелюбское месторождение; ув. 200^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Скважина № 559/24, глубина 156,0 м

Название: горючий сланец известковый.

Макроскопическое описание: порода серая с желтоватым оттенком, средней крепости, раскалывается по трещинам напластования, шероховатая, в воде не размокает. Структура пелитовая, текстура неровно слоистая. Бурно реагирует с HCl.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Органическое вещество (40–45 %), глинистое вещество (20–25 %), кальцит (10–15 %), кремнезем (5–7 %), кварц (2–3 %), гидрослюда (1–2 %), пирит (1–2 %), единичные зерна глауконита, колофана, а также хлорита.

Описание породы. Порода горизонтально-слоистой структуры и смешанного органо-минерального состава. Основными компонентами являются слойки, линзочки и волокна органического вещества (40–45 %), вероятно, коллоальгинитового состава желто-красного цвета с редкими черными блестящими вытянутыми частичками псевдовитринита. Микроструктура линзовидно-аттритовая (фото 22, 23).

В смешанной массе с органическим веществом находится глинистое вещество (20–25 %), которое иногда образует самостоятельные линзовидные участки, четко поляризующиеся в скрещенных николях. Микроструктура породы лентовидная, фрагментарная, что четко подчеркивает слоистость породы.

В подчиненном значении встречается мелкозернистый кремнистый материал (5–7 %) кварц-халцедонового состава тоже линзовидной микроструктуры.

Карбонатная составляющая (10–15 %) представлена в основном вытянутыми уплощенными, реже — округлыми образованиями, заполненными мелкокристаллическим кальцитом, вероятно, перекристаллизованным по органике.

Незначительная алевроитовая примесь (3–5 %) представлена в основном угловатыми зернами кварца и чешуйками гидрослюды.

Пирит (1–2 %) в основном тонкодисперсный, редко глобулярный. Единичные зерна ярко-зеленого чистого глауконита агрегатного строения и хлорит, колофан.

Генезис: осадочный. Структура: алевро-органогенно-пелитовая.

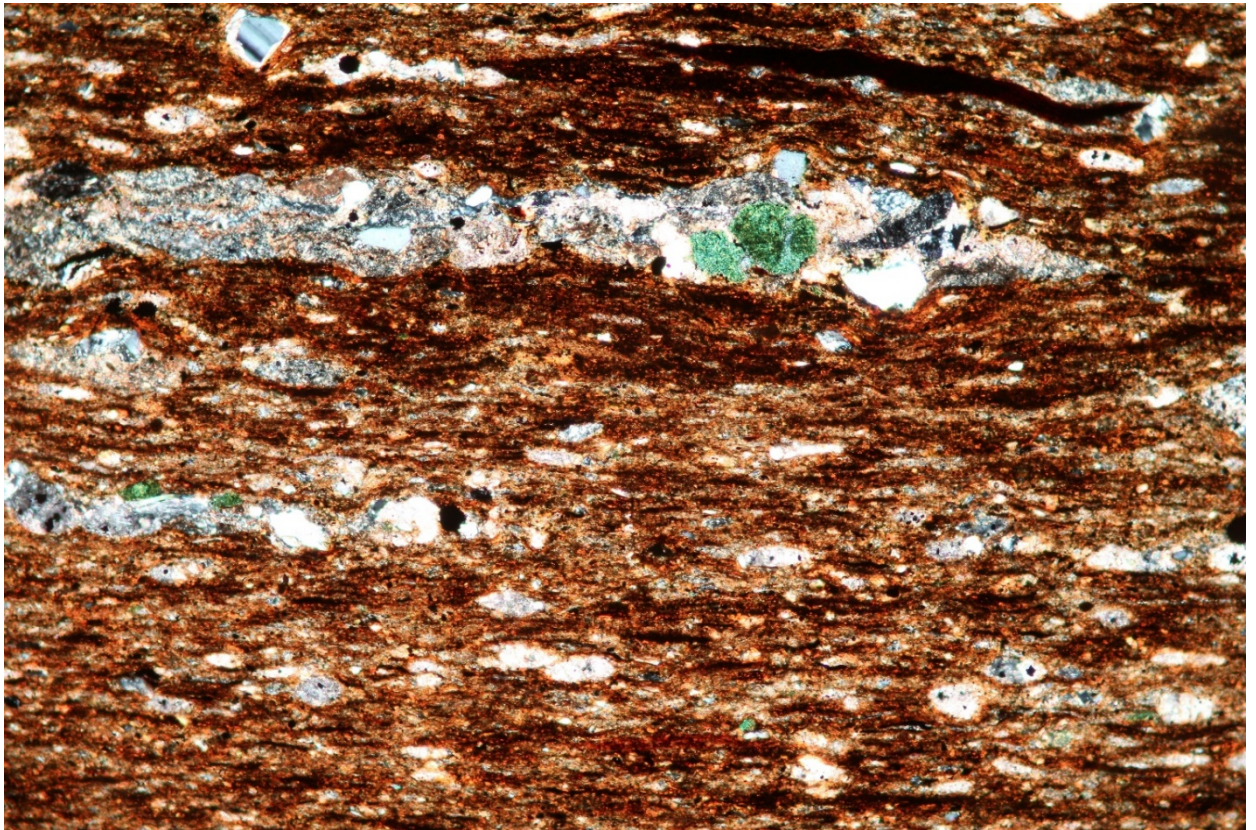


Фото 22 — Шлиф ник.+; литотип № 9; пласт № 8(2);
Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

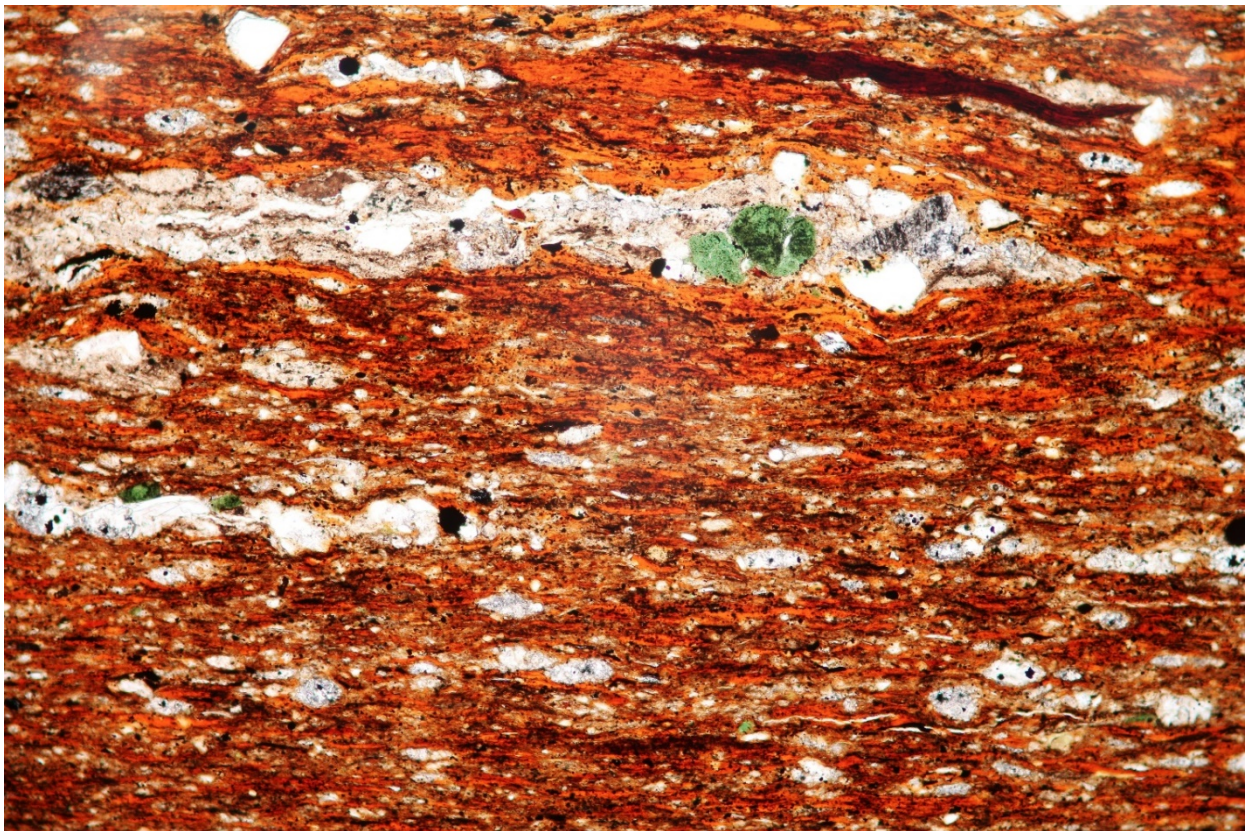


Фото 23 — Шлиф ник. ||; литотип № 9; пласт № 8(2);
Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Коцебинское месторождение, скважина № 133

Пласт № 2, глубина 45,5 м

Название: горючий сланец известковый.

Макроскопическое описание: порода светло-серо-коричневая, иногда с бурым, рыжим или белесым налетом на плоскостях напластования. Легкая, слоистая, микрокомковатая со ступенчатым изломом, хрупкая, легко разламывается руками, в воде не размокает. Бурно реагирует с HCl.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Органическое вещество (40–45 %), глинистое вещество (20–25 %), сидерит (5–7 %), кремнезем (15–18 %), углистые частицы (2–3 %), пирит (1–2 %), единичные зерна кварц-глауконита, слюды.

Описание породы. Порода пятнистая желто-коричневого, буро-красного цвета. Представлена в основном органическим (40–45 %), глинистым (20–25 %) и кремнистым веществом (15–18 %). Органическое вещество, возможно, коллоальгинитового состава, находится в виде пятен в смешанном состоянии с глинистым веществом, частично пространство между ними занимает тонкокристаллический кремнезем.

Карбонатный материал представлен сидеритом (5–7 %) мелкоглобулярным темно-буро-рыже-красного цвета, который неравномерно распространен по всей площади шлифа (фото 24).

Также наблюдается тонкодисперсный или чешуйчатый пирит (1–2 %) и повсеместно распределенный углистый материал (2–3 %), от мелких до удлиненно-вытянутых волокон (до 1 мм) (фото 25). В виде единичных зерен встречается кварц, глауконит, слюда.

Генезис: осадочный. Структура: органогенно-пелитовая.

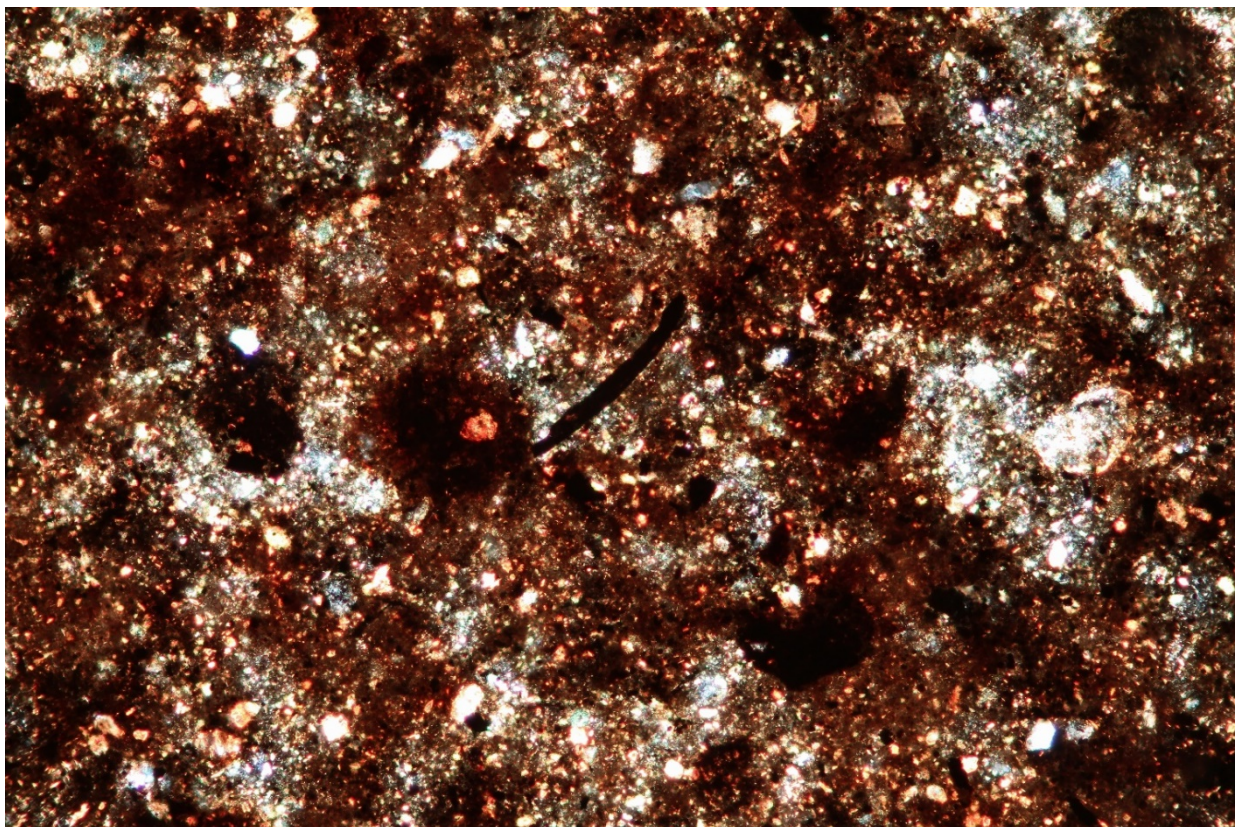


Фото 24 — Шлиф ник.+; литотип № 9; пласт № 2;
Коцебинское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

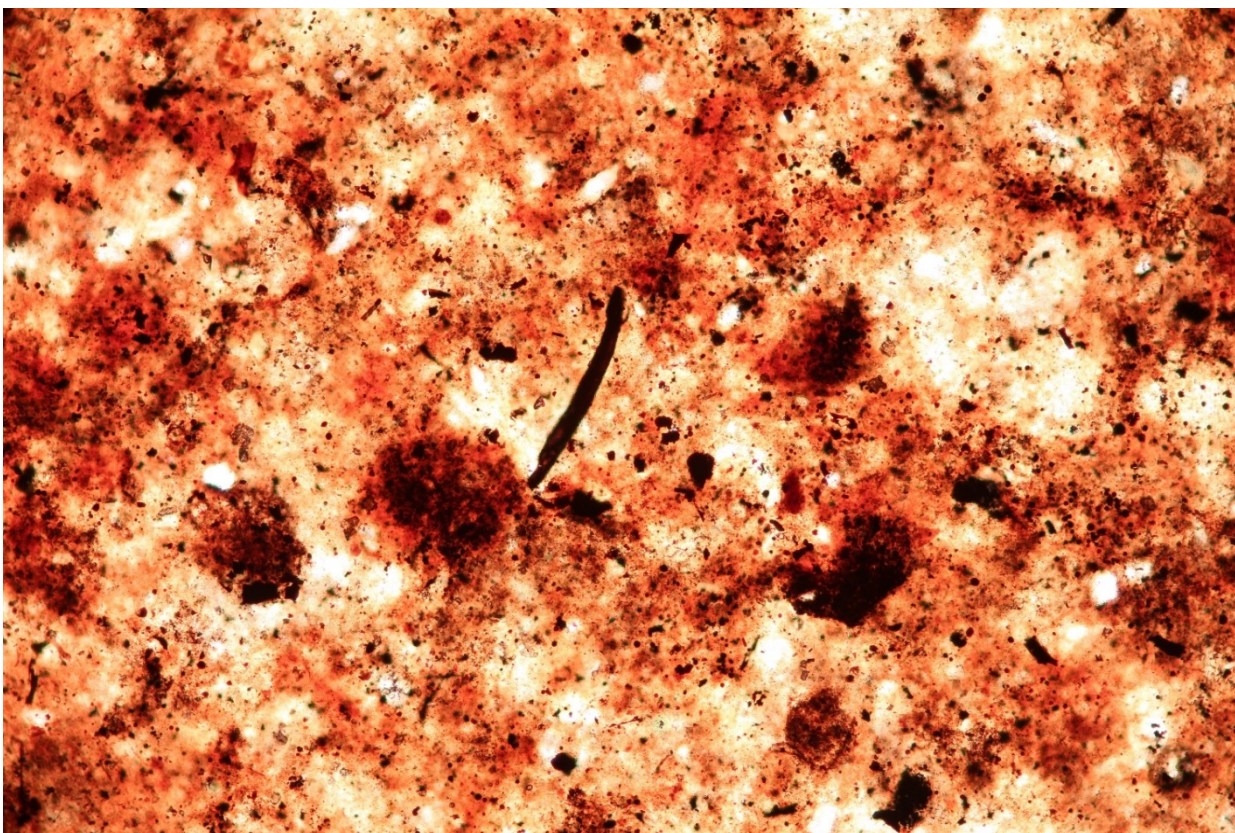


Фото 25 — Шлиф ник. ||; литотип № 9; пласт № 2;
Коцебинское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Коцебинское месторождение, скважина № 133

Пласт № 3(2), глубина 51,5 м

Название: горючий сланец известковый.

Макроскопическое описание: порода светло-серая, легкая, хрупкая, легко разламывается руками, слоистая, излом ступенчатый, в воде не размокает. На поверхности напластования микрокомковатая, с отпечатками органики (0,5–2 см) и раковинного детрита. Бурно реагирует с HCl.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Органическое вещество (30 - 35 %), глинистое вещество (40–45 %), сидерит (10–15 %), кальцит (2–3 %), кремнезем (5–7 %), кварц (2–3 %), слюда (3–5 %), пирит (1–2 %), углистое вещество (1 %), единичные зерна глауконита.

Описание породы по двум шлифам. Порода пятнистая серо-буро-коричневого окраса. Основная масса представлена глинистым и органическим веществом, в меньшей степени — карбонатным и кремнистым материалом (фото 26, 27).

Глинистое вещество (40–45 %) светло-серого окраса хлопьевидное, органическое вещество (25–30 %), вероятно, коллоальгинитового состава, имеет буро-коричневый цвет.

По всей площади шлифа распространен карбонатный материал в виде глобуль и шариков сидерита (10–15 %) и пелитоморфный кальцит в виде раковинного детрита (2–3 %). Есть единичная целая органика (2 × 3 мм).

Кремнезем (5–7 %) наблюдается в виде пятен неправильной формы (0,1 × 0,2 мм) опалового и кварц-халцедонового состава аморфного и мелкозернистого строения соответственно.

Алевритовый материал неравномерно распределен, представлен угловатыми и слабоокатанными зернами кварца (2–3 %) и чешуйками слюды (3–5 %) в основном неправильной, реже прямоугольной формы.

Пирит (1–2 %) встречается тонкодисперсный либо в виде корочек по органике.

Редко наблюдаются единичные зерна глауконита, углистые частицы, гидрослюда.

Генезис: осадочный. Структура: органогенно-пелитовая.

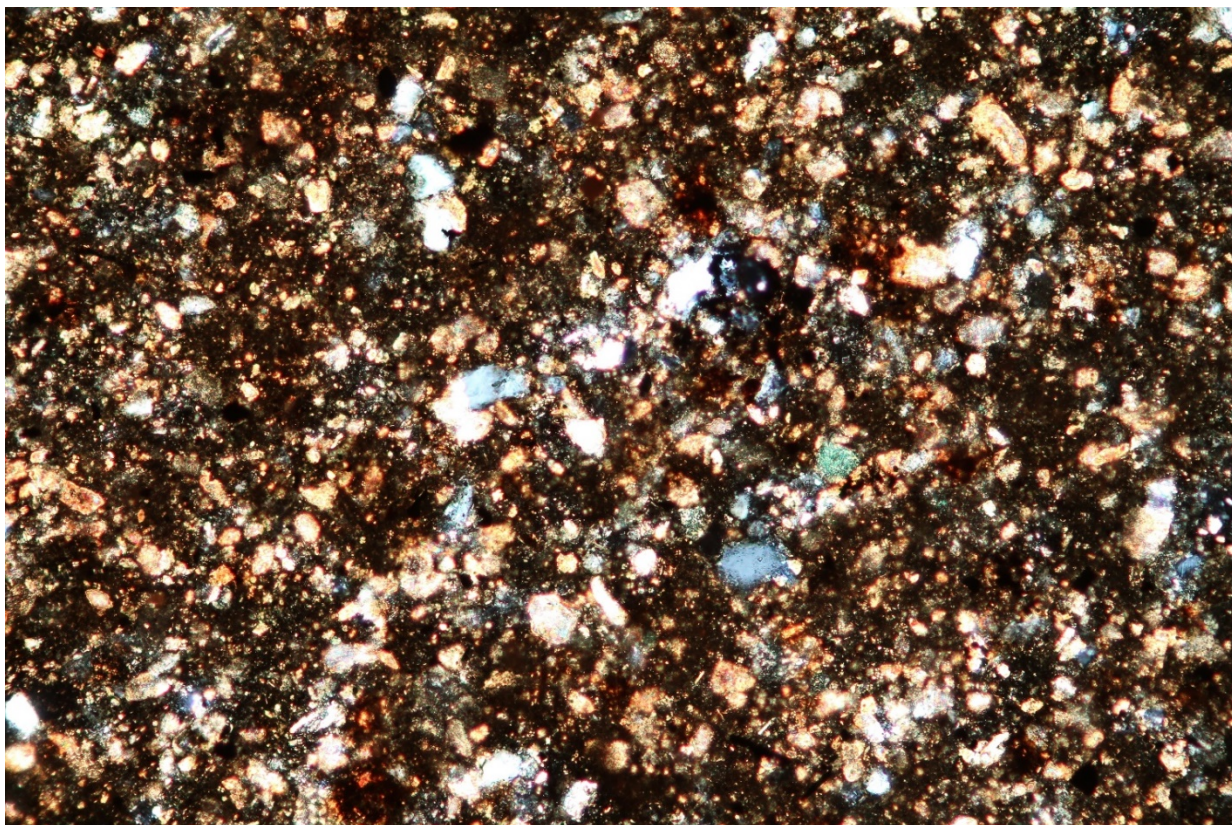


Фото 26 — Шлиф ник.+; литотип № 9; пласт № 3(2);
Коцебинское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

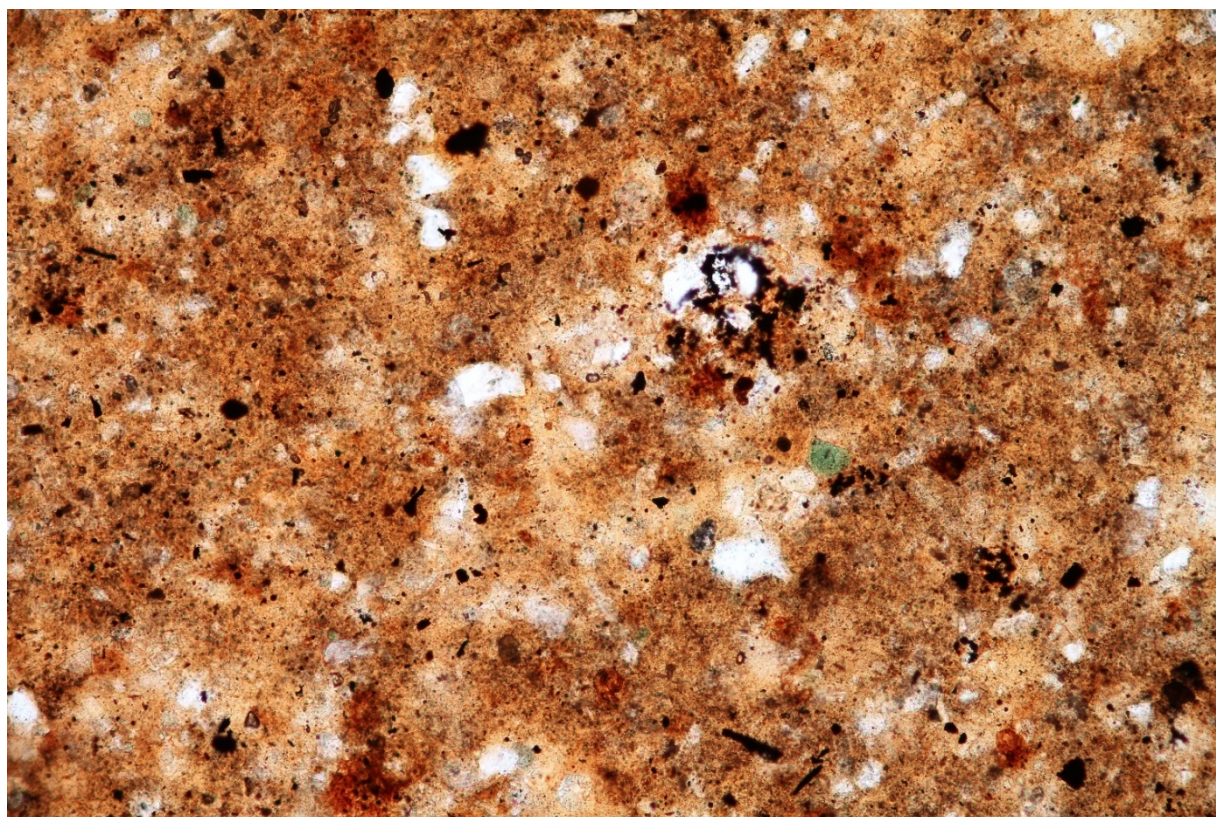


Фото 27 — Шлиф ник. ||; литотип № 9; пласт № 3(2);
Коцебинское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОВ — светло-коричневые, желтовато-коричневые, серовато-коричневые. Структура пелитовая, текстура микролинзовидная, выделяется отчетливая горизонтальная, иногда прерывистая слоистость (фото 28–30).

Примесь материала алевритовой размерности не превышает 5 %. В основном он представлен кристаллическим диагенетическим кальцитом. Кроме того, алевритовая фракция всегда насыщена неразмокающими глинистыми и глинисто-коллоальгинитовыми агрегатами. Среди терригенных компонентов отмечены кварц, полевые шпаты, мусковит и хлорит, однако они имеют подчиненное значение. Во фракции тяжелых минералов, составляющей 0,2–2 % от алевритовых частиц, преобладают аутигенные минералы — пирит и доломит, в небольшом количестве присутствуют сидерит, барит, лимонит, глауконит, фосфаты и сфалерит. В составе глинистых минералов, выделенных из горючих сланцев этого литотипа, установлены иллит и каолинит.

Содержание органического вещества в них изменяется в пределах **45–80 %**. ОВ относится к сапропелевому типу, содержание гуминовых кислот не превышает 2 % от суммы ОВ. Низкое содержание гуминовых кислот подтверждается битумологическими исследованиями.

Примесь углефицированных растительных остатков, спор, витринита и других подобных компонентов обычно не превышает 1–2 %.

Является наиболее редким, но при этом очень ценным литотипом горючих сланцев. Выделяется только на четырех месторождениях: Коцебинском, Перелюбском, Озинковском и Кашпир-Хвалынском.

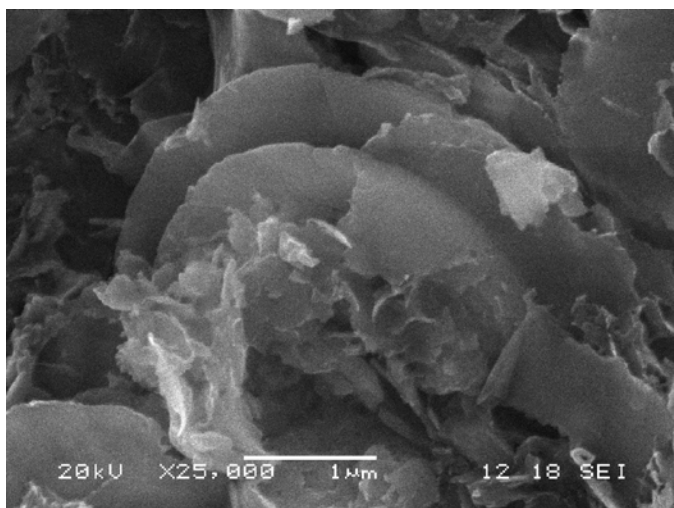


Фото 28 — Электронномикроскопический снимок горючего сланца с наиболее высоким содержанием ОВ (литотип № 10), Кашпир-Хвалынское месторождение. Пласт № 2, пачка

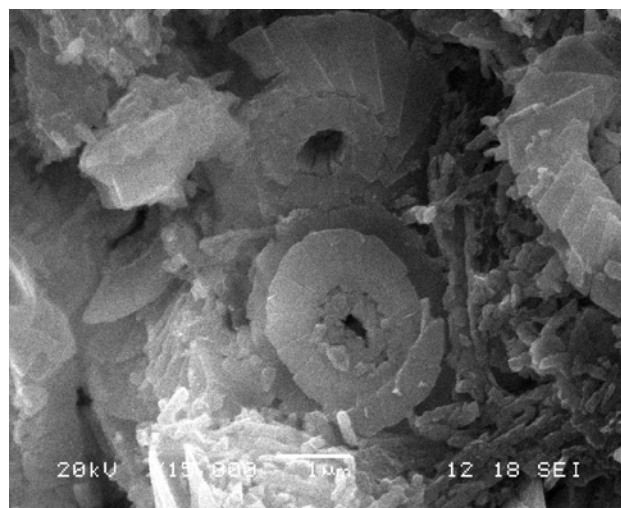


Фото 29 — Электронномикроскопический снимок горючего сланца с наиболее высоким содержанием ОВ (литотип № 10), Кашпир-Хвалынское месторождение. Пласт

№ 3. Электронный микроскоп Jcol 6380-LV.
Микрозонд JNCA-250. Увеличение 25000^x.

Кокколитофориды с высокой степенью
сохранности, предположительно
неглинизированные

№ 2, пачка № 3. Электронный микроскоп
Jcol 6380-LV. Микрозонд JNCA-250.

Увеличение 15000^x. Кокколитофориды с
высокой степенью сохранности,
предположительно неглинизированные

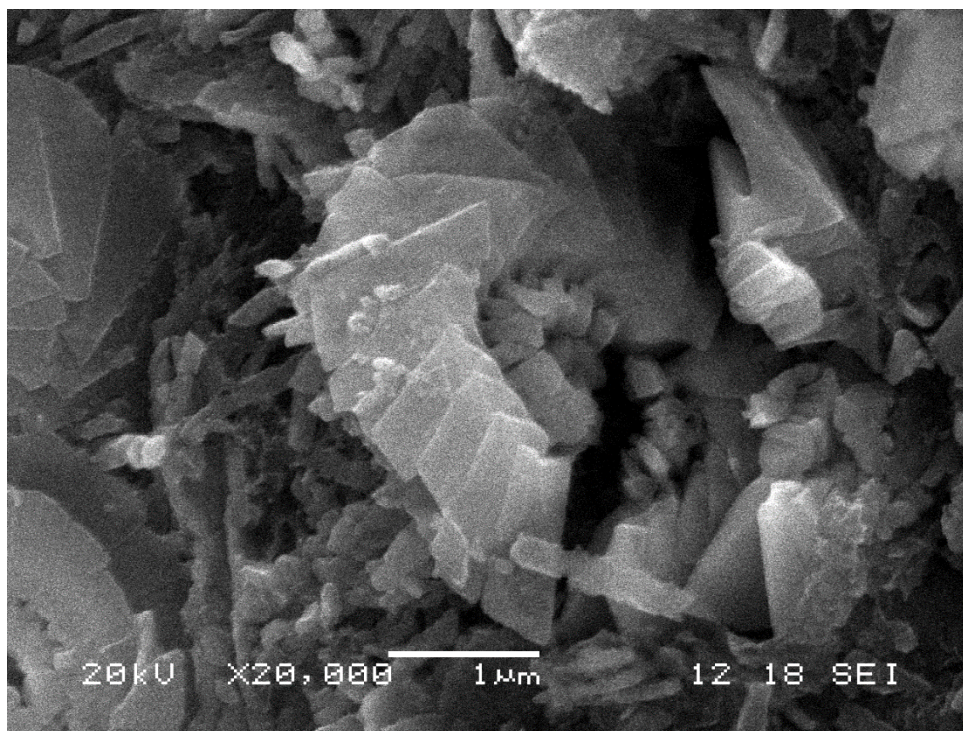


Фото 30 — Электронномикроскопический снимок горючего сланца с наиболее высоким содержанием ОБ (литотип № 10), Кашпир-Хвалынское месторождение. Пласт № 2, пачка №

3. Электронный микроскоп Jcol 6380-LV. Микрозонд JNCA-250. Увеличение 20000^x.

Кокколитофориды с высокой степенью сохранности, предположительно неглинизированные

Скважина № 559/12, глубина 79,0 м

Название: горючий сланец с наиболее высоким содержанием ОБ.

Макроскопическое описание: порода серая с рыже-желтоватым оттенком, легкая, хрупкая, с трудом разламывается руками по слоистости, структура органогенно-пелитовая, текстура тонко-горизонтально-слоистая, шероховатая на ощупь, не размокает в воде, излом неровный, землистый, микрокомковатый. На поверхности редкие отпечатки органики и чешуйки слюды. Реакция с HCl частичная, не повсеместная.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Глинистое вещество (20–25 %), органическое вещество (65–70 %), кварц (1–2 %), гидрослюда (1–2 %), единичные зерна глауконита, карбоната, кремнезема, пирита, колофана, рутила.

Описание породы. Порода представлена в шлифе смешанным составом органического (67–70 %) и глинистого вещества (20–25 %) с типичной тонкогоризонтальной текстурой (фото 31). В проходящем свете (фото 32) имеет темно-желто-бурый окрас с черными удлиненными включениями, вероятно коллоальгинит-псевдовитринитового состава. Микроструктуры линзовидно-атритовые, линзовидно-фрагментарные.

В основной массе породы рассеяны:

— глинистое вещество (20–25 %), тонкочешуйчатое, хорошо поляризующее в скрещенных николях, которое находится в сростках с органическим материалом;

— редкие зерна алевроитовой примеси в виде угловатого кварца и игольчатой гидрослюда (2–4 %);

— карбонатная органика округлой или удлиненно-вытянутой формы, встречаются также единичные серповидные формы, выполненные пелитоморфным кальцитом или кремнеземом опал-кварц-халцедонового состава.

Редко наблюдаются единичные зерна ярко-зеленого глауконита агрегатного строения, а также колофана и рутила. В скрещенных николях хорошо диагностируются единичные кристаллики или глобулы пирита.

Генезис: осадочный. *Структура:* органогенно-пелитовая.

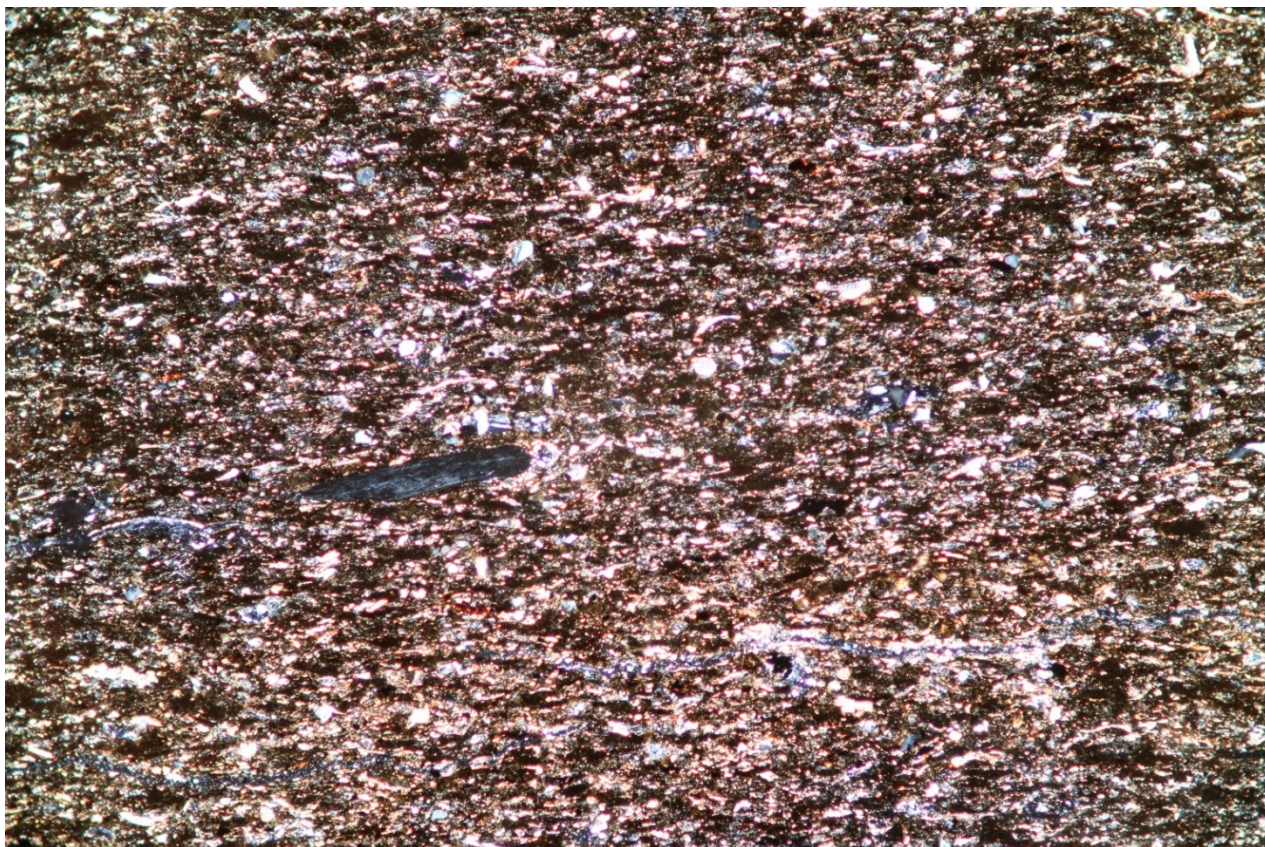


Фото 31 — Шлиф ник.+; литотип № 10; пласт № 1;
Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

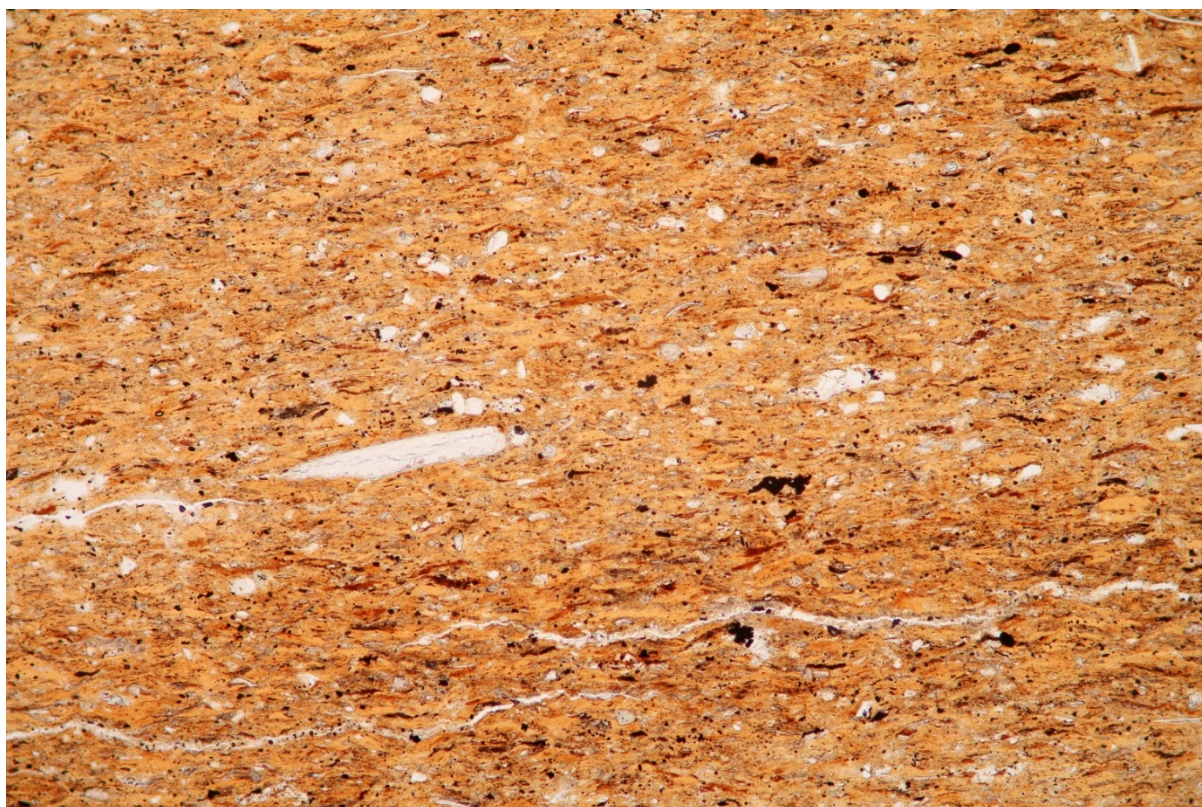


Фото 32 — Шлиф ник. ||; литотип № 10; пласт № 1;
Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Скважина № 559/17, глубина 94,6 м

Название: горючий сланец с наиболее высоким содержанием ОВ.

Макроскопическое описание: порода серая с отпечатками органики 2 мм, с тонкими мелкими пленками белого известковистого налета, легкая, средней крепости, легко раскалывается по слоистости, шероховатая на ощупь. Пелитовая структура, текстура плохо выражена, горизонтально-тонкослоистая. Излом неровный землистый. Не размокает в воде. Реагирует с HCl.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Органическое вещество (74–80 %), глинистое вещество (15–20 %), кальцит (1–2 %), кварц (1–2 %), гидрослюда (1 %), пирит (1 %), колофан.

Описание породы. Порода представляет собой в основном смесь органического и глинистого тонкочешуйчатого вещества (фото 33). В проходящем свете желто-буро-коричневого окраса с черными редкими волокнами (фото 34). Органическое вещество, вероятно, коллоальгинит-псевдовитринитового состава. Структура тонкогоризонтальная, часто прерывистая.

Органические остатки выполнены пелитоморфным кальцитом линзовидной формы размером 0,04–0,18 мм (редко до 1,15 мм), иногда полые внутри. Зачастую такие полости выполнены тонковолокнистым веществом с низкой серой интерференционной окраской, что дает возможность предположить наличие цеолитов, возможно гейландит (фото 32).

Алевритовая примесь (1–2 %) представлена угловатым кварцем и игольчатой гидрослюдой размером от 0,02 до 0,08 мм. Редко встречается пирит тонкодисперсный (1 %) и единичные зерна колофана.

Генезис: органогенный. *Структура:* органогенно-пелитовая.

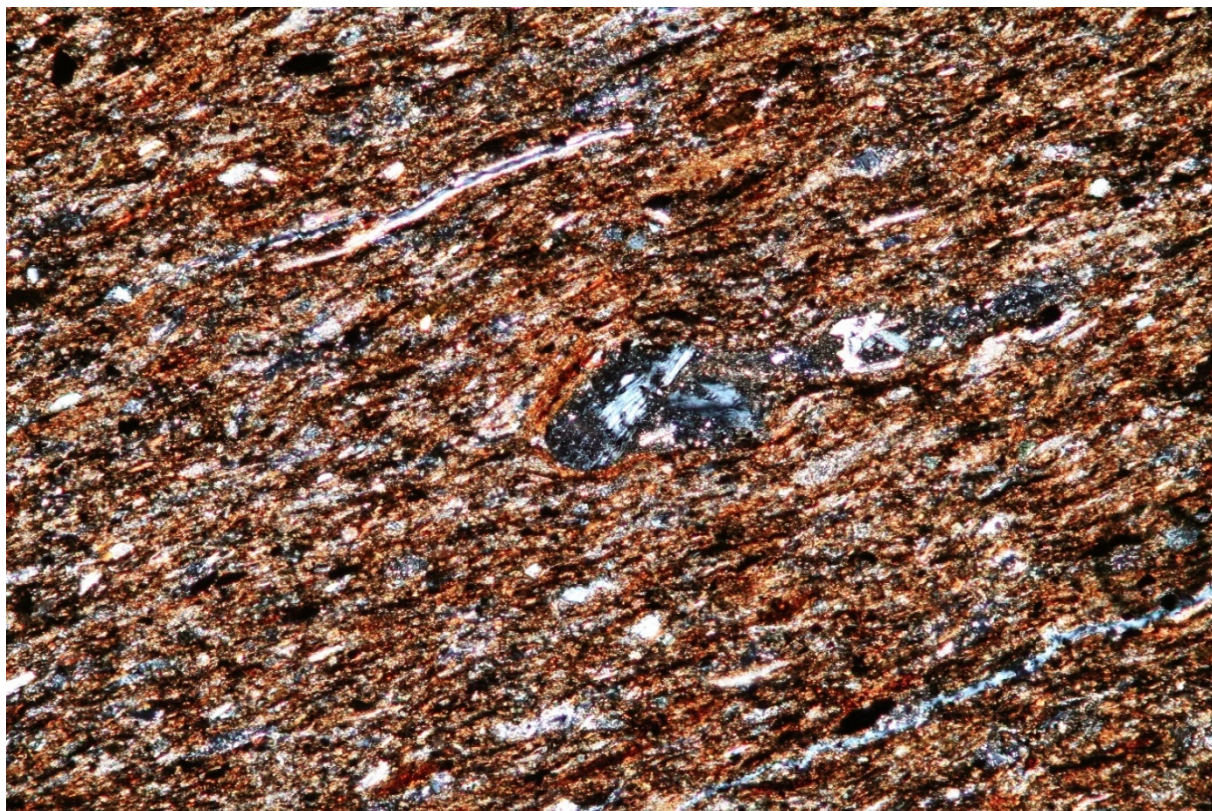


Фото 33 — Шлиф ник.+; литотип № 10; пласт № 4 (1); обломок гейландита;
Перелюбское месторождение; ув. 200^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

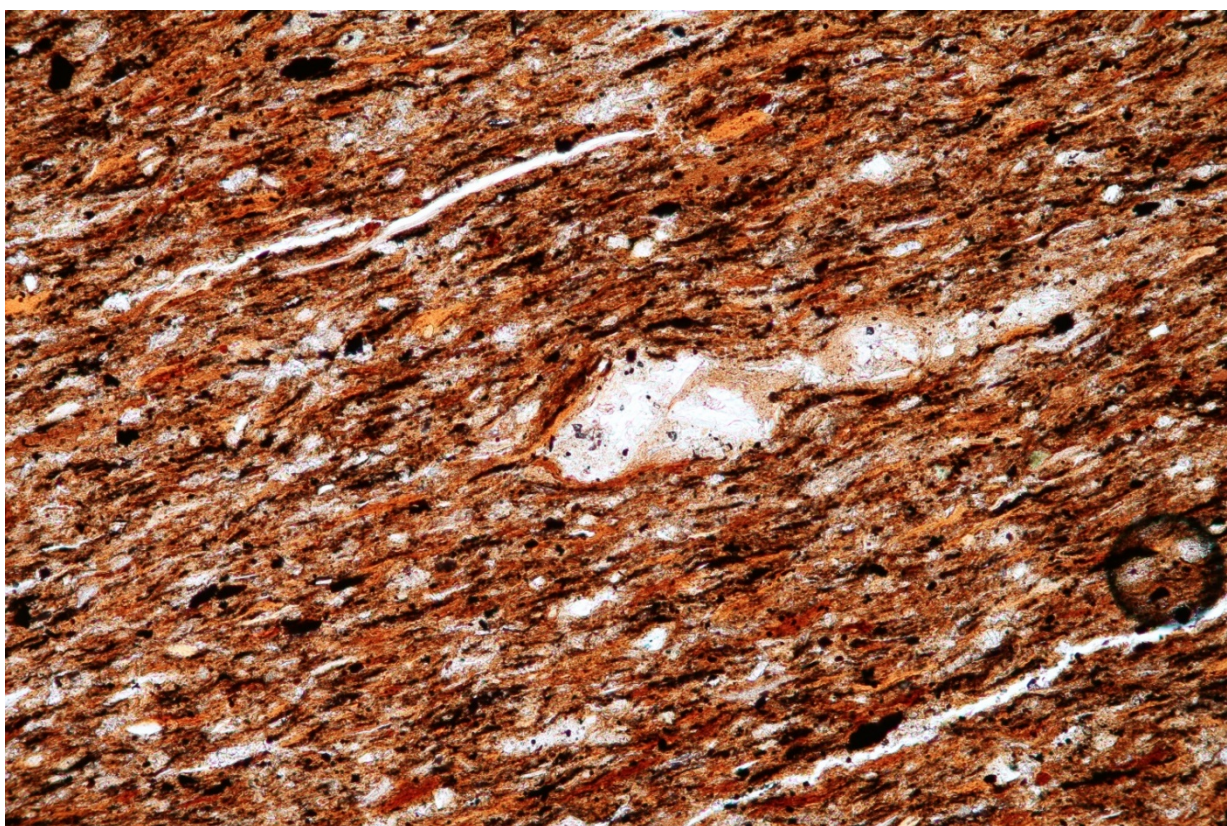


Фото 34 — Шлиф ник. ||; литотип № 10; пласт № 4(1); обломок гейландита;
Перелюбское месторождение; ув. 200^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Скважина № 559/20, глубина 106,0 м

Название: горючий сланец с наиболее высоким содержанием ОВ.

Макроскопическое описание: порода серая с желтоватым оттенком, средней крепости, шероховатая на ощупь. Структура пелитовая, текстура тонко-горизонтально-слоистая. Излом ступенчатый с микрокомковатой поверхностью. В воде не размокает. Реагирует с HCl.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Органическое вещество (60–70 %), глинистое вещество (15–20 %), кварц (2–3 %), гидрослюда (1–2 %), кальцит (3–5 %), кремнезем (1–2 %), пирит (1–2 %), единичные зерна глауконита, хлорита, фосфата, рутила.

Описание породы. В породе четко выражена горизонтальная слоистость с толщиной слойков 1–2 мм, вещество имеет волокнистое строение и смешанный органоминеральный состав. Микрослоистая структура (фото 35).

Ее состав определяет окрас породы светло-желто-рыжий и красно-буро-черный. Основная масса породы органическая с микрокомпонентами ископаемых углей псевдовитринито-коллинито-альгинитовых (60–70 %). Преобладает чередование светло-желто-рыжих и красно-оранжевых волокон, слойков и линзочек коллинит-альгинитового состава с более редким включением темных, черных псевдовитринитовых разностей. Содержание последней разности значительно увеличивается в верхней части слоя (фото 36).

Глинистое вещество в породе (15–20 %) имеет волокнистое строение и микрослоистую структуру, в общей массе породы диагностируется в скрещенных николях хорошей поляризацией.

В подчиненном количестве в шлифе наблюдается пелитоморфная примесь кальцита (3–5 %) в виде линзочек, округлых образований или заполняющая микротрещины.

Еще реже встречается кремнистый материал (1–2 %) кварц-халцедонового состава, заполняющий трещины или линзочки, а также в виде органики серповидной и удлиненной формы 0,3–0,5 мм.

Алевритовая примесь неравномерно распределена по площади шлифа и представлена угловатыми зернами кварца и игольчатой гидрослюдой (2–3 %). В отраженном свете определяется незначительная примесь тонкодисперсного пирита (1–2 %). Наблюдаются единичные зерна глауконита, хлорита, фосфата, рутила.

Генезис: осадочный. *Структура:* органогенно-пелитовая.



Фото 35 — Шлиф ник.+; литотип № 10; пласт № 6;
Перелюбское месторождение; ув. 200^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

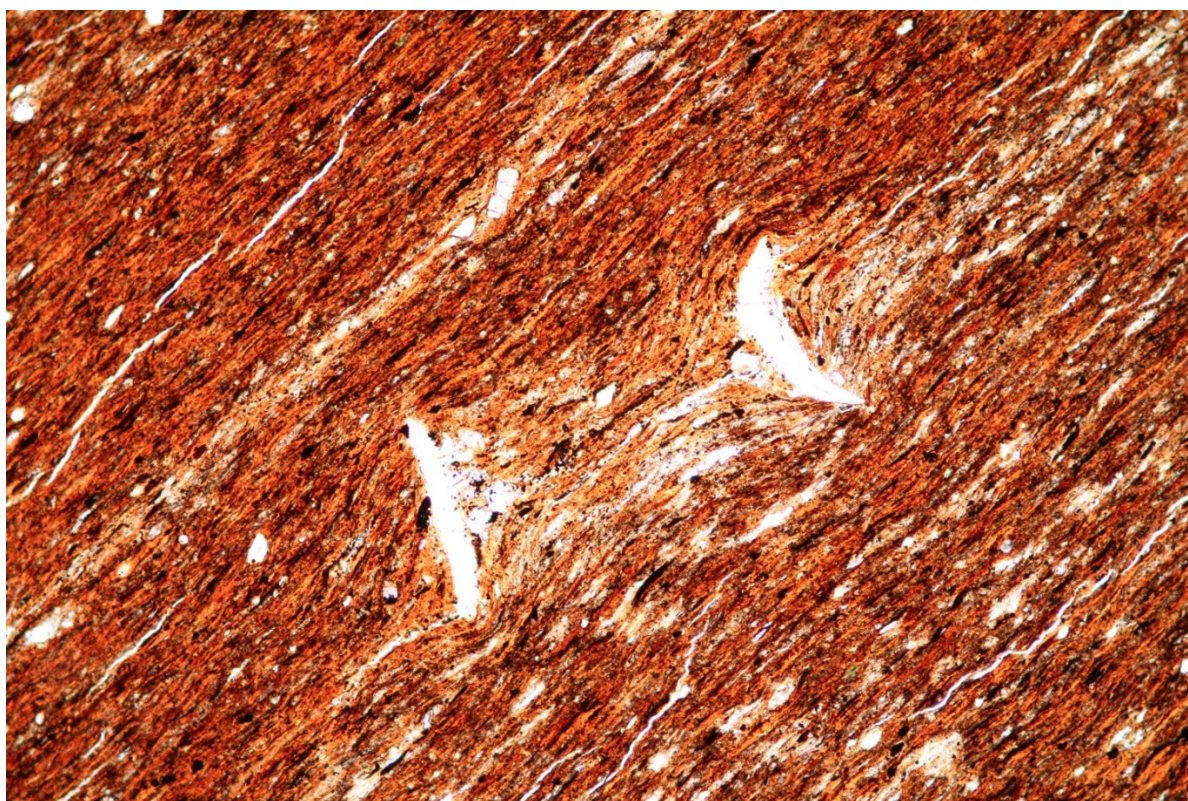


Фото 36 — Шлиф ник. ||; литотип № 10; пласт № 6;
Перелюбское месторождение; ув. 200^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Скважина № 559/23, глубина 152,3 м

Название: горючий сланец с наиболее высоким содержанием ОВ.

Макроскопическое описание: порода серая, легкая, средней крепости, пелитовой структуры, с плохо выраженной слоистостью. Излом ступенчатый, но неровный, землистый и микрокомковатый. Реагирует с HCl, на поверхности отпечаток раковины 2 × 2 см.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Глинистое вещество (28–30 %), органическое вещество (60–62 %), кремнезем (2–3 %), кальцит (1–2 %), алевроитовая примесь: кварц, полевой шпат, гидрослюда, обломочные кремнистые породы (2–3 %), единичные зерна пирита, глауконита, колофана, циркона, эпидота, ильменита.

Описание породы. Порода представляет собой смесь глинистого и органического вещества буро-коричневого окраса с включениями ярко-оранжевых, красных и черных волокон, вероятно, коллоальгинитового состава с псевдовитринитом. Глинистое вещество имеет хорошую поляризацию в скрещенных николях (фото 37). В незначительном количестве в общую массу добавляется тонкодисперсный кремнезем (2–3 %). Структура тонко- горизонтально-слоистая, наблюдается тонкая трещиноватость породы (фото 38).

Алевроитовая примесь представлена в основном зернами угловатого кварца, игольчатой гидрослюдой, полевым шпатом, обломками кремнистых пород (2–3 %), размер частиц от 0,04 до 0,09 мм.

Кальцит (1–2 %) пелитоморфный в основном встречается в виде сгустков, редко отмечены реликты органики, стенки которой выполнены кальцитом, а полости пустые.

В виде единичных зерен встречается глауконит, колофан, циркон, эпидот, ильменит, пирит тонкодисперсный или глобулярный.

Генезис: осадочный. Структура: органогенно-пелитовая.



Фото 37 — Шлиф ник.+; литотип № 10; пласт № 8(1);
Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol



Фото 38 — Шлиф ник. ||; литотип № 10; пласт № 8(1);
Перелюбское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Коцебинское месторождение, скважина № 133

Пласт № 1, глубина 42 м

Название: горючий сланец с наиболее высоким содержанием ОВ.

Макроскопическое описание: порода светло-серо-коричневая, легкая, слоистая, микрокомковатая, хрупкая, легко раскалывается руками, в воде не размокает. На поверхности многочисленные следы органики разной степени сохранности и размера (от детрита до 0,5 см). Бурно реагирует с HCl.

Микроскопическое описание

Минеральный состав. Органическое вещество (50–55 %), глинистое вещество (25–32 %), сидерит (10–15 %), кремнезем (5–7 %), кальцит (1–2 %), единичные зерна кварца, гидрослюда, углистых частиц, пирита, глауконита.

Описание породы ведется по 2 шлифам. Порода пятнистая, светло-желто-бурого, иногда красного цвета. Пятнистое строение определяет глинистое (25–32 %) и органическое (50–55 %) вещество, вероятно, коллоальгинитового состава. Между пятнами в незначительном количестве (5–7 %) наблюдается кремнезем тонкокристаллического строения.

По всей площади шлифа неравномерно распределен сидерит (10–15 %) округлого, шаровидного строения (фото 39). Редко встречается пелитоморфный кальцит (1–2 %), перекристаллизованный по реликтам органики. Также редко встречаются угловатые и слабоокатанные зерна кварца (фото 40).

В виде единичных зерен наблюдается глауконит, гидрослюда, пирит и углистые частицы.

Генезис: осадочный. Структура: органогенно-пелитовая.

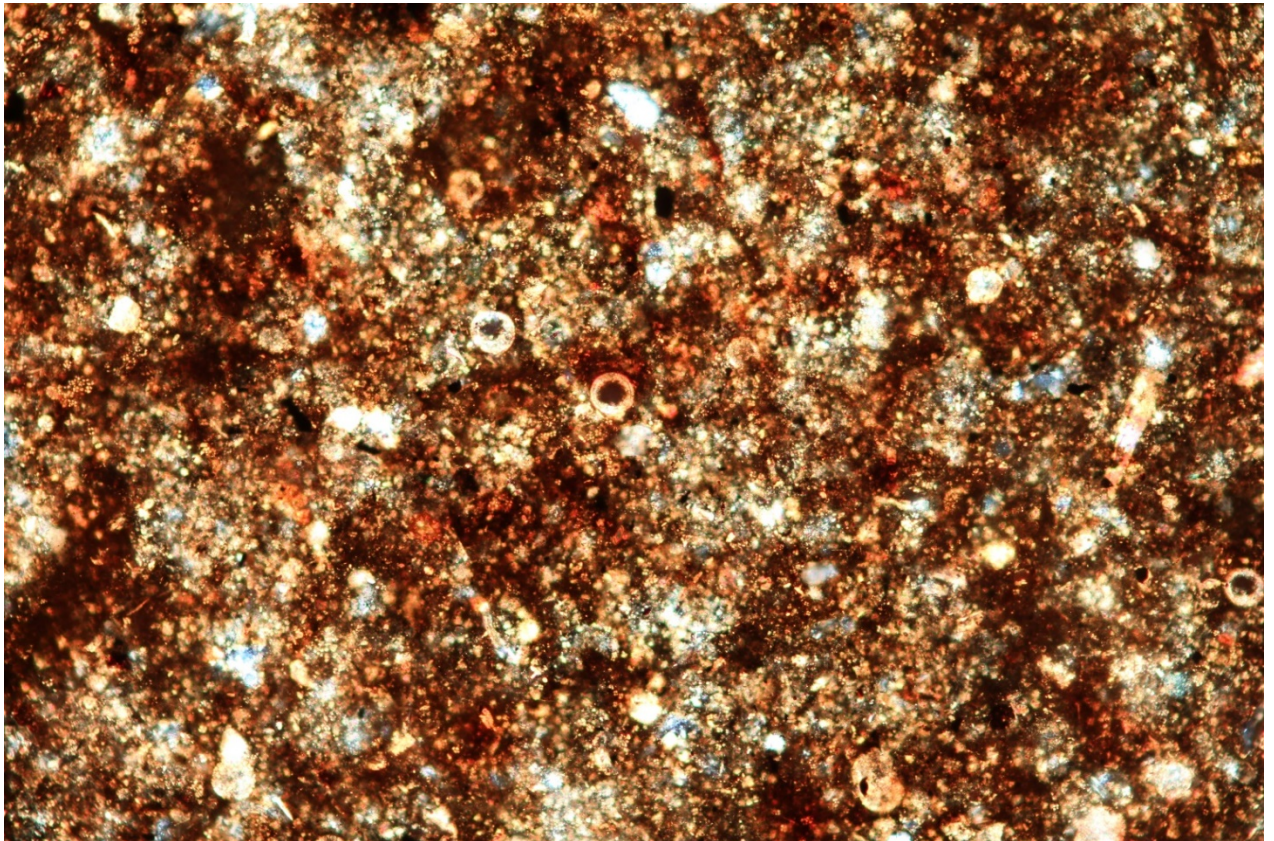


Фото 39 — Шлиф ник.+; литотип № 10; пласт № 1;
Коцебинское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

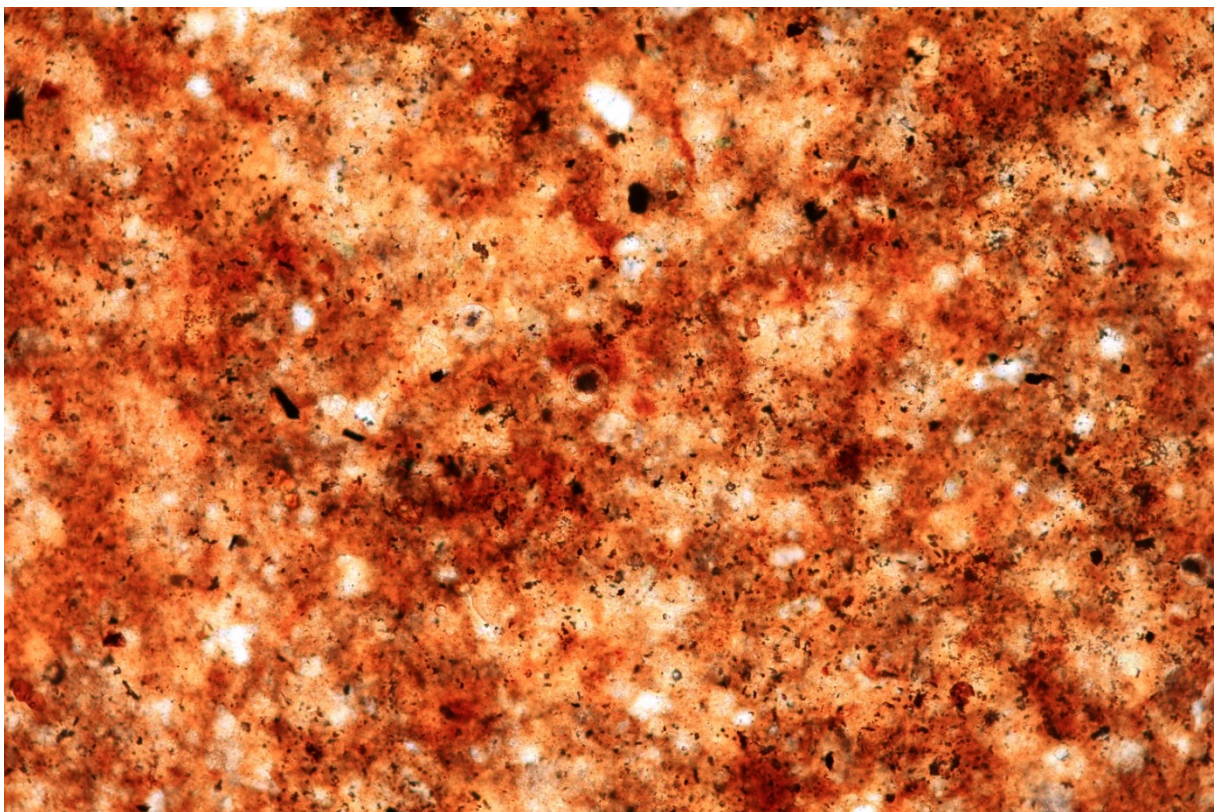


Фото 40 — Шлиф ник. ||; литотип № 10; пласт № 1;
Коцебинское месторождение; ув. 100^x; микроскоп AXIO LAB A1 pol

Алевритисто-глинистые известняки — светло-серые. Структура мелкокристаллическая, текстура массивная. Основной породообразующий минерал — кальцит. Также отмечается наличие полевых шпатов, глауконита и фосфоритизированных костных остатков (до 5 %). Отмечается наличие алевритисто-глинистого и сапропелевого материала.

Содержат относительно равномерно распределенные фрагменты органических остатков и алевритовый материал. Глинистое вещество располагается между кристаллами кальцита или наблюдается в виде сгустков. В таких сгустках кристаллы кальцита, соприкасаясь гранями, вытянуты в цепочки.

Играет исключительно подчиненную роль в виде тонких пропластков на Коцебинском и Савельевском месторождениях в кровле сланценосной толщи.

В разрезе Перелюбского месторождения в образце № 559/10 (фото 1, 2) выделяется обломок вулканического стекла; в образце № 559/17 предположительно выделяется зерно гейландита (фото 33, 34). Все это может служить одним из признаков поступления в бассейн вулканогенного материала в период осадконакопления [45, 62]. Незначительные количества обломков вулканического стекла, обнаруженные в шлифах, объясняются высокой степенью диагенетических преобразований пеплового материала в смектиты с Na и Na-Ca-катионным комплексом, о чем будет сказано в следующей главе.

В Волжском бассейне наибольшую роль играют пять литотипов: глины известковые, глины сапропелевые, горючие сланцы известковистые, горючие сланцы известковые и горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОВ. Изучению их распространения и анализу условий формирования данных литотипов будет посвящена большая часть данной работы.

3.2. Закономерности распределения глинистых минералов

Предыдущими исследователями [16, 17, 120] были установлены общие черты распределения глинистых ассоциаций в разрезах центральных и северных районов Восточно-Европейской платформы. Строение сланценосной толщи *Dorsoplanites panderi* (D.P.) в Волжском бассейне характеризуется высокой изменчивостью вещественного состава как по латерали, так и по вертикали [16, 17, 120]. Качественная характеристика минералов пелитовой фракции довольно стабильна, но количественное соотношение глинистых минералов существенно меняется как по латерали, так и по разрезу в пределах отдельных районов. При этом ранее не были выявлены четкие закономерности, определяющие эти изменения.

На наш взгляд, в данном случае имеют место две основные причины. Первая связана с тем, что разрезы волжской сланценосной толщи, широко распространенной на огромной территории Восточно-Европейской платформы (ВЕП), трассируются в виде широкой полосы из Нижнего Поволжья до южных районов Республики Коми. Столь широкое распространение наряду с неоднородными палеотектоническими условиями этой территории в волжское время обусловили явно выраженную изменчивость стратиграфического объема рассматриваемых отложений. По данным Е. В. Щепетовой [120], мощность сланценосной толщи варьируется от нескольких метров в центральных районах ВЕП до десятков метров на северо-востоке и юго-западе. Эрозионно-тектонический рельеф, сформированный перед накоплением сланценосной толщи, обусловил непостоянное количество продуктивных пластов в ее составе, их выклинивание или фациальное замещение по латерали. Наиболее полные разрезы установлены на территории Ульяновской (разрез «Городище») и Саратовской (Перелюбское месторождение) областей, мощность в пределах последнего достигает 97 м (скважина № 559).

Как следствие, пачки с различным минералогическим парагенезом пелитовой фракции не выдержаны по простиранию и фиксируются далеко не во всех разрезах.

Вторая причина связана с присутствием в породах разнообразных форм глинистых минералов. Наряду с классическим накоплением фракции $<0,001$ мм, глинистые минералы также концентрируются при частичном или полном замещении кокколитофоридов. В последнем случае не удастся выделить из горючих сланцев пелитовую фракцию и определить количественное соотношение глинистых минералов. В подобных ситуациях исследователи были вынуждены изучать глинистые минералы под электронным микроскопом, получая лишь их качественную характеристику.

Характеристика глинистых минералов Волжского бассейна

Наиболее полная характеристика распределения глинистых минералов в сланценосных отложениях волжского яруса приведена в работах Т. Ф. Букиной, Е. В. Щепетовой, Ю. О. Гаврилова и А. В. Жабина [17, 41, 71, 106]. Так, в стратотипическом разрезе «Городище» выделены четыре минеральные ассоциации, которые сменяют друг друга снизу вверх: *смектит-иллит-каолинитовая* с близким количеством глинистых минералов; *иллит-каолинит-смектитовая* с преобладанием смектитов; *иллит-каолинит-смектитовая* с примесью цеолитов; *иллит-клиноптилолит-смектитовая* без каолинита. Наиболее мощный разрез сланценосной толщи зафиксирован на Перелюбском месторождении Саратовской области [17, 106], где выделено девять продуктивных пластов со сложной картиной распределения глинистых минералов. В разрезе уверенно выделяются вторая и третья пачки, установленные в разрезе «Городище», кроме того, в основании разреза глинистые породы отличаются *смектит-хлорит-иллитовой* ассоциацией с примесью диккита, накрита и пирофиллита. В отдельных прослоях наблюдается увеличение содержания хлорита или смектита. Появление расширенной группы каолинитовых минералов, вероятно, обусловлено размывом кор выветривания на породах пермского и триасового возраста, которые были развиты в близлежащих источниках сноса. Тем не менее прилегающая суша на территории Среднего Поволжья в волжское время была сложена преимущественно образованиями юрской системы, не претерпевшими интенсивного химического выветривания.

Характеристика глинистых минералов на Перелюбском и Кашпир-Хвалынском месторождениях

В рамках данного исследования были проанализированы образцы кернового материала Перелюбского месторождения (четыре образца из скважины № 559) и Кашпир-Хвалынской площади (три образца, полученные из шахты). Исследования производились на геологическом факультете Воронежского государственного университета на дифрактометре ARLX TRA.

Пелитовая составляющая образца (Рисунок 22) представлена следующими минералами 9,976; 3,345 Å (5,0 %); полевые шпаты — 3,21 Å (5,0 %).

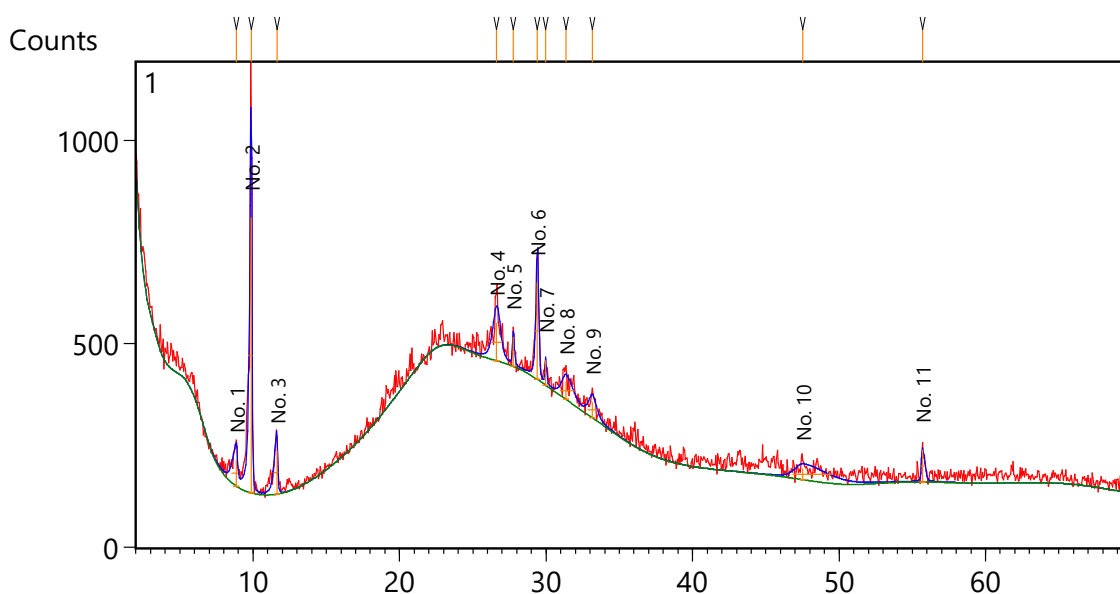


Рисунок 22 — Дифрактограмма образца, представленного горючим сланцем известковым (литотип № 9), пласт № 2, пачка № 1. Кашпир-Хвалынское месторождение

Таблица 2 — Результаты дифрактометрического анализа образца, представленного горючим сланцем известковым (литотип № 9), пласт № 2, пачка № 1. Кашпир-Хвалынское месторождение

Peak Number	Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	FWHM Left [°2Th.]	Area [cps*°2Th.]
1	8.86(4)	9.97641	9.58	0.6(1)	32.75
2	9.893(6)	8.93349	100.00	0.29(1)	166.32
3	11.63(2)	7.60290	15.75	0.44(6)	39.33
4	26.62(8)	3.34564	13.51	0.6(2)	72.95
5	27.75(7)	3.21237	10.36	0.1(1)	11.02
6	29.40(3)	3.03576	35.03	0.24(5)	60.39
7	29.97(6)	2.97927	8.89	0.1(1)	6.68
8	31.3(2)	2.85172	6.07	0.7(4)	48.43
9	33.1(2)	2.70102	5.49	0.6(4)	30.94
10	47.5(4)	1.91255	3.88	1(1)	92.08
11	55.69(4)	1.64921	11.55	0.14(9)	18.01

Пелитовая составляющая данного образца (Рисунок 23) представлена следующими минералами (Таблица 3): кальцит — 3,86; 3,034; 2,284; 2,104; 1,914; 1,877 Å (30,0 %); кварц —

(30,0 %); гипс — 7,58; 4,26; 3,076; 2,874; 2,808; 2,705; 2,497; 1,877 Å (20,0 %); иллит — 9,92; 4,97;

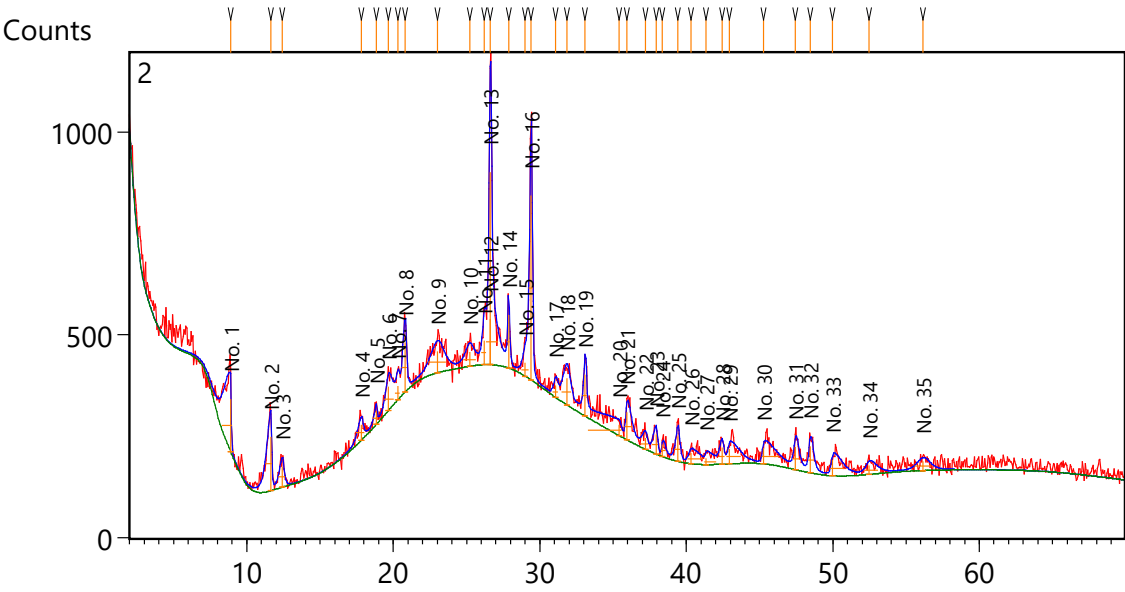


Рисунок 23 — Дифрактограмма образца, представленного горючим сланцем известковым (литотип № 9), пласт № 2, пачка № 2.
Кашпир-Хвалынское месторождение

Таблица 3 — Результаты дифрактометрического анализа образца, представленного горючим сланцем известковым (литотип № 9), пласт № 2, пачка № 2.
Кашпир-Хвалынское месторождение

P	P	d	R	F	A
					7
2	11.65(3)	7.58851	27.63	0.69(7)	68.40
3	12.42(6)	7.12090	10.37	0.5(2)	25.51
4	17.8(1)	4.97462	7.93	0.6(3)	22.83
5	18.8(1)	4.70564	6.48	0.4(3)	10.10
6	19.7(1)	4.50862	11.99	0.5(2)	43.20
7	20.3(1)	4.36568	6.70	0(1)	10.87
8	20.81(4)	4.26434	25.52	0.4(1)	48.97

Продолжение таблицы 3

Number					
9	23.0(2)	3.86066	10.97	1.2(4)	78.23
10	25.2(2)	3.52961	7.15	1(1)	33.46
11	26.2(1)	3.39578	12.18	0.3(3)	19.32
12	26.6(3)	3.34879	23.53	0(1)	110.14
13	26.62(2)	3.34616	100.00	0.16(6)	94.53
14	27.88(7)	3.19802	27.22	0.18(9)	23.23
15	29.0(2)	3.07646	6.71	0.4(4)	16.87
16	29.41(2)	3.03439	96.05	0.28(5)	120.61
17	31.1(2)	2.87467	5.86	0.3(4)	10.72
18	31.8(1)	2.80808	13.43	0.7(3)	49.86
19	33.08(5)	2.70551	21.36	0.2(1)	27.93
20	35.4(2)	2.53262	5.30	4(2)	74.30
21	35.94(8)	2.49684	14.13	0.2(2)	39.75
22	37.2(2)	2.41444	5.66	0.6(5)	13.95
23	37.95(9)	2.36891	9.85	0.5(2)	20.27
24	38.3(1)	2.34524	5.90	0.1(1)	10.24
25	39.42(9)	2.28390	12.87	0.4(2)	26.63
26	40.3(2)	2.23586	5.23	0.4(4)	32.18
27	41.4(2)	2.18160	3.13	0.1(2)	14.25
28	42.4(2)	2.12859	8.26	0.4(4)	15.17
29	42.9(2)	2.10439	7.45	0.3(4)	42.38
30	45.26(7)	2.00207	7.92	0.20(7)	55.81
31	47.45(9)	1.91434	11.71	0.3(2)	27.83
32	48.46(7)	1.87682	13.37	0.3(1)	28.06
33	49.97(9)	1.82367	7.84	0.2(2)	41.04
34	52.5(2)	1.74230	4.48	0.6(4)	24.55
35	56.2(3)	1.63658	4.50	1(1)	29.94

Пелитовая составляющая данного образца (Рисунок 24) представлена следующими минералами (Таблица 4): гипс — 7,59; 3,803; 3,037; 1,993 Å (80,0 %); гейландит — 8,94; 7,93; (20,0 %); иллит — 9,94 Å (следы); хлорит — 7,15; 3,55 Å (следы).

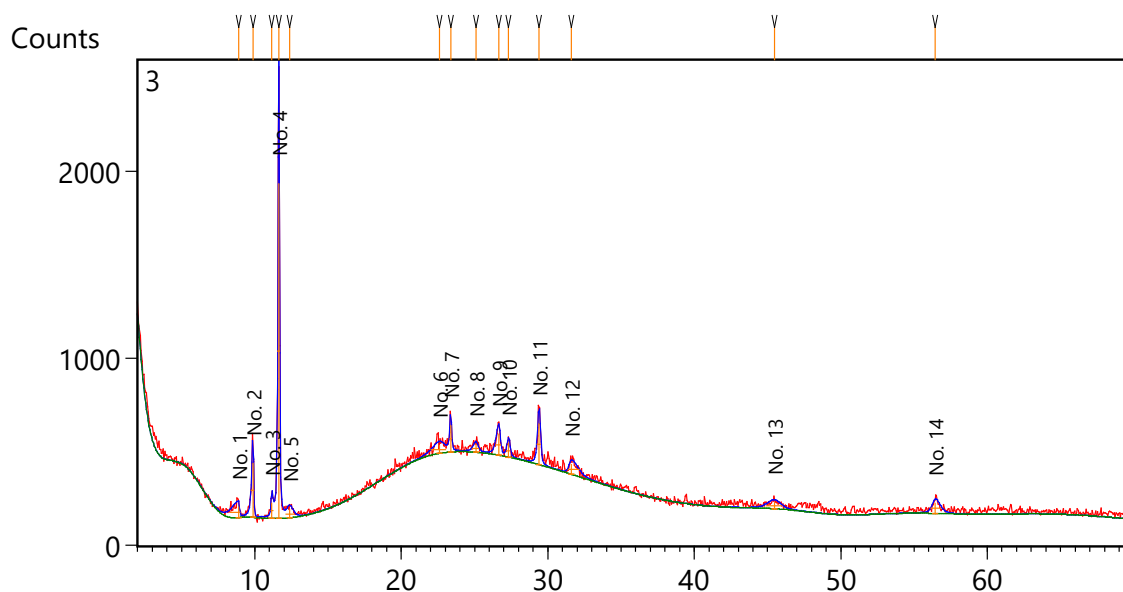


Рисунок 24 — Дифрактограмма образца, представленного горючим сланцем с наиболее высоким содержанием ОВ (литотип № 10), пласт № 2, пачка № 3.
Кашпир-Хвалынское месторождение

Таблица 4 — Результаты дифрактометрического анализа образца, представленного горючим сланцем с наиболее высоким содержанием ОВ (литотип № 10), пласт № 2, пачка № 2. Кашпир-Хвалынское месторождение

P	P	d	R	F	A
2	9.89(1)	8.94051	16.15	0.26(2)	65.45
3	11.15(2)	7.93017	4.60	0.10(4)	15.46
4	11.639(4)	7.59715	100.00	0.147(6)	297.41
5	12.4(1)	7.15111	2.27	0.5(2)	29.52
6	22.6(3)	3.93205	2.37	1(1)	56.37
7	23.37(2)	3.80337	7.78	0.19(7)	27.99
8	25.1(2)	3.54674	2.12	0.5(4)	21.31
9	26.64(6)	3.34356	6.30	0.4(1)	47.55
10	27.32(8)	3.26201	3.98	0.3(2)	22.83
11	29.38(3)	3.03712	12.19	0.26(5)	66.09
12	31.6(1)	2.82932	2.97	0.4(2)	50.03
13	45.5(2)	1.99370	1.83	1.2(5)	46.58
14	56.42(9)	1.62948	3.03	0.5(2)	45.15

Пелитовая составляющая данного образца (Рисунок 25) представлена следующими минералами (Таблица 5): кальцит 3,86; 3,035; 2,495; 2,284; 2,095; 1,909; 1,876; 1,626; 1,605; 1,531 Å (70,0 %); кварц — 4,27; 3,35; 2,284 Å (15,0 %); иллит — 9,96; 4,96; 3,35; 2,02 Å (5,0 %); гейландит — 8,94; 3,85 Å (5,0 %); хлорит — 7,14; 3,55 Å (5,0 %).

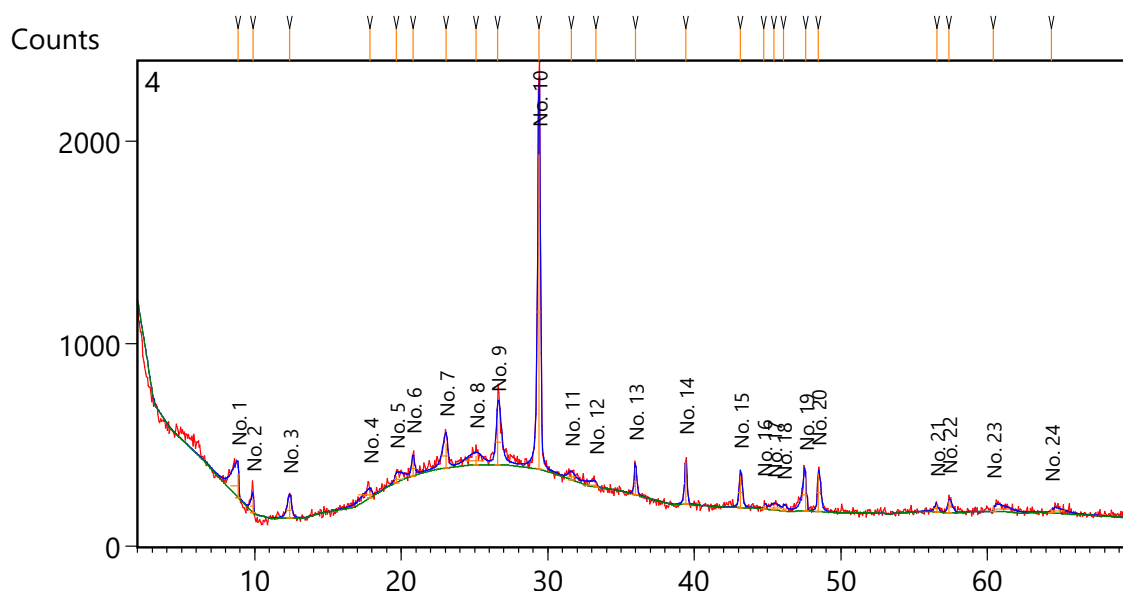


Рисунок 25 — Дифрактограмма образца, представленного горючим сланцем известковистым (литотип № 8), пласт № 2, пачка № 1. Перелюбское месторождение

Таблица 5 — Результаты дифрактометрического анализа образца, представленного горючим сланцем известковистым (литотип № 8), пласт № 2, пачка № 1. Перелюбское месторождение

Peak Number	Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	FWHM Left [°2Th.]	Area [cps*°2Th.]
1	8.87(3)	9.96306	7.54	1.0(1)	80.99
2	9.89(8)	8.93947	4.31	0.3(1)	18.07
3	12.38(4)	7.14197	5.19	0.41(9)	36.08
4	17.9(1)	4.96160	2.04	1.6(4)	38.26
5	19.6(1)	4.51472	2.13	0.3(3)	28.40
6	20.79(6)	4.26884	4.67	0.2(1)	19.35
7	23.05(5)	3.85531	7.66	0.5(2)	59.13
8	25.1(2)	3.54633	2.63	1(1)	67.78
9	26.58(3)	3.35041	14.34	0.26(5)	107.23
10	29.393(6)	3.03628	100.00	0.21(2)	361.24
11	31.6(2)	2.83018	1.69	0.5(4)	17.35

Продолжение таблицы 5

Peak Number	Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [$\text{\AA}$]	Rel. Int. [%]	FWHM Left [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Area [$\text{cps}^{\circ}2\text{Th.}$]
12	33.29(8)	2.68926	1.27	2(1)	23.81
13	35.97(4)	2.49478	8.43	0.17(7)	26.53
14	39.42(2)	2.28419	13.29	0.18(4)	36.93
15	43.16(4)	2.09455	9.88	0.21(6)	38.03
16	44.7(4)	2.02381	1.42	0.0(3)	3.74
17	45.4(3)	1.99543	1.37	1(1)	22.21
18	46.1(1)	1.96707	1.26	0.1(2)	4.65
19	47.58(4)	1.90947	10.37	0.47(6)	53.78
20	48.48(2)	1.87630	11.95	0.16(3)	44.36
21	56.5(1)	1.62632	2.19	0.4(2)	10.89
22	57.37(7)	1.60483	3.67	0.2(1)	21.23
23	60(1)	1.53108	1.66	0.0(4)	38.30
24	64(1)	1.44599	1.23	0(1)	23.78

Пелитовая составляющая данного образца (Рисунок 26) представлена следующими минералами (Таблица 6): кальцит — 3,84; 3,036; 2,290; 2,089; 1,911; 1,817 $\text{\AA}$ (70,0 %); иллит — 9,99; 5,01; 3,345 $\text{\AA}$ (15,0 %); гипс — 7,56; 4,234; 3,036 $\text{\AA}$ (10,0 %); хлорит — 7,12 $\text{\AA}$ (5,0 %).

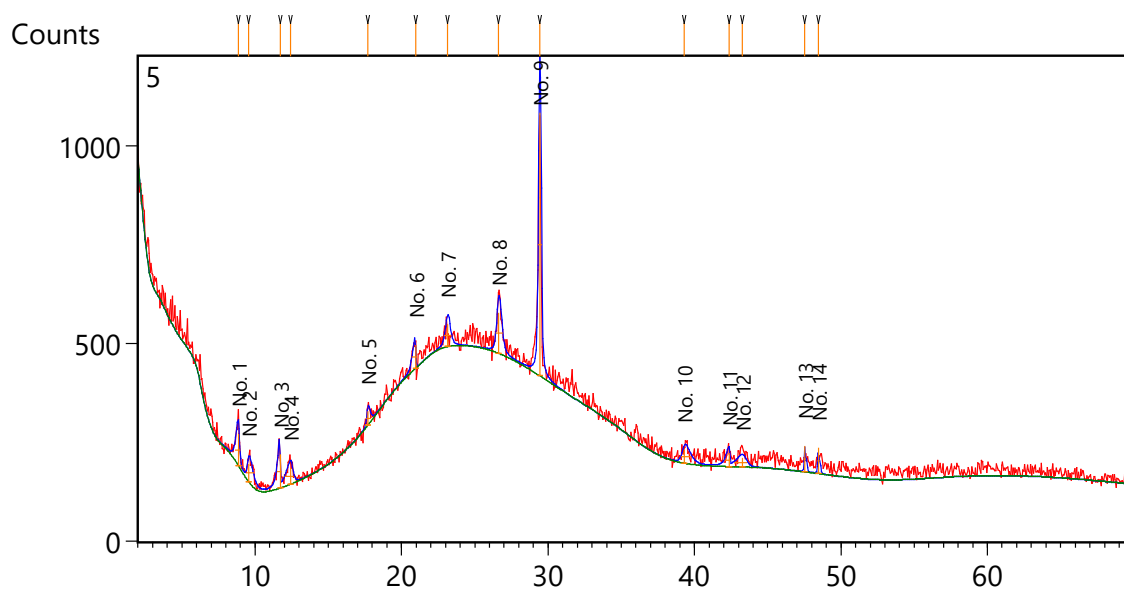


Рисунок 26 — Дифрактограмма образца, представленного горячим сланцем с наиболее высоким содержанием ОВ (литотип № 10), пласт № 3, пачка № 2.

Перелюбское месторождение

Таблица 6 — Результаты дифрактометрического анализа образца, представленного горючим сланцем с наиболее высоким содержанием ОВ (литотип № 10), пласт № 3, пачка № 2. Перелюбское месторождение

P	P	d	R	F	A
3					
2	9.57(7)	9.23384	6.76	0.2(1)	26.12
3	11.702(9)	7.55636	12.63	0.43(6)	24.87
4	12.4(1)	7.12090	5.99	0.8(3)	29.30
5	17.7(1)	5.00981	5.02	0.2(3)	11.88
6	20.96(1)	4.23499	8.69	0.5(2)	18.19
7	23.1420	3.84031	8.35	0.3978	29.43
8	26.62(6)	3.34627	15.32	0.3(1)	51.56
9	29.4173	3.03633	100.00	0.1771	116.04
10	39.3(1)	2.28990	5.01	0.4(3)	27.64
11	42.379(9)	2.13111	4.91	0.6(2)	12.00
12	43.3(3)	2.08897	3.23	1(1)	22.55
13	47.5331	1.91136	9.63	0.0900	7.68
14	48.4560	1.87709	9.53	0.0900	7.59

Анализ полученного материала показывает, что пелитовая составляющая Кашпир-Хвалынского месторождения представлена в основном гейландитом, гипсом, кварцем, кальцитом и полевыми шпатами. Среди глинистых минералов выделяется незначительное содержание иллита и хлорита. В пелитовой составляющей Перелюбского месторождения выделяются кварц, кальцит, гейландит, гипс, а среди глинистых минералов — иллит и хлорит. Как видно, общий набор минералов для двух месторождений идентичен, отмечаются лишь количественные изменения. В образце из Кашпир-Хвалынского месторождения ведущую роль играют гейландит и гипс, тогда как для Перелюбского более характерны кварц и кальцит.

Высокое содержание гейландита подтверждает важную роль вулканогенного материала в процессе формирования сланценосной толщи. Гипс может иметь как и аллотигенную природу, будучи привнесенным в растворенном состоянии размытых пермских и триасовых отложений, так и, согласно утверждению Е. В. Щепетовой, описывающей аридизацию климата в волжское время, аутигенную.

Характеристика глинистых минералов на Коцебинском месторождении

Изучение разреза волжской сланценосной толщи на Коцебинском месторождении изменениям.

Ниже приведено описание строения сланценосной толщи на основе данных отбора керна и рентгеноструктурного анализа скважины № 1038 Коцебинского месторождения. Описание производится сверху вниз.

- 30–36,6 м — переслаивание известняков, известковых и олигомиктовых алевролитов, алевроитовых глин.

1038/83 — образец состоит из иллита, хлорита и смектита. Содержание каолинита в пробе незначительно. Хлорит слегка выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,81 \text{ \AA}$), растворим в HCl. Смектит Са-разности ($d_{\text{глиц.}} = 17,46 \text{ \AA}$) растворим в HCl. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 10,00 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 5,00 \text{ \AA}$; $1,497 \text{ \AA}$).

- 36,6–37,9 м — глина алевроитистая.

1038/81 — образец состоит из иллита, смектита и хлорита (иллита и хлорита, вероятно, больше, чем смектита и хлорита). Смектит Na-разности нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 12,52 \text{ \AA}$). Хлорит слегка выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,81 \text{ \AA}$). Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 10,00 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 4,97 \text{ \AA}$; $1,498 \text{ \AA}$). В незначительном количестве присутствует каолинит ($d_{\text{ест.ор.}} = 7,14 \text{ \AA}$).

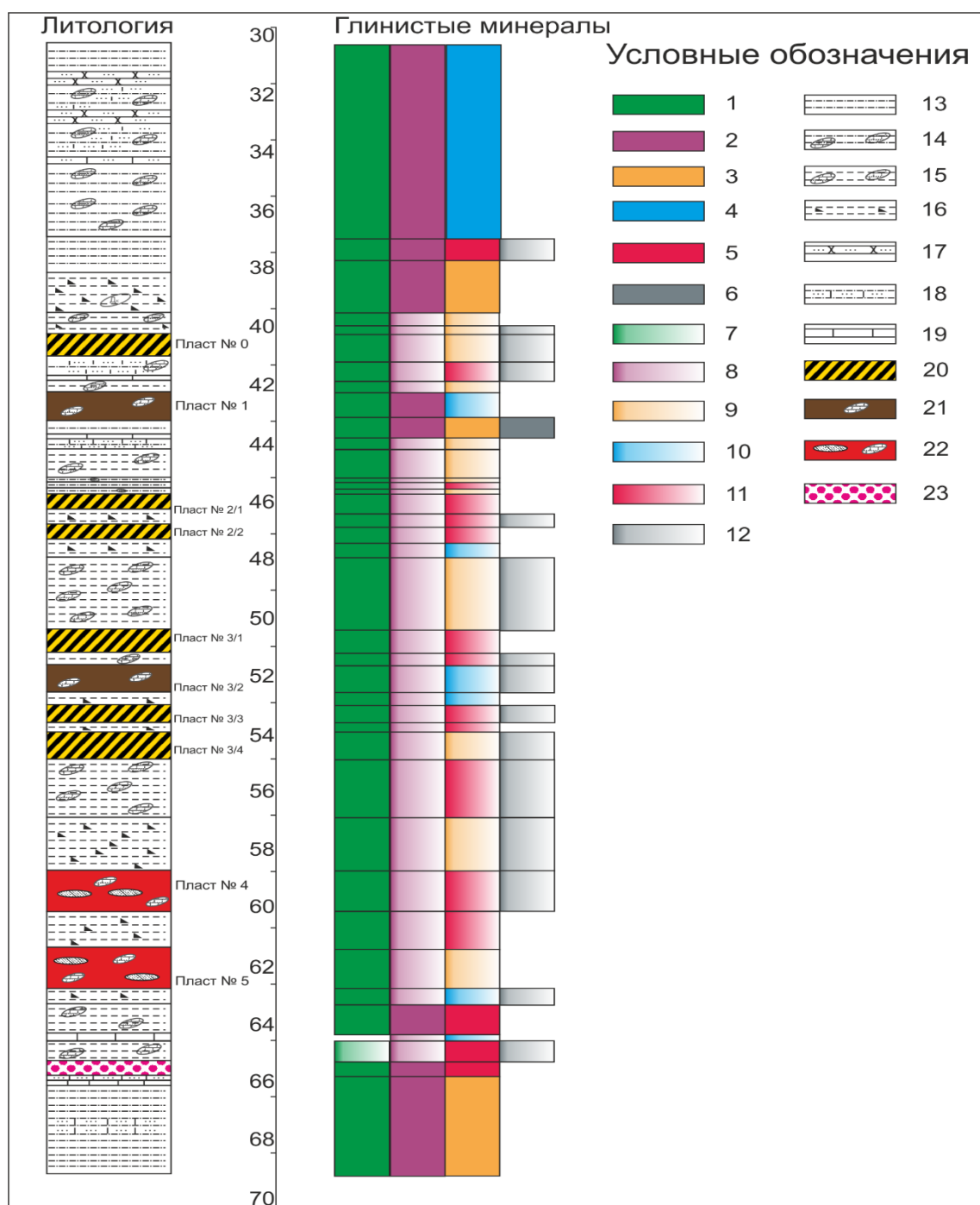


Рисунок 27 — Схема распределения глинистых минералов сланценосной толщи

Коцебинского месторождения (скважина № 1038); составил В. С. Илясов

Условные обозначения: **значительное содержание** 1 — иллит; 2 — хлорит; 3 — натриево-кальциевые смектиты; 4 — кальциевые смектиты; 5 — натриевые смектиты; 6 — каолинит; **незначительное содержание** 7 — иллит; 8 — хлорит; 9 — натриево-кальциевые смектиты; 10 — кальциевые смектиты; 11 — натриевые смектиты; 12 — каолинит; **литология** 13 — глины алевритистые; 14 — глины известковые алевритистые; 15 — глины известковые; 16 — глины сапропелевые; 17 — песчаник; 18 — алевролиты; 19 — известняки; 20 — горючие сланцы известковистые; 21 — горючие сланцы известковые; 22 — горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОВ; 23 — песчаники с фосфатными желваками.

- 37,9–39,4 м — глина сапропелевая.

— образец состоит в основном из иллита, смектита и хлорита, возможен каолинит. Смектит Na-разности нерастворим в HCl ($d_{HCl} = 12,18 \text{ \AA}$). Хлорит слегка выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,72 \text{ \AA}$). Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 10,00 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 4,93 \text{ \AA}$)

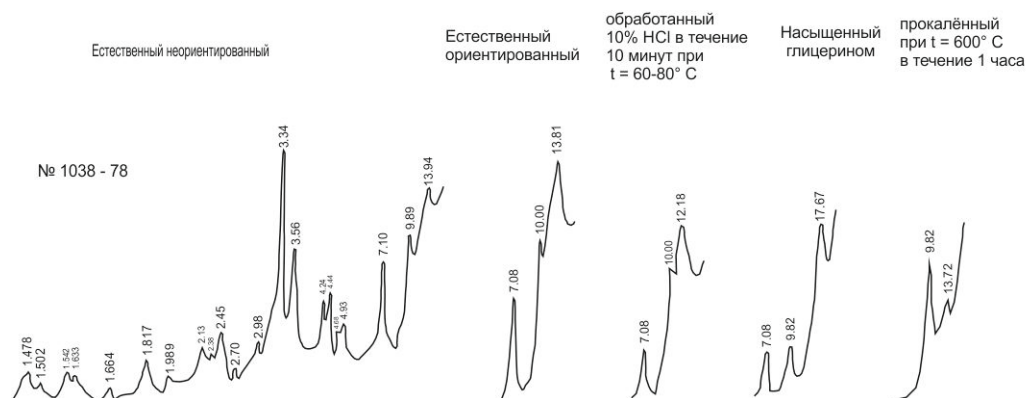


Рисунок 28 — Дифрактограмма образца, представленного глиной сапропелевой (литотип № 7)

- 39,4–39,7 м — глина известковая.

— образец состоит в основном из иллита, смектита и хлорита, возможен каолинит. Смектит Na-разности нерастворим в HCl ($d_{HCl} = 12,18 \text{ \AA}$). Хлорит слегка выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,72 \text{ \AA}$). Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 10,00 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 4,93 \text{ \AA}$;

- 39,7–40,0 м — глина сапропелевая.

— образец состоит в основном из иллита. Присутствуют также смектит и хлорит, возможно, каолинит. Смектит Na-разности нерастворим в HCl ($d_{HCl} = 12,04 \text{ \AA}$). Хлорит слегка выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,60 \text{ \AA}$). Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 10,00 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 4,94 \text{ \AA}$; $1,488 \text{ \AA}$). Возможно, в препарате имеется и каолинит ($d = 7,14 \text{ \AA}$) (Рисунок 29).

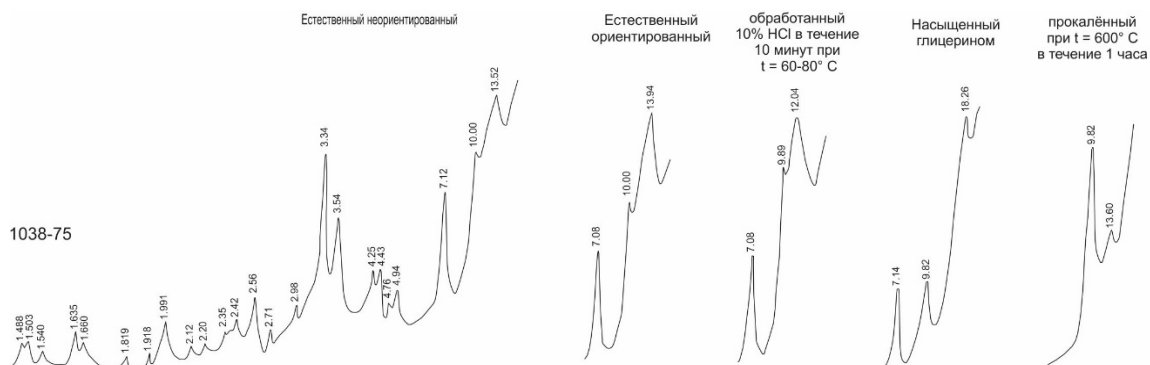


Рисунок 29 — Дифрактограмма образца, представленного
глиной сапропелевой (литотип № 7)

- 40,0–40,8 м — горючий сланец известковистый; пласт № 0.

— образец, состоит в основном из иллита. Присутствует каолинит в виде псевдогексагональных частиц, хлорит крупнопластинчатый с взаимно прорастающими элементами, смектит (рыхлые частицы, в небольшом количестве). Смектит Na-Ca-разности (d ест. ор. = 13,94 Å). Хлорит слегка выщелоченный (d 600° = 14,26 Å). Иллит (d ест.ор. = 9,87 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 1,498 Å). Каолинит (d пл. = 7,14 Å) (Рисунок 30).

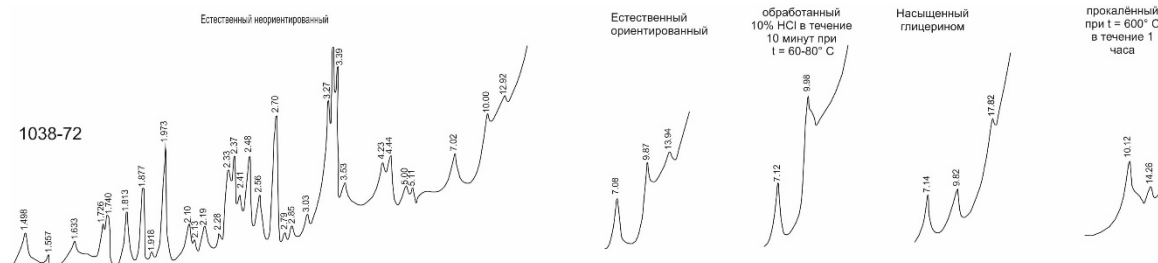


Рисунок 30 — Дифрактограмма образца, представленного горючим
сланцем известковистым (литотип № 8). Пласт № 0

- 40,8–41,4 м — алевролит с кальцитовым цементом.

— основной глинистый минерал в образце — иллит. Присутствуют также смектит и хлорит, возможно, есть каолинит. Смектит Na-разности нерастворим в HCl (d HCl = 12,56 Å). Хлорит слегка выщелоченный (d 600° = 13,81 Å). Иллит (d ест.ор. = 9,89 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 1,496 Å). Каолинит (d HCl = 7,14 Å; d пл. = 7,14 Å) (Рисунок 31).

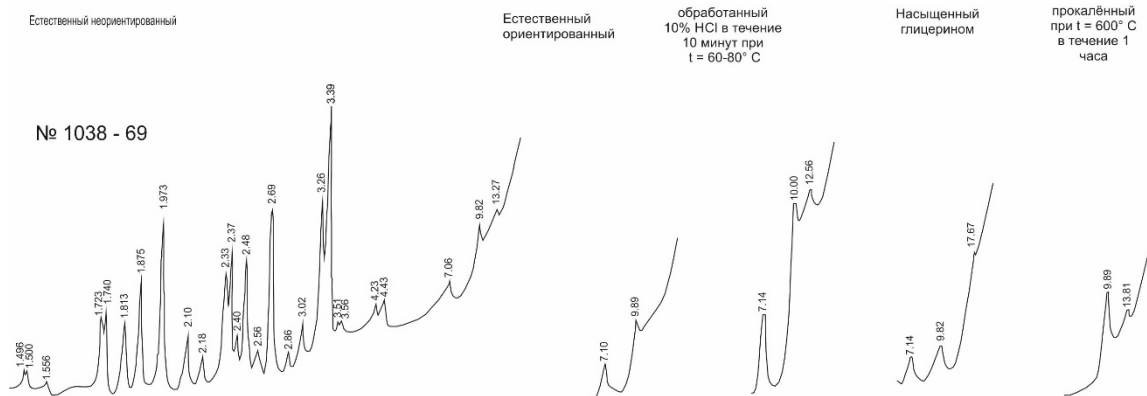


Рисунок 31 — Дифрактограмма образца, представленного
алевролитом с кальцитовым цементом (литотип № 3)

- 41,4–41,5 м — алевритисто-глинистый известняк.

— основной глинистый минерал в образце — иллит. Также выделяются смектит, хлорит и, возможно, каолинит. Смектит Na-разности нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 12,56 \text{ \AA}$). Хлорит слегка выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,81 \text{ \AA}$). Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 9,89 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 1,496 \text{ \AA}$). Возможно, в препарате имеется и каолинит ($d_{\text{HCl}} = 7,14$

- 41,5–42,0 м — глина известковая.

— образец состоит из иллита. Несколько меньшее количество хлорита и смектита. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 10,00 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 1,501 \text{ \AA}$). Смектит Na-разности нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 12,04 \text{ \AA}$). Хлорит несколько выщелоченный ($d_{600^\circ} =$

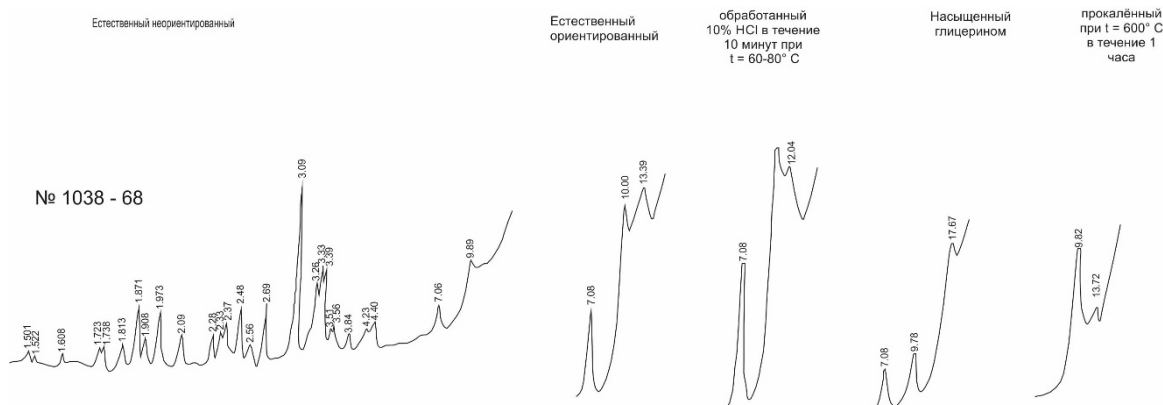


Рисунок 32 — Дифрактограмма образца, представленного глиной известковой (литотип № 6)

- 42,0–43,1 м — горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОВ; Пласт № 1.

— основной глинистый минерал, присутствующий в образце, — иллит. Хлорита и смектита в пробе содержится мало. В препарате имеется каолинит (d ест.ор. = 7,08 Å; d HCl = 7,06 Å; d гл. = 7,05 Å). Иллит (d ест.ор. = 9,98 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 4,94 Å; 1,497 Å). Смектит Са-разности (d глиц. = 18,03 Å; d ест.ор = 14,12 Å) растворим в HCl. Хлорит несколько выщелоченный (d 600° = 13,68 Å), частично нерастворим в HCl (d HCl = 14,35 Å).
Рисунок 33).

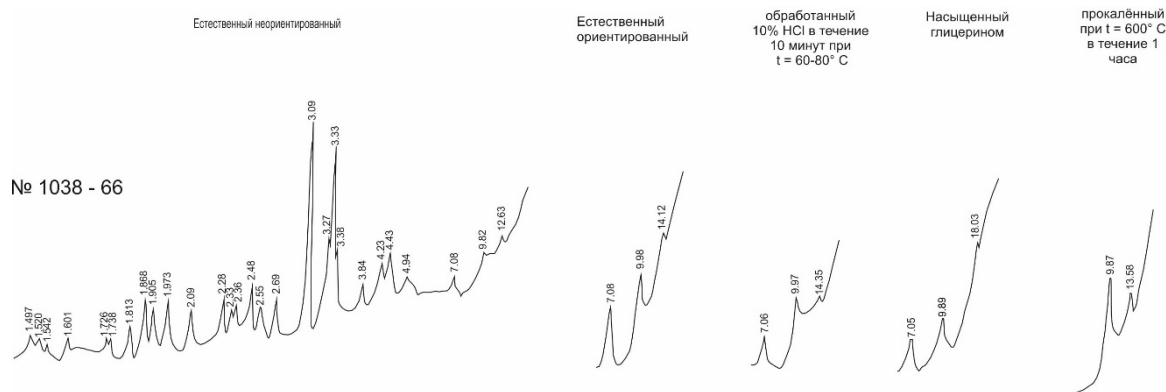


Рисунок 33 — Дифрактограмма образца, представленного горючим сланцем с наиболее высоким содержанием ОВ; пласт № 1 (литотип № 10)

- 43,1–43,6 м — глины известковистые алевритистые.

— образец состоит в основном из иллита изометрично пластинчатого, рыхлых частиц, смектита, эластичных взаимопрорастающих частиц хлорита, псевдогексагональных частиц каолинита. Иллит (d ест.ор. = 10,00 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 4,93 Å; 1,497 Å). Смектит Na-Са-разности нерастворим в HCl (d HCl = 13,11 Å). Каолинит (d ест.ор. =

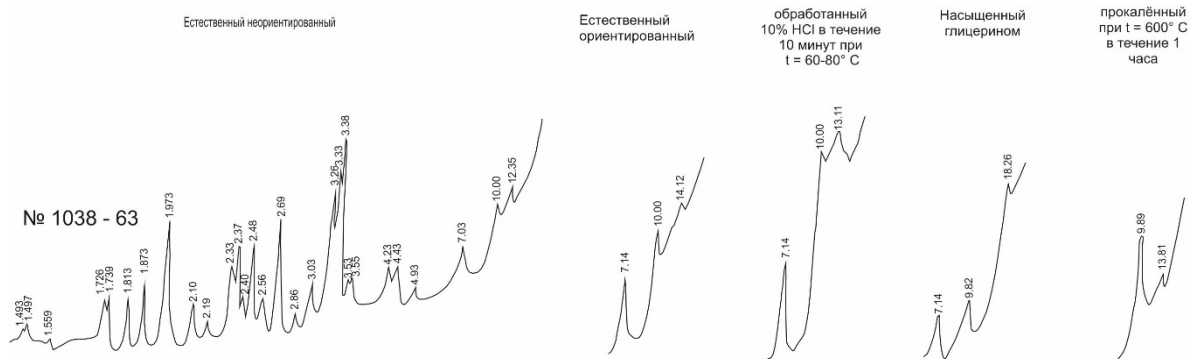


Рисунок 34 — Дифрактограмма образца, представленного глиной известковистой алевритистой (литотип № 5)

- 43,6–43,7 м — алевроитисто-глинистый известняк.

— основной глинистый минерал, присутствующий в образце, — иллит изометрично пластинчатый, рыхлые частицы смектита, эластичные взаимопрорастающие частицы хлорита, а также псевдогексагональные частицы каолинита. Иллит (d ест.ор. = 10,00 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 4,93 Å; 1,497 Å). Смектит Na-Ca-разности; нерастворим в HCl (d HCl = 13,11 Å). Каолинит (d ест.ор. = 7,14 Å; d HCl = 7,14 Å, d гл. = 7,14 Å). Хлорит несколько выщелоченный (d 600° = 13,81 Å).

- 43,7–44,0 м — алевролит с кальцитовым цементом.

— основной глинистый минерал, присутствующий в образце, — иллит и разбухающий минерал в виде рыхлых частиц (смектита или иллита с разбухающими пакетами), хлорит (эластичные частицы с взаимным прорастанием) в виде примеси. Иллит (d ест.ор. = 9,94 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 1,498 Å). Смектит Na-Ca-разности нерастворим в

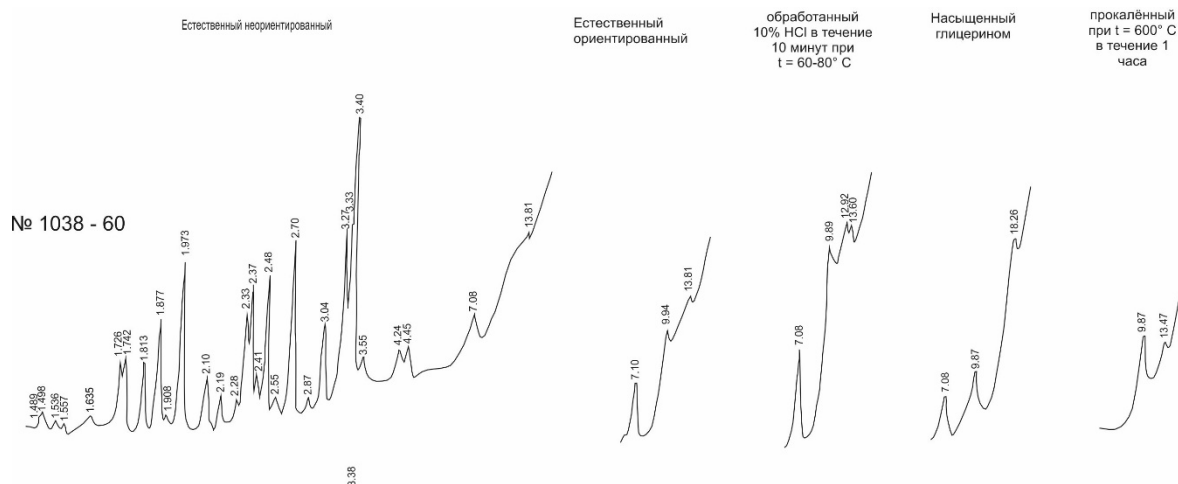


Рисунок 35 — Дифрактограмма образца, представленного алевролитом с кальцитовым цементом (литотип № 3)

- 44,0–45,0 м — глина известковая.

— образец состоит в основном из иллита и разбухающего минерала в виде рыхлых частиц (смектита или иллита с разбухающими пакетами), хлорита (эластичные частицы с взаимным прорастанием) в виде примеси. Иллит (d ест.ор. = 9,89 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 1,497 Å; 4,97 Å). Смектит Na-Ca-разности (d ест.ор. = 13,94 Å), растворим в HCl. Хлорит несколько выщелоченный (d 600° = 13,27 Å) (Рисунок 36).

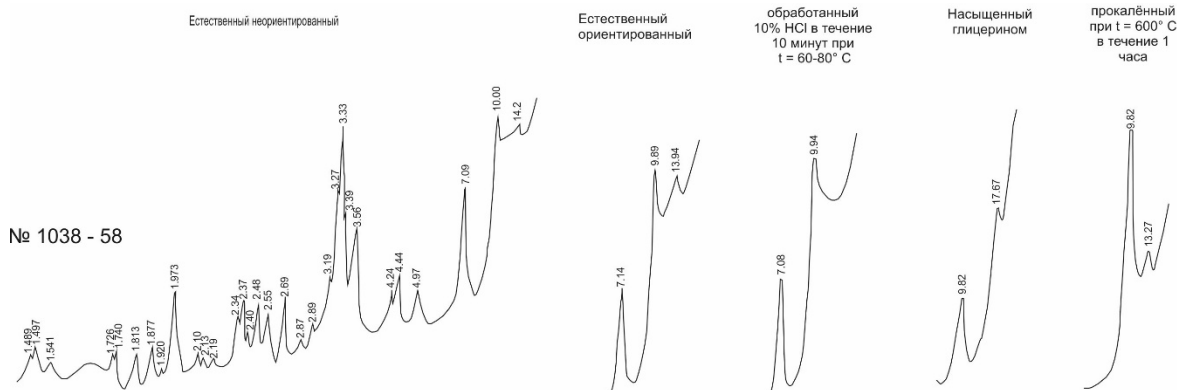


Рисунок 36 — Дифрактограмма образца, представленного глиной известковой (литотип № 6)

- 45,0–45,1 м — глина известковистая алевритистая.
— образец состоит, главным образом, из иллита. Хлорита, смектита и каолинита в пробе содержится мало. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 9,89 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 4,94 \text{ \AA}$; $1,500 \text{ \AA}$). Смектит Na-разности нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 12,35 \text{ \AA}$). Хлорит несколько выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,60 \text{ \AA}$).
- 45,1–45,3 м — глина известковая.
— образец состоит, главным образом, из иллита. Хлорита и смектита в пробе содержится мало. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 10,00 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 4,94 \text{ \AA}$; $1,500 \text{ \AA}$). Хлорит сильно выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,39 \text{ \AA}$), нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 13,81 \text{ \AA}$). Смектит Na-разности нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 12,52 \text{ \AA}$).
- 45,3–45,5 м — глина известковистая алевритистая.
— образец состоит, главным образом, из иллита. Хлорита, смектита и каолинита в пробе содержится мало. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 9,87 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 1,500 \text{ \AA}$; $4,93 \text{ \AA}$). Смектит Na-Ca-разности ($d_{\text{ест.ор.}} = 13,94 \text{ \AA}$). Хлорит ($d_{600^\circ} = 13,81 \text{ \AA}$) растворим в HCl (Рисунок 37).

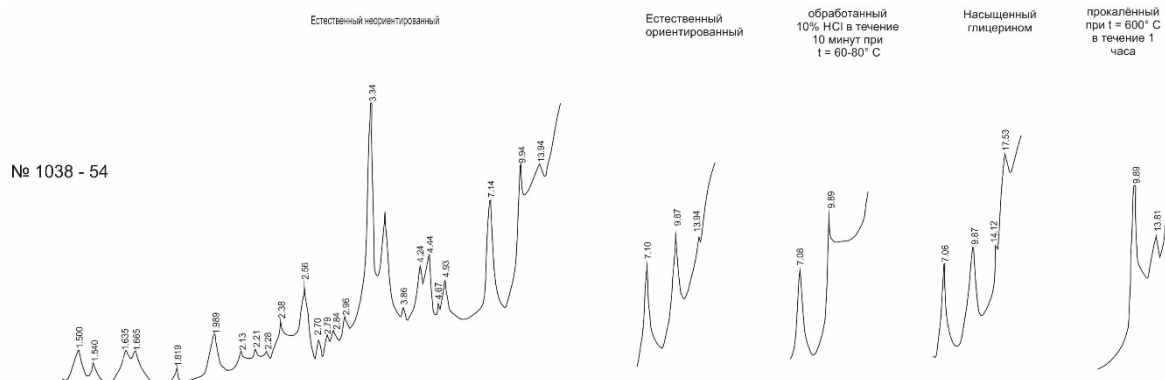


Рисунок 37 — Дифрактограмма образца, представленного глиной известковистой алевролитистой (литотип № 5)

- 45,5–46,0 м — горючие сланцы известковистые (пласт № 2, пачка № 1).
— образец состоит, в основном, из иллита изометричнопластинчатого. Присутствуют также смектит, хлорит и немного каолинита. Иллит (d ест.ор. = 9,89 Å; d 600° = 10,00 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 1,498 Å; 4,97 Å). Смектит Na-разности нерастворим в HCl (d HCl = 12,18 Å). Хлорит (d 600° = 13,60 Å) (Рисунок 38).

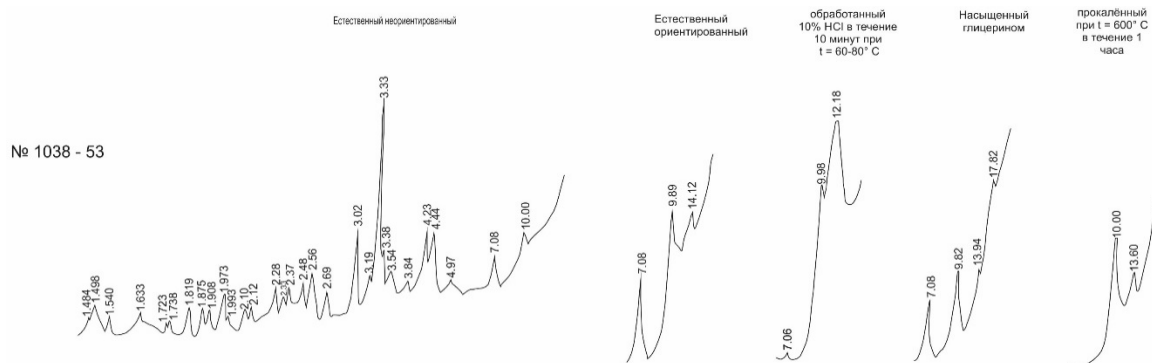


Рисунок 38 — Дифрактограмма образца, представленного горючим сланцем известковистым пласт № 2, пачка № 1 (литотип № 8)

- 46,0–46,5 м — глина сапропелевая.
— образец состоит из иллита. Хлорита и смектита в пробе содержится мало. Иллит (d ест.ор. = 9,89 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 4,93 Å; 1,502 Å). Хлорит сильно выщелоченный (d 600° = 13,39 Å), нерастворим в HCl (d HCl = 14,12 Å). Смектит Na-разности нерастворим в HCl (d HCl = 12,38 Å). Каолинит (d HCl = 7,12 Å; d ест.ор. = 7,12 Å; d гл. Рисунок 39).

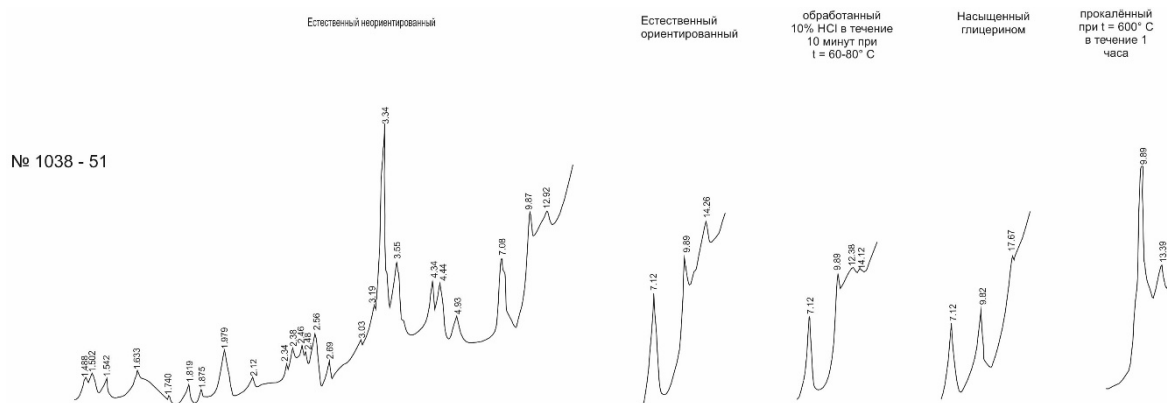
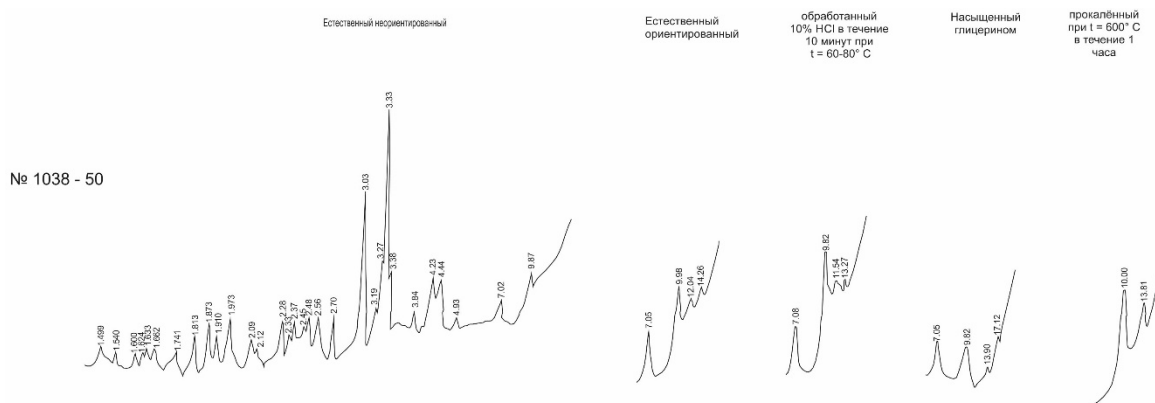


Рисунок 39 — Дифрактограмма образца,
представленного глиной сапропелевой (литотип № 7)

- 46,5–47,0 м — горючие сланцы известковистые (пласт № 2, пачка № 2).
— образец состоит в основном из иллита изометричнопластинчатого. В небольшом количестве присутствует хлорит и смектит, каолинит. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 9,98 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 4,93 \text{ \AA}$; $1,499 \text{ \AA}$). Смектит Na-разности ($d_{\text{ест.ор.}} = 12,04 \text{ \AA}$) нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 13,27 \text{ \AA}$). Хлорит сильно выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,81 \text{ \AA}$)



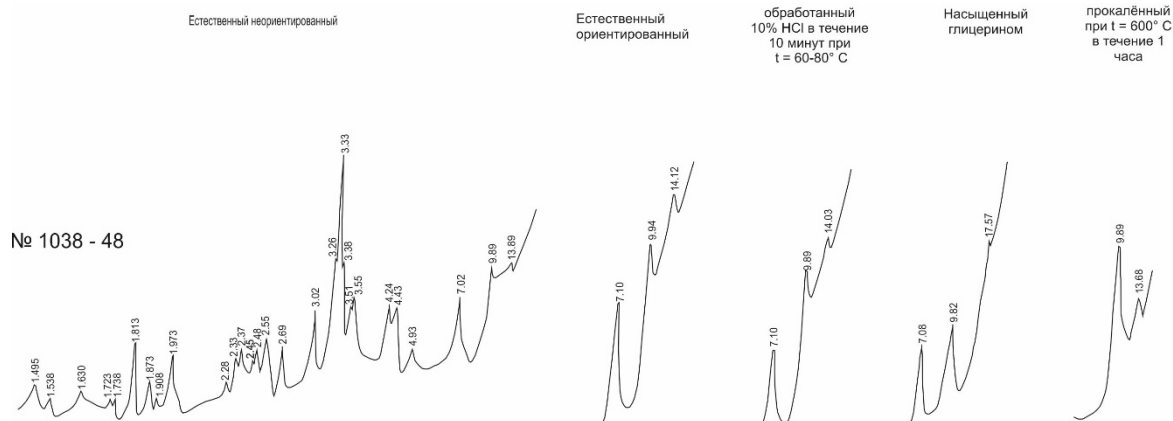


Рисунок 41 — Дифрактограмма образца, представленного
глиной сапропелевой (литотип № 7)

- 47,7–50,3 м — глина известковая.

— образец состоит из иллита. Сметкита и хлорита в пробе содержится меньше. Иллит (d ест.ор. = 9,94 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 5,00 Å; 1,500 Å). Хлорит слегка выщелоченный (d 600° = 13,81 Å), нерастворим в HCl (d HCl = 14,35 Å). Сметкит Na-Ca-разности (d ест.ор. = 13,94 Å). Каолинит (d HCl = 7,14 Å; d ест.ор. = 7,14 Å) (Рисунок 42).

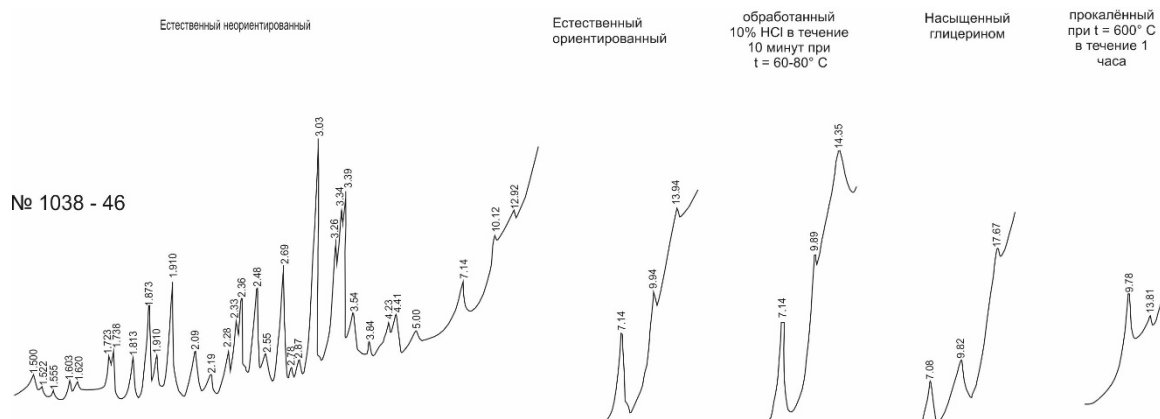


Рисунок 42 — Дифрактограмма образца, представленного
глиной известковой (литотип № 6)

- 50,3–51,0 м — горючие сланцы известковистые (пласт № 3, пачка № 1).

— образец состоит из иллита. Хлорита в пробе содержится мало; сметкит присутствует в виде примеси. Иллит (d ест.ор. = 9,89 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 4,96 Å; 1,493 Å). Хлорит слегка выщелоченный (d 600° = 13,81 Å), нерастворим в HCl (d HCl = 14,35 Å). Сметкит Na-разности нерастворим в HCl (d HCl = 12,35 Å) (Рисунок 43).

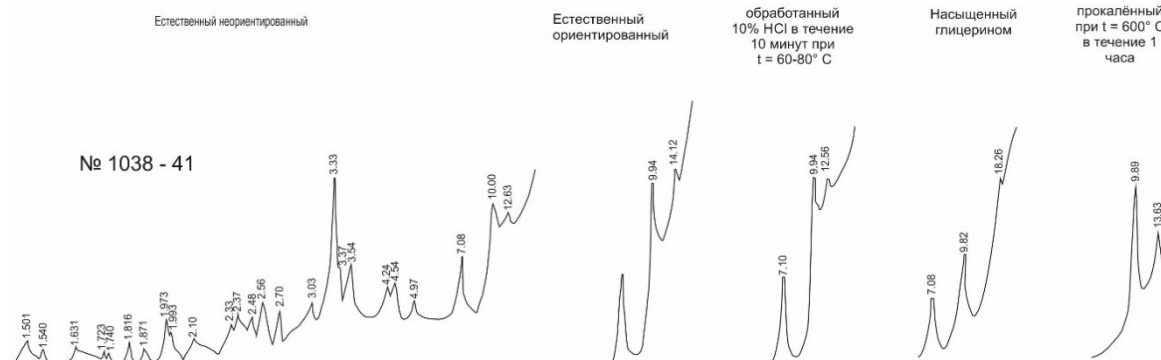


Рисунок 43 — Дифрактограмма образца, представленного горючим сланцем известковым, пласт № 3, пачка № 1 (литотип № 8)

- 51,0–51,4 м — глина известковая.

— образец состоит из иллита. Хлорита в пробе содержится мало; смектит присутствует в виде примеси. Иллит (d ест.ор. = 9,89 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 4,96 Å; 1,493 Å). Хлорит слегка выщелоченный (d 600° = 13,81 Å), нерастворим в HCl (d HCl = 13,94 Å). Смектит Na-разности нерастворим в HCl (d HCl = 12,35 Å). Каолинит (d гл. = 7,14 Å)

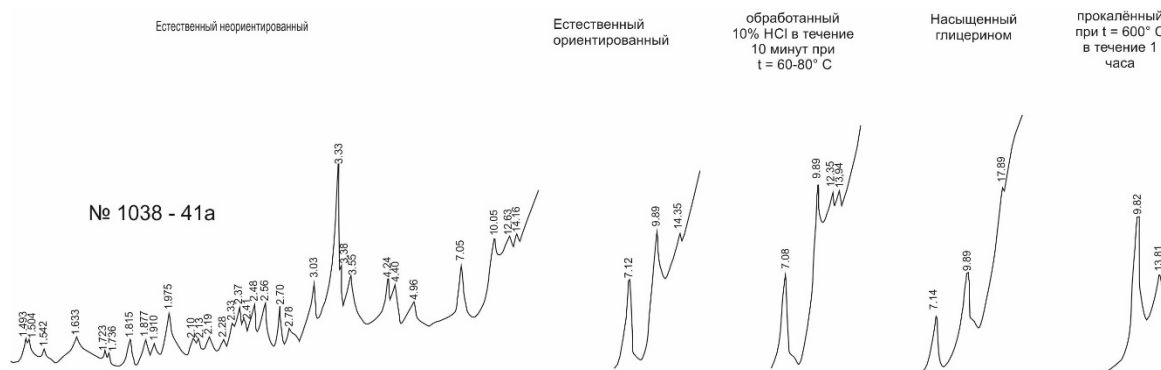


Рисунок 44 — Дифрактограмма образца, представленного глиной известковой (литотип № 6)

- 51,4–52,4 м — горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОВ (пласт № 3, пачка № 2).

— образец состоит из иллита. Хлорита, смектита и каолинита в пробе содержится мало. Иллит (d ест.ор. = 9,87 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 4,94 Å; 1,502 Å). Хлорит (d 600° = 13,94 Å) нерастворим в HCl (d HCl = 14,12 Å). Смектит Ca-разности (d гл. = ест.ор. = 14,12 Å). Каолинит (d HCl = 7,14 Å) (Рисунок 45).

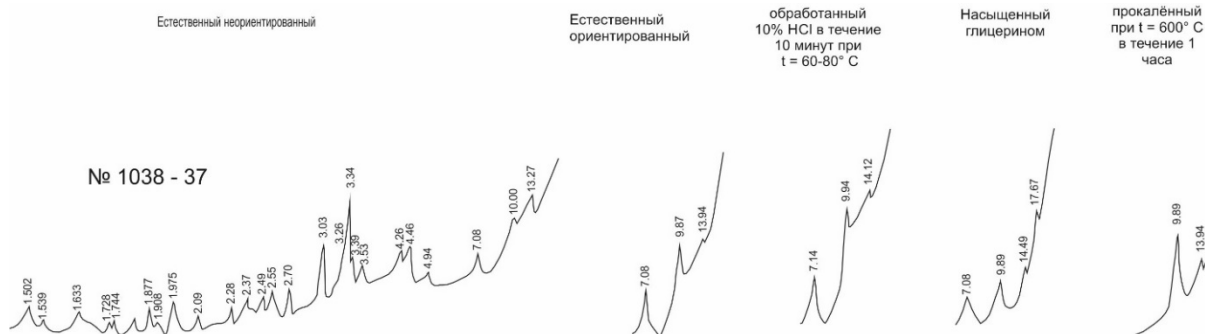


Рисунок 45 — Дифрактограмма образца, представленного горючими сланцами с наиболее высоким содержанием ОВ, пласт № 3, пачка № 2 (литотип № 10)

- 52,4–52,8 м — глина сапропелевая.
— образец состоит, главным образом, из иллита. Каолинита в пробе содержится значительно меньше. Хлорита и смектита в препарате присутствует очень мало. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 9,87 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 4,96 \text{ \AA}$; $1,493 \text{ \AA}$). Смектит Са-разности ($d_{\text{гл.}} = 18,03 \text{ \AA}$; $d_{\text{ест.ор.}} = 14,12 \text{ \AA}$). Хлорит слегка выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,81 \text{ \AA}$), растворим в HCl. Каолинит ($d_{\text{ест.ор.}} = 7,12 \text{ \AA}$) (Рисунок 46).

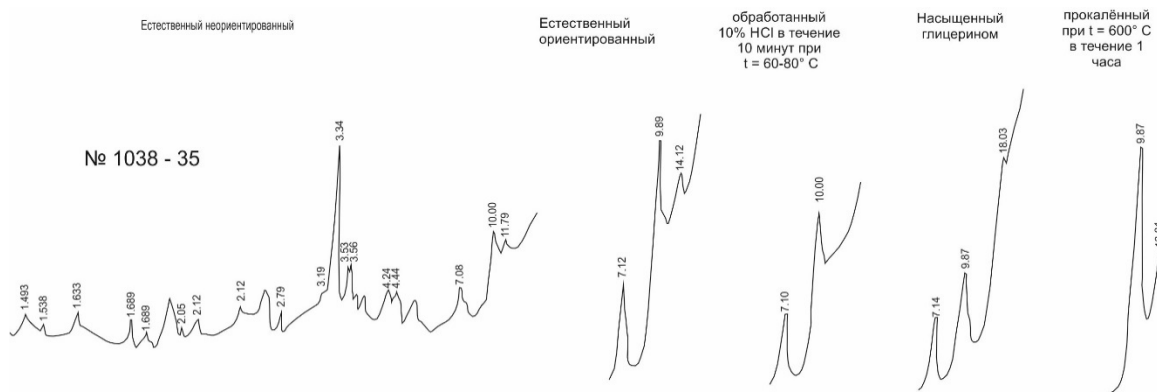


Рисунок 46 — Дифрактограмма образца, представленного глиной сапропелевой (литотип № 7)

- 52,8–53,4 м — горючие сланцы известковистые (пласт № 3, пачка № 3).
— образец состоит, главным образом, из иллита. Хлорита и смектита в пробе содержится мало. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 9,89 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 4,91 \text{ \AA}$; $1,500 \text{ \AA}$). Хлорит почти свежий ($d_{600^\circ} = 13,94 \text{ \AA}$), нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 14,12 \text{ \AA}$). Смектит разности ($d_{\text{HCl}} = 12,04 \text{ \AA}$) (Рисунок 47).

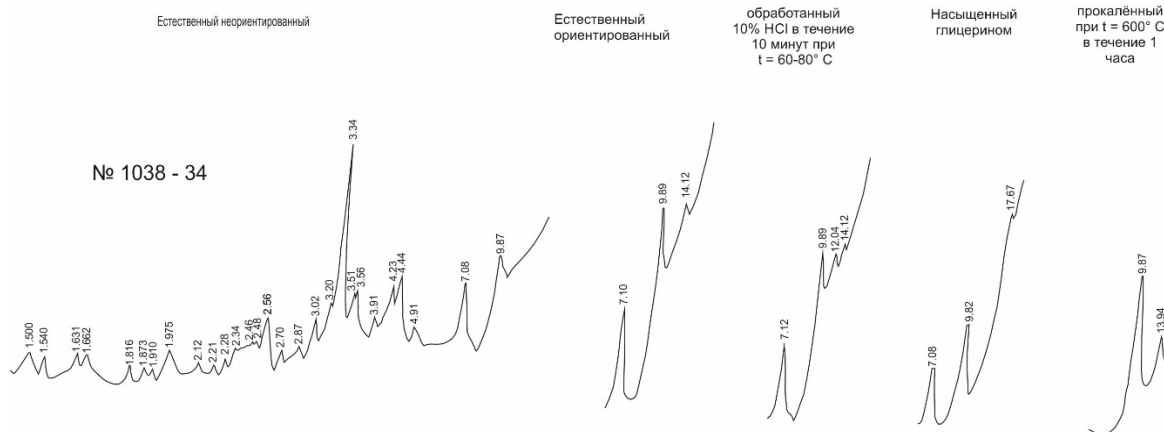


Рисунок 47 — Дифрактограмма образца, представленного горючим сланцем известковистым, пласт № 3, пачка № 3 (литотип № 8)

- 53,4–53,7 м — глина сапропелевая.

— образец состоит, главным образом, из иллита. Хлорита, смектита и каолинита в пробе содержится мало. Иллит (d ест.ор. = 10,00 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 1,498 Å). Хлорит слегка выщелоченный (d 600° = 13,68 Å). Смектит Na-разности (d ест.ор. = 12,70 Å). Каолинит (d ест.ор. = 7,08 Å; (d HCl = 7,08 Å; d гл. = 7,08 Å) (Рисунок 48).

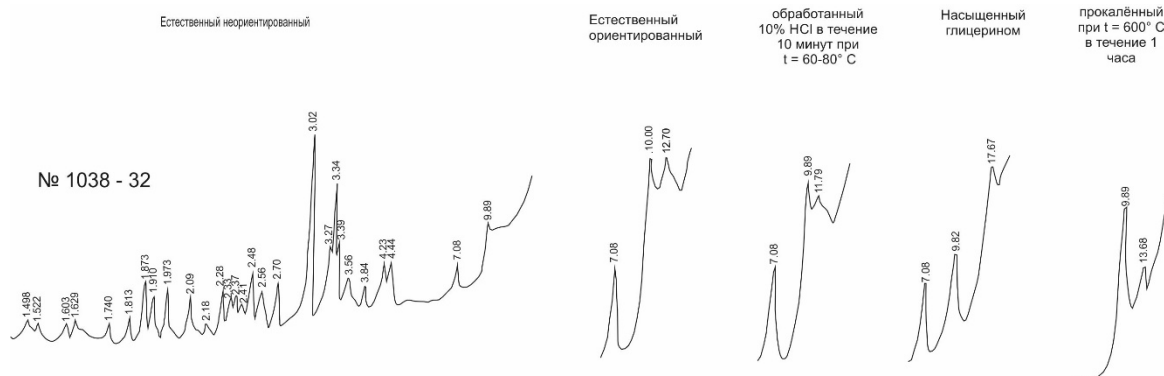


Рисунок 48 — Дифрактограмма образца, представленного глиной сапропелевой (литотип № 7)

- 53,7–54,7 м — горючие сланцы известковистые (пласт № 3, пачка № 4).

— образец состоит из иллита. Хлорита и смектита в пробе содержится значительно меньше. Иллит (d ест.ор. = 10,00 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 4,91 Å; 1,500 Å). Хлорит (d 600° = 13,94 Å) нерастворим в HCl (d HCl = 13,81 Å). Смектит Na-Ca-разности ест.ор. = 13,94 Å). Каолинит (d HCl = 7,12 Å) (Рисунок 49).

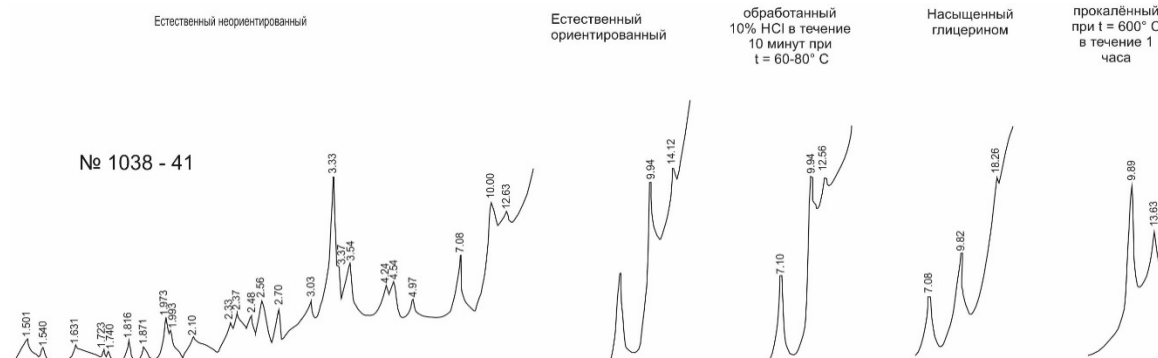


Рисунок 49 — Дифрактограмма образца, представленного
горючими сланцами известковистыми (литотип № 8)

- 54,7–56,8 м — глина известковая.
— образец состоит, главным образом, из иллита. Хлорита и смектита в пробе содержится мало. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 10,05 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 4,94 \text{ \AA}$; $1,494 \text{ \AA}$). Смектит Na-Ca-разности ($d_{\text{ест.ор.}} = 13,94 \text{ \AA}$). Хлорит ($d_{600^\circ} = 13,94 \text{ \AA}$) нерастворим в

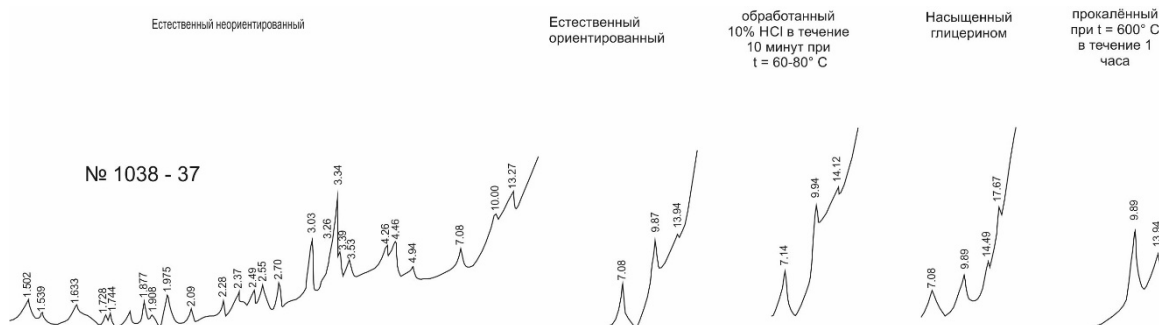


Рисунок 50 — Дифрактограмма образца, представленного
глиной известковой (литотип № 6)

- 56,8–58,5 м — глина сапропелевая.
1038/24a — образец состоит, главным образом, из иллита. Хлорита и смектита в пробе содержится мало. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 9,98 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности $9,87 \text{ \AA}$. Хлорит ($d_{600^\circ} = 13,94 \text{ \AA}$) нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 13,68 \text{ \AA}$). Смектит Na-Ca-разности

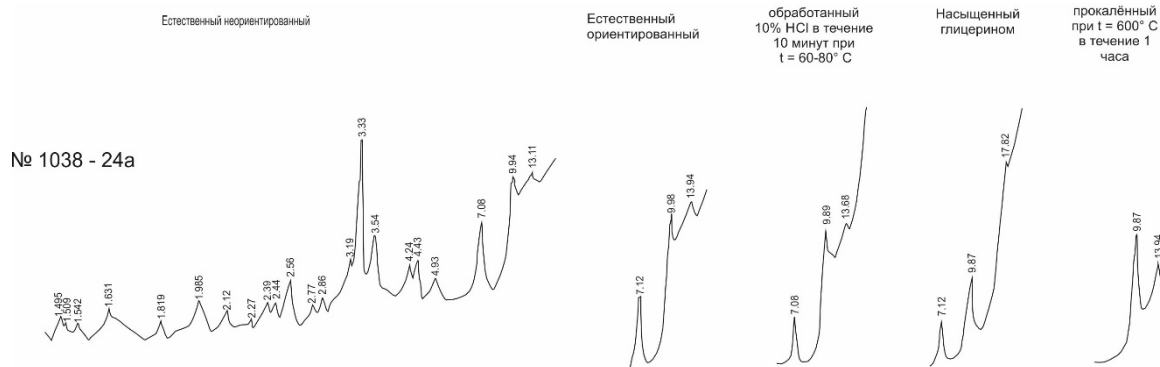


Рисунок 51 — Дифрактограмма образца, представленного
глиной сапропелевой (литотип № 7)

- 58,5–59,8 м — горючие сланцы известковые (пласт № 4).

— основной глинистый минерал, присутствующий в образце, — иллит. Каолинита и хлорита в пробе содержится мало. Сметтит в препарате присутствует в виде примеси. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 9,94 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 4,94 \text{ \AA}$; $1,502 \text{ \AA}$). Хлорит слегка выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,81 \text{ \AA}$) нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 13,94 \text{ \AA}$). Каолинит ($d_{\text{HCl}} = 7,14 \text{ \AA}$). Сметтит Na-разности нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 12,04 \text{ \AA}$) (Рисунок 52).

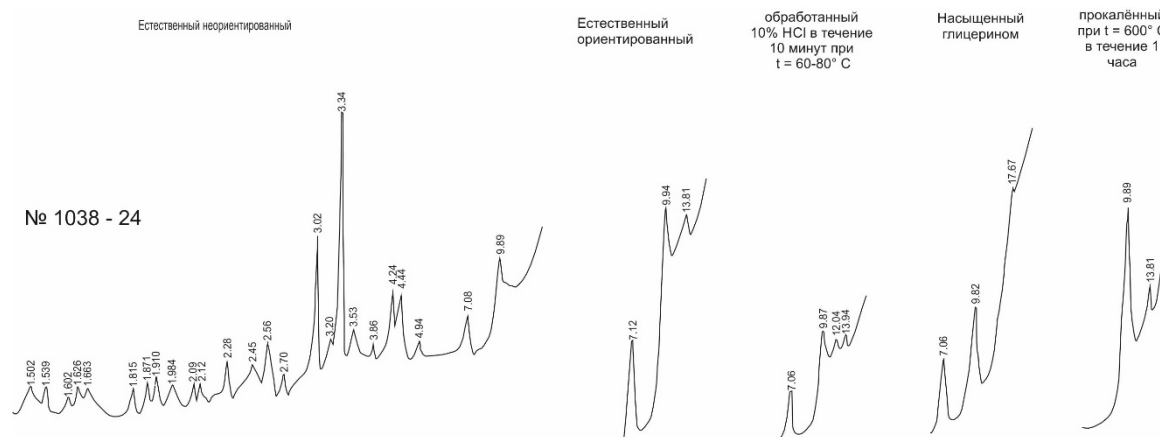


Рисунок 52 — Дифрактограмма образца, представленного горючими сланцами известковыми,
пласт № 4 (литотип № 9)

- 59,8–61,2 м — глина сапропелевая.

— образец состоит из иллита. Хлорита, сметтита и каолинита в пробе содержится мало. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 9,98 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 4,94 \text{ \AA}$; $1,497 \text{ \AA}$). Сметтит Na-разности нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 14,35 \text{ \AA}$). Хлорит слегка выщелоченный (d_{600° Рисунок 53).

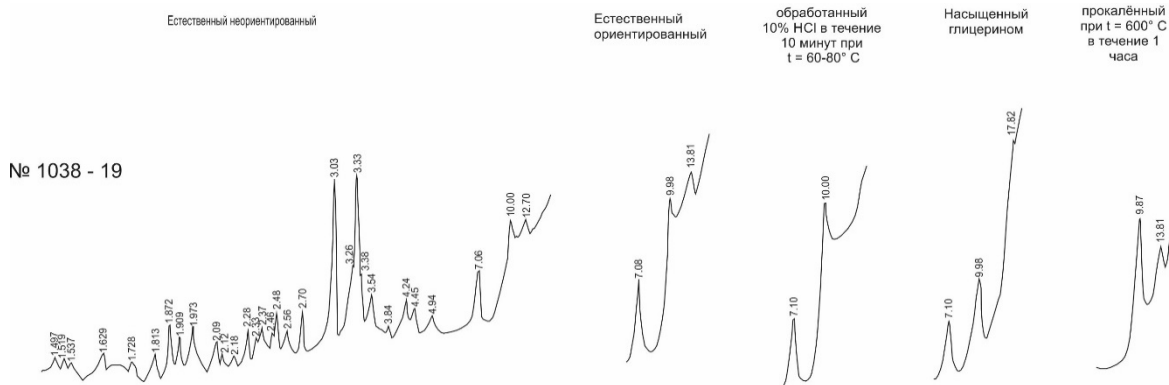


Рисунок 53 — Дифрактограмма образца, представленного
глиной сапропелевой (литотип № 7)

- 61,2–62,5 м — горючие сланцы известковые (пласт № 5).
— основной глинистый минерал, присутствующий в образце, — иллит. Хлорита, смектита и каолинита в пробе содержится мало. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 10,00 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест. неор.}} = 4,93 \text{ \AA}$; $1,502 \text{ \AA}$). Хлорит слегка выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,94 \text{ \AA}$), нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 14,12 \text{ \AA}$). Смектит Na-Ca-разности ($d_{\text{ест.ор.}} = 13,94 \text{ \AA}$) растворим в

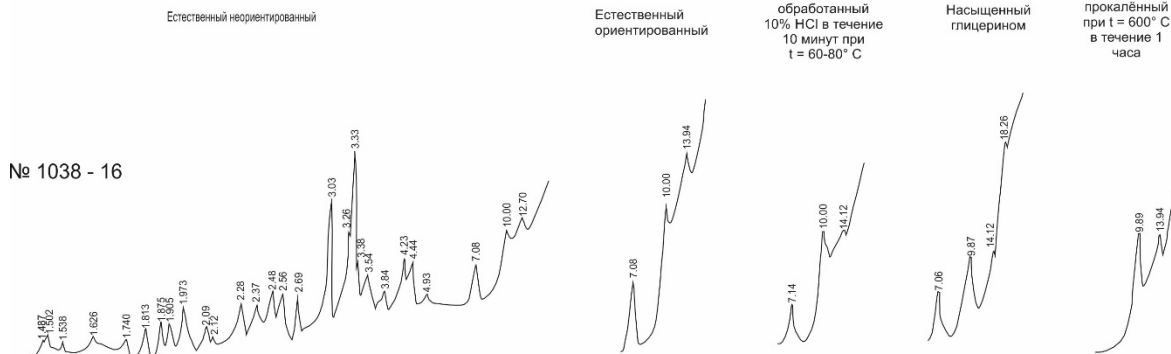


Рисунок 54 — Дифрактограмма образца, представленного горючими сланцами известковыми,
пласт № 5 (литотип № 9)

- 62,5–62,9 м — глины сапропелевые.
— образец состоит, главным образом, из иллита. Хлорита и смектита в пробе содержится мало. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 10,00 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 4,94 \text{ \AA}$; $1,505 \text{ \AA}$). Хлорит сильно выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,39 \text{ \AA}$), нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 13,94 \text{ \AA}$). Смектит Ca-разности ($d_{\text{гл}} = 17,67 \text{ \AA}$). Каолинит ($d_{\text{HCl}} = 7,14 \text{ \AA}$) (Рисунок 55).

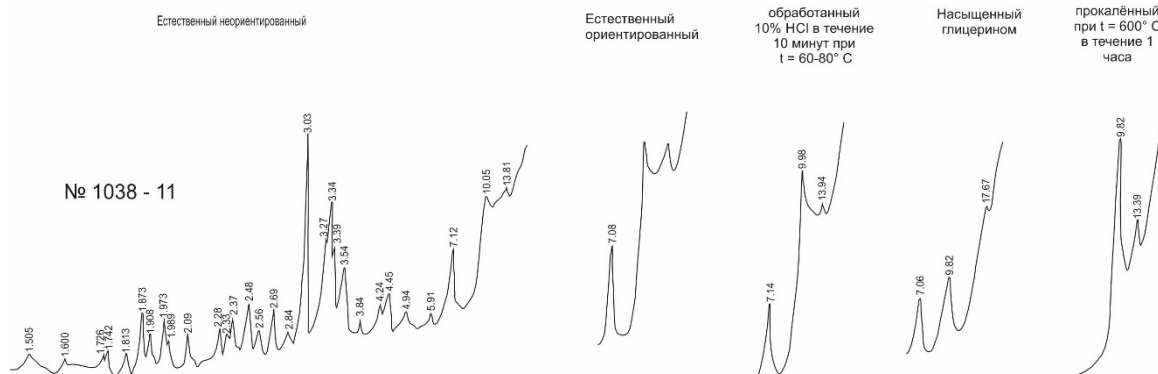


Рисунок 55 — Дифрактограмма образца, представленного
глиной сапропелевой (литотип № 7)

- 62,9–64,0 м — глина известковая.

1038/9a — образец состоит из смектита, хлорита и иллита. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 9,89 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест.неор.}} = 4,94 \text{ \AA}$; $1,500 \text{ \AA}$). Смектит Na-разности ($d_{\text{глиц.}} = 17,53 \text{ \AA}$) нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 12,63 \text{ \AA}$). Хлорит слегка выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,81 \text{ \AA}$).

- 64,0–64,2 м — алевроитисто-глинистый известняк.

— основной глинистый минерал, присутствующий в образце, — смектит Ca-разности ($d_{\text{гл.}} = 17,46 \text{ \AA}$); он нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 13,27 \text{ \AA}$). В пробе отмечается незначительное количество сильно выщелоченного хлорита ($d_{600^\circ} = 13,27 \text{ \AA}$) и, вероятно, иллит ($d_{\text{ест.неор.}} = 10,00 \text{ \AA}$)

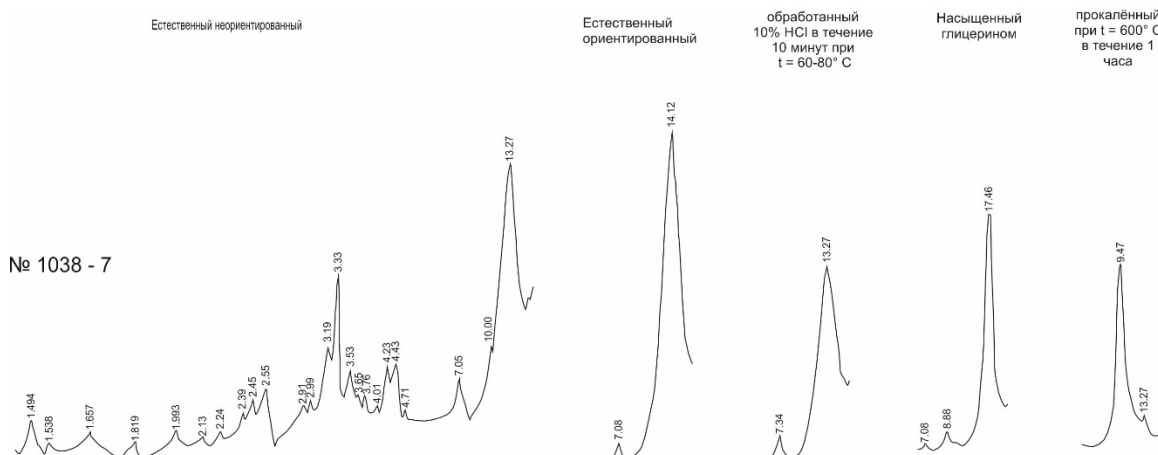


Рисунок 56 — Дифрактограмма образца, представленного
алевритисто-глинистым известняком (литотип № 11)

- 64,2–65,0 м — глина известковая.

1038/6а — образец почти нацело сложен смектитом Na-разности (d ест.ор. = 12,63 Å); он нерастворим в HCl (d HCl = 12,18 Å). В виде небольшой примеси в пробе отмечается хлорит

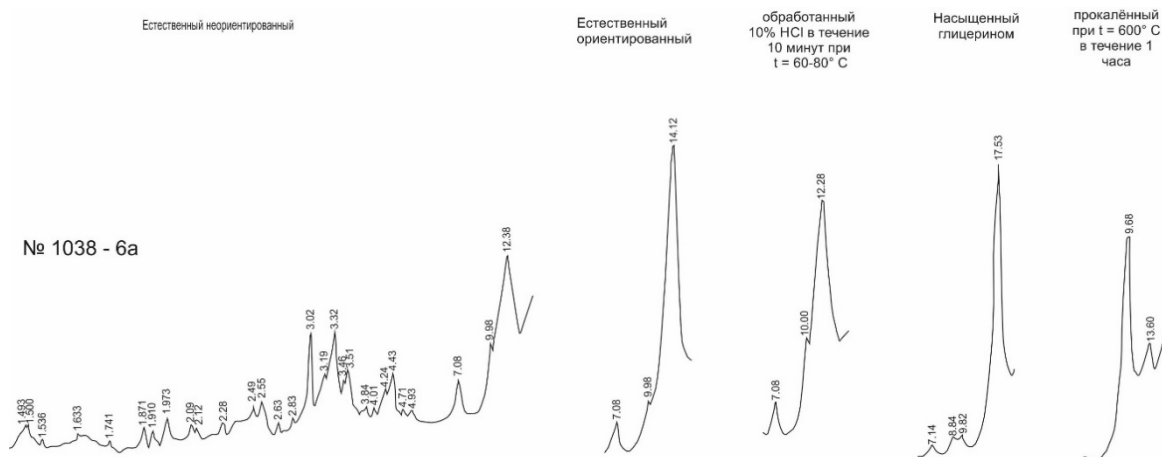


Рисунок 57 — Дифрактограмма образца, представленного глиной известковой (литотип № 6)

- 65,0–65,5 м — песчаники с фосфатными желваками.

— образец состоит из иллита, хлорита и смектита. Иллит (d ест.ор. = 9,98 Å) относится к диоктаэдрической разновидности (d ест.неор. = 4,94 Å; 1,498 Å), содержит в своей решетке до 10 % разбухающих пакетов (d гл. = 9,87 Å). Смектит Na-разности нерастворим в HCl (d HCl = 12,70 Å). Хлорит почти свежий (d 600° = 13,94 Å), нерастворим в HCl (d HCl = 13,94 Å) (Рисунок

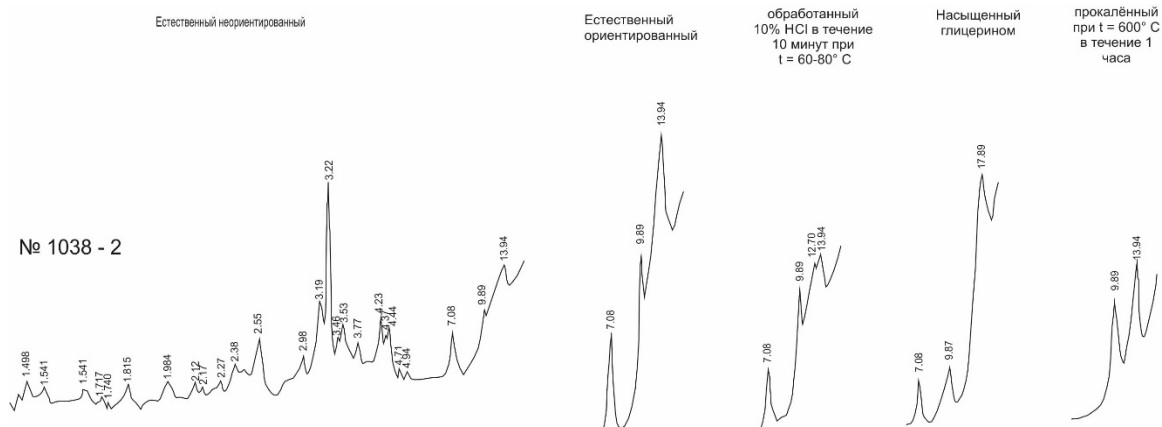


Рисунок 58 — Дифрактограмма образца, представленного песчаниками с фосфатными желваками (литотип № 1)

- 65,5–69,0 м — переслаивание глин известковистых алевроитистых, алевролитов и известняков.

— образец состоит из иллита, хлорита и смектита. Иллит ($d_{\text{ест.ор.}} = 9,98 \text{ \AA}$) относится к диоктаэдрической разновидности ($d_{\text{ест. неор.}} = 4,98 \text{ \AA}$; $1,498 \text{ \AA}$), содержит в своей решетке 10 % разбухающих пакетов ($d_{\text{гл}} = 9,82 \text{ \AA}$). Хлорит слегка выщелоченный ($d_{600^\circ} = 13,81 \text{ \AA}$), нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 14,12 \text{ \AA}$). В его решетке содержится значительное количество Fe (возрастает интенсивность отражения 001 после прокаливания). Смектит Na-Ca-разности нерастворим в HCl ($d_{\text{HCl}} = 13,92 \text{ \AA}$) (Рисунок 59).

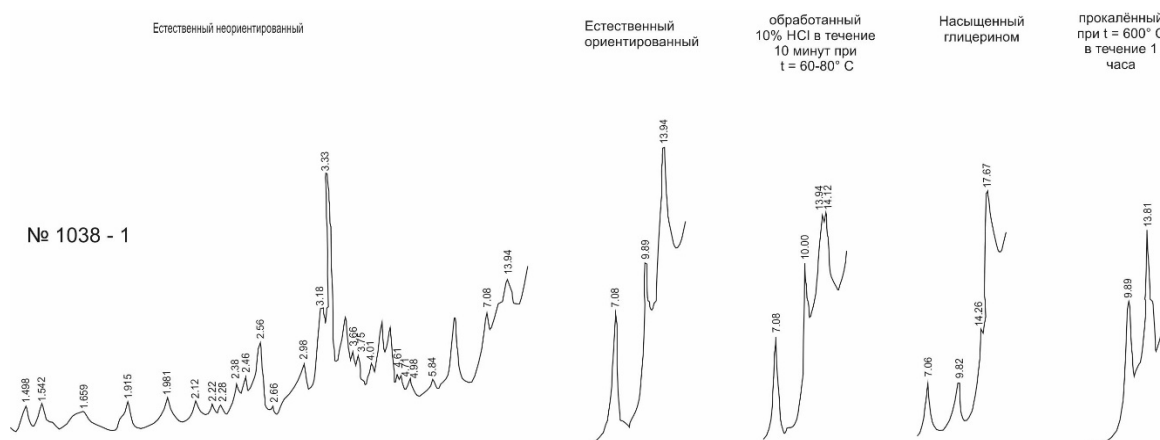


Рисунок 59 — Дифрактограмма образца, представленного глиной известковистой алевроитистой (литотип № 5)

По сравнению с Перелюбским месторождением разрез здесь значительно сокращен, его мощность составляет 20–40 м. Выделяются пять продуктивных пластов, которые сопоставляются с верхней половиной Перелюбского месторождения и определяются как верхний сланценосный горизонт [17]. В составе глинистых минералов почти постоянно доминирует иллит, большую роль играют смектиты и хлорит, эпизодически появляется каолинит. В основании разреза выделяется зона, охватывающая нижнюю часть продуктивной толщи (ниже пятого продуктивного пласта), для которой характерна доминирующая роль смектитов вплоть до полного их преобладания в составе фракции $<0,001 \text{ мм}$. В отдельных образцах содержание смектитов снижается до 40–50 % за счет возрастающих концентраций хлорита или иллита, также спорадически встречается каолинит. Предполагается, что рассматриваемая часть разреза сопоставляется со второй пачкой Перелюбского месторождения и «Городища».

Еще одна зона с аномальным составом парагенезиса глинистых минералов в стратиграфическом отношении охватывает нижние фрагменты третьего продуктивного пласта и

подстилающие известковистые глины с кокколитами общей мощностью 2,1 м. Для них характерна *хлорит-иллитовая* минеральная ассоциация, а отличительной особенностью является наличие прослоев, содержащих разновидности смектитов с Na в качестве обменного катиона, ранее не обнаруживавшиеся в породах сланценосной толщи. Основным диагностический рефлекс комплексом диагностический рефлекс d_{001} изменяется от 12,92 до 13,94 Å [45, 71]. Примечательно, что в шлифах из вмещающих пород установлены включения вулканического стекла (фото 4) [16, 17], остроугольные мелкие зерна кварца, преобразованные пепловые частицы и гейландит из группы цеолитов (фото 33, 34).

Описанная зона может быть сопоставлена с четвертым продуктивным пластом Перелюбского месторождения, а также третьей (и, возможно, нижней частью четвертой) пачкой разрезов «Городище» и «Кайгородок» в Сысольской впадине на севере ВЕП. В составе минеральных ассоциаций указанной пачки характерным признаком указана примесь клиноптилолита из группы цеолитов [120]. По мнению Е. В. Щепетовой, минеральные парагенезисы, обогащенные смектитами и включающие цеолиты, следует связывать с многочисленными остатками микрофауны с кремневым скелетом в отложениях сланценосной толщи. Другой вариант развития события — обильное поступление пеплового материала с источников сноса, как уже отмечалось ранее. Большая часть пеплового материала претерпела разного рода трансформации и перешла в Na-, Na-Ca-смектиты, однако в редких случаях встречаются реликты пеплового материала — вулканическое стекло, гейландит [71, 74].

Таким образом, в отложениях волжской сланценосной толщи выделяется зона со своеобразным минеральным составом пелитовой фракции. Региональный характер распространения, наличие минералов группы цеолитов и смектитов с Na- и Na-Ca-катионами в составе на Коцебинском месторождении, а также продукты переработки вулканического стекла и пепловых частиц позволяют выдвинуть предположение об участии пирокластики в формировании аутигенных минералов рассматриваемой пачки.

3.3. Цикличность

Главной особенностью всех шести разрезов рассматриваемых месторождений горючих сланцев является их ритмичное строение. Во всей толще в целом могут быть выделены циклиты нескольких масштабов [65] в зависимости от их мощности и длительности формирования. К мезоциклитам относятся пачки с пластами горючих сланцев либо пачки, которые выделяются на отдельных этапах развития комплексов пород. Они прослежены [32] на Восточно-Европейской платформе далеко за пределами рассматриваемой территории.

Элементарные циклиты состоят из чередования от 2 до 4 литотипов мощностью от 0,9 до 4 м и осложняют строение мезоциклитов. Внутри элементарного циклита также зачастую выделяются диаастемы — перерывы в осадконакоплении без размыва ранее накопившихся осадков. Их появление обусловлено резкими изменениями процессов осадконакопления — наличием эвстатических колебаний, изменением объема поступающего терригенного материала из источников сноса или колебанием биопродуктивности бассейна.

Также, в свою очередь, элементарные циклиты подразделяются на проциклиты и рециклиты [75]. Проциклиты — это циклиты, начинающиеся на фоне наиболее низкого уровня стояния воды в морском бассейне. Рециклиты — циклиты, начинающиеся на фоне наиболее высокого уровня стояния воды в морском бассейне. Наиболее полная последовательность развития проциклитов и рециклитов отображена на рисунке 60. Микроциклиты характеризуются наиболее простым строением, как правило, они образованы чередованием слойков с различным соотношением глинистого и органического материала. Их толщина варьирует от долей миллиметра до 2–3 см.

На основании схемы распределения литотипов (Рисунок 61) ритмично построенные слоевые ассоциации были прослежены на всей изучаемой территории. Установлено, что на ней распространены слоевые ассоциации двух типов: симметричные циклиты, которые образованы в результате непрерывного процесса осадконакопления, и асимметричные ассоциации, внутри которых наблюдаются межслоевые диаастемы.

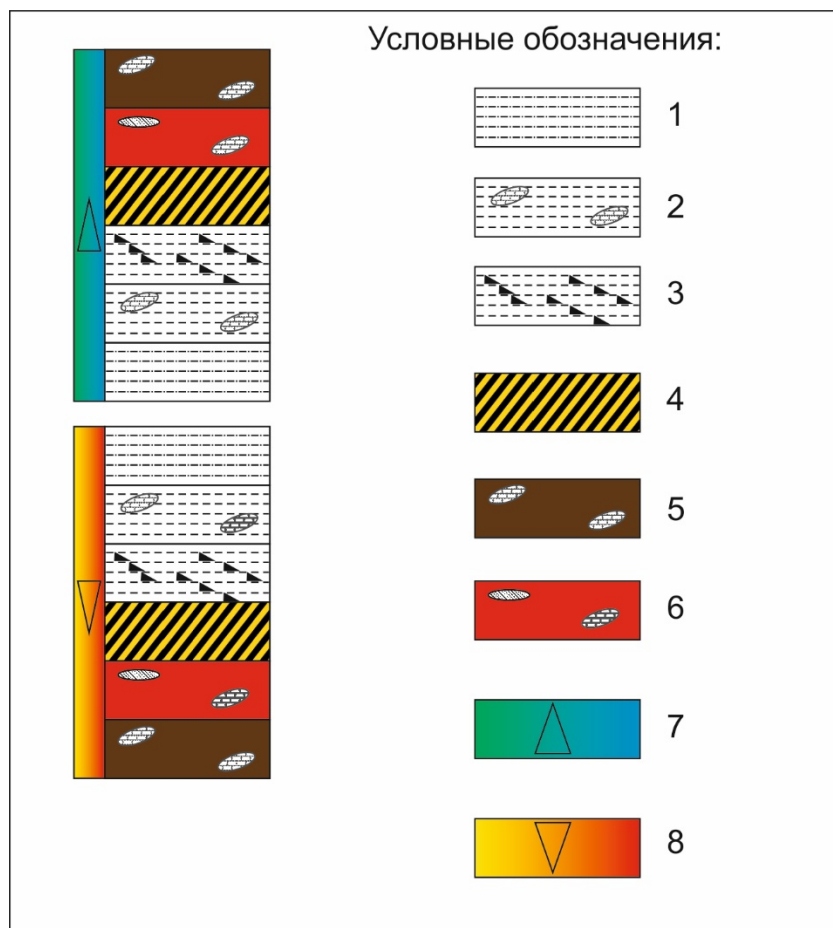


Рисунок 60 — Типы циклитов (по Ю. Н. Карагодину, 1980 г., рисунок с изменениями)

Условные обозначения: 1 — глины алевроитистые; 2 — глины известковые; 3 — глины сапропелевые; 4 — Горючие сланцы известковистые; 5 — горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОВ; 6 — горючие сланцы известковые; 7 — проциклит; 8 — рециклит

Симметричные и асимметричные слоевые ассоциации редко выдержаны в пределах изученных месторождений, чаще они образуют сложные сочетания. Это обусловлено совместным влиянием на процесс седиментации нескольких факторов. К ним относятся: гидродинамическая активность водной среды, интенсивность поступления терригенного материала, а также геохимические условия во время седиментогенеза и диагенеза.

Установленные закономерности, характеризующие распространение цикличности по латерали и вертикали в изучаемых месторождениях, позволяют сделать следующие выводы.

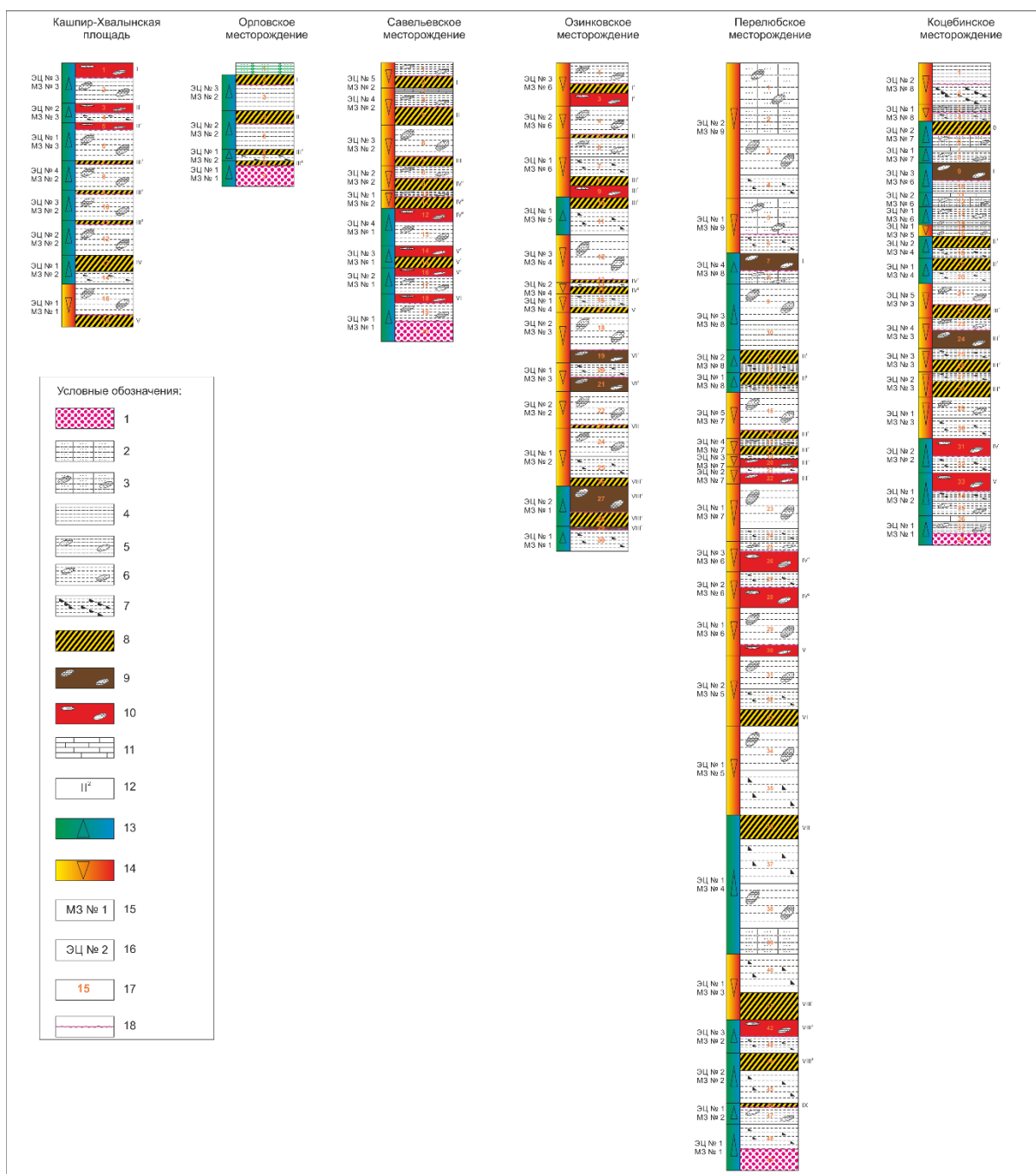


Рисунок 61 — Схема цикличности сланценосной толщи Волжского бассейна;

составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — песчаники с фосфатными желваками; 2 — алевролиты с глинистым цементом; 3 — алевролиты с кальцитовым цементом; 4 — глины бескарбонатные и слабоизвестковистые, алевролитистые; 5 — глины известковистые алевролитистые и алевролитовые; 6 — глины известковые; 7 — глины сапропелевые; 8 — горючие сланцы известковистые; 9 — горючие сланцы известковые; 10 — горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОВ; 11 — алевролитисто-глинистые известняки; 12 — номер продуктивного пласта; 13 — циклит прогрессивного типа; 14 — циклит регрессивного типа; 15 — номер мезоциклита; 16 — номер элементарного циклита; 17 — номер слоя; 18 — диастемы

Самым распространенным элементарным циклитом, приуроченным к кровельной части изученных разрезов, является слоевая ассоциация, состоящая из двух литотипов: горючего сланца известковистого и глины известковой. Этот элементарный циклит участвует в строении разрезов на Озинковском, Савельевском месторождениях, а также на Кашпир-Хвалынской площади. Схожие элементарные циклиты выделяются на Коцебинском и Перелюбском месторождениях, однако они имеют некоторые отличия: их строение более сложное, отражающее последовательную смену условий осадконакопления, без резких переходов. Это выражено как в границах перехода пород, так и в последовательной смене литотипов: переход от горючего сланца к глинам сапропелевым и далее к глинам известковым.

Также на Озинковском, Перелюбском и Коцебинском месторождениях, Кашпир-Хвалынской площади выделяется элементарный циклит, включающий в себя горючий сланец известковистый и глину сапропелевую. Элементарные циклиты, включающие в себя алевролиты, выделяются только в восточной части двух месторождений: Перелюбского и Коцебинского. Элементарные циклиты, включающие в себя карбонатные отложения (известняки), помимо восточной части бассейна (Коцебинское и Перелюбское месторождение), охватывают также юго-западную часть (Савельевское месторождение), а элементарные циклиты с песчаниками с фосфатными желваками выделяются на Орловском, Савельевском, Коцебинском и Перелюбском месторождениях.

Что касается границ мезоциклитов, важно отметить, что в большинстве случаев они эквивалентны этапу формирования целого комплекса пород. Ярким примером могут служить мезоциклиты Коцебинского месторождения, где рассмотренные элементы включают целые пласты горючих сланцев и вмещающих пород (мезоциклиты № 3, 4, 6). Некоторые мезоциклиты приурочены к промежуточным этапам формирования сланценосной толщи, где указанные элементы разделяли продуктивные пласты горючих сланцев, — ярким примером может служить мезоциклит № 5 Коцебинского месторождения. В отдельную категорию стоит выделить мезоциклиты, захватывающие несколько продуктивных пластов, например мезоциклит № 2 Озинковского месторождения. В данном случае цикл формирования пород охватывает как переходный этап от нижнего сланценосного горизонта к среднему, так и целый период формирования среднего сланценосного горизонта.

Следующее важное наблюдение состоит в том, что обнаружено наличие диастем практически во всех циклитах, включающих высококачественные разности горючих сланцев. Причем переход зачастую отмечается очень резкий. В качестве примера приведем элементарный циклит № 4, выделяющийся в мезоциклите № 8 Перелюбского месторождения. Здесь мы наблюдаем резкий переход от алевролита с кальцитовым цементом к горючим сланцам

известковым. На основании этого наблюдения можно сделать вывод об импульсивном развитии сланценосности, резком увеличении биопродуктивности бассейна и более плавном спаде этих характеристик.

При исследовании циклически построенных разрезов очень важно уделять особое внимание характеру переходов от одного элементарного цикла к другому и анализировать изменения в поведении компонентов, образующих слоевые ассоциации. Для решения этой задачи в изученных разрезах были охарактеризованы закономерности изменения вещества в ряду литотипов, наиболее часто составляющих последовательности мезомасштабных вариаций. Для ряда «глины известковые — глины сапропелевые — горючие сланцы известковистые — горючие сланцы известковые» установлено, что главными компонентами, реагирующими на периодические изменения условий осадконакопления, являются состав и тип распределения глинисто-карбонатного вещества, состав ориктоценозов (в том числе видовое разнообразие и численный баланс фораминифер) и ОВ растительного происхождения.

Содержание глинистого вещества в указанном ряду постепенно снижается, и из породообразующего компонента оно постепенно превращается во второстепенный. При этом в минеральном составе глин происходят следующие трансформации: пелитовая фракция в известковых глинах характеризуется смектитовым минеральным составом, а в качестве примесей отмечены иллит и хлорит. В минеральном составе сапропелевых глин доминируют смешаннослойные образования иллита и смектита, подчиненное место занимают хлорит и иллит, в незначительных количествах появляется каолинит. В горючих сланцах глинистый компонент характеризуется смектит-иллитовой минеральной ассоциацией с примесью смешаннослойных образований. Отмеченные изменения минерального состава, вероятно, обусловлены диагенетическими процессами — на это указывает широкое представительство смешаннослойных компонентов типа смектит — иллит. Повышенное содержание смектитов, в том числе с Na- и Na-Ca-катионами в составе, связывается с пепловым материалом, наличие которого доказывается зернами вулканического стекла в алевритовой фракции, и, возможно, примесью цеолитов группы гейландита.

Наибольшее разнообразие количественных и качественных изменений в составе ориктоценозов отмечается в глинах известковых. В комплексах макрофауны широко представлены двустворчатые моллюски различных размеров, в качестве второстепенных представителей отмечены фрагменты головоногих [84]. Характерны очень богатые комплексы фораминифер с максимальным количеством (свыше 50) видов. Фораминиферовое число в различных образцах варьирует в пределах от 500 до 9000. Примечательно подавляющее доминирование фораминифер с аглютинированным скелетом, значительно реже фиксируются

секретионные формы. Тафономический состав макрофауны существенно обедняется в сапропелевых глинах: ориктоценозы состоят из единичных крупных раковин гастропод, двустворчатых моллюсков и аммоноидей. Вдвое (до 25) сокращается видовое представительство фораминифер, а фораминиферовое число колеблется в пределах от 150 до 500 единиц. По сравнению с глинами известковыми из комплексов исчезают крупные аглютинированные формы. Картина еще более меняется в горючих сланцах, для которых характерны очень немногочисленные находки макрофауны и дискретный характер их распределения. Среди них установлены [83, 84] только мелкие гастроподы и двустворчатые моллюски. Происходит дальнейшее сокращение представительства бентосных фораминифер, и фораминиферовое число не превышает 200.

Не менее контрастные изменения в анализируемом литологическом ряду претерпевает количество и состав ОВ растительного генезиса. В глинах известковых преобладает известковый нанопланктон, содержание которого в пелитовой фракции составляет 30–35 %, в виде несущественной примеси отмечается сапропелевое вещество. Сапропелевые глины отличаются появлением альгинита и окисленного сапроколлинита [16], принципиально важным является наличие углефицированных растительных остатков континентального происхождения. В горючих сланцах с наиболее высоким содержанием ОВ все органическое вещество не окислено и представлено альгинитом, который концентрируется в виде многочисленных микролинз. Кроме альгинита, присутствуют незначительные количества остатков сине-зеленых водорослей и коккосфер. Известковистые и известковые разновидности горючих сланцев характеризуются различной степенью окисления альгинита и трансформацией его в сапроколлинита.

Таким образом, рассмотрение циклически построенных слоевых ассоциаций показало, что наиболее существенные изменения в составе и количестве порообразующих компонентов характерны для биогенной составляющей, тогда как состав минеральных компонентов более стабилен. Причины изменений, по всей видимости, кроются в геохимических условиях осадконакопления в придонном слое морского бассейна. В настоящее время всеобъемлющая классификация литоциклитов по их генезису отсутствует. Это объясняется сложностью проблемы и большим количеством факторов, влияющих на процесс осадконакопления. Предыдущими исследователями установлено [84, 120], что при формировании основных мезоциклитов в породах средневожского подъяруса органическое вещество является автохтонным. Следовательно, колебания в содержании ОВ и высокие концентрации $C_{орг}$ должны быть обусловлены различной интенсивностью биопродуктивности бассейна, а также связаны с развитием аноксидных условий.

3.4. Модели формирования пластов горючих сланцев

На основании анализа разрезов шести месторождений, установлено что формирование горючих сланцев происходило в два этапа. На первом этапе сланценакопление происходило в узких впадинах меридионального простираия на Озинковском и Перелюбском месторождении. На центральном и северном участках Перелюбского месторождения, там где продуктивные отложения выполняют зоны понижения древнего рельефа, суммарная мощность сланценосных отложений составляет 80-100 м, а на остальной территории Перелюб-Благодатовской площади она колеблется от 40 до 55 м. Выделение нижнего и среднего сланценосного горизонта, а также мощности продуктивной толщи Перелюбского и Озинковского месторождения, которые в два раза превышают мощности остальных изучаемых месторождений позволяют выделить отдельный этап сланценакопления для данных месторождений. Палеорельеф ложа сланценосной толщи характеризуется наличием крупных и относительно глубоких, до 50–60 м, впадин меридионального простираия в центральной части Перелюбского месторождения, которые в первую очередь заполнялись сланценосными отложениями и к которым приурочено образование восьмого и девятого пластов горючих сланцев. Некоторое выравнивание палеорельефа ложа произошло во время образования седьмого пласта на Перелюбском месторождении.

Окончательное выравнивание палеорельефа ложа произошло на втором этапе и осуществлялось только ко времени начала отложений пятого пласта, образование которого получило площадное развитие и происходило уже на выровненной поверхности территории, включающей в себя Коцебинское и другие месторождения. Исключение является только Орловское месторождение, где отмечается минимальная мощность сланценосной толщи и выделяется только три продуктивных пласта.

Теперь рассмотрим более детально процесс формирования сланценосной толщи. Условия формирования волжских горючих сланцев Саратовского Поволжья определяются двумя моделями [29, 30, 31, 86, 132, 145] (Рисунок 62), каждая из которых отвечает определенным седиментационным и диагенетическим условиям, отражающим процесс формирования волжских горючих сланцев на разных этапах литогенеза [67].



Рисунок 62 — Модели формирования пластов верхнеюрских горючих сланцев Волжского бассейна (на примере Коцебинского и Перелюбского месторождений); составил В. С. Илясов

Модель продуктивности. Основные элементы модели продуктивности описаны в работах Ю. О. Гаврилова, С. В. Льюрова, О. Л. Савельева, Erba, Tremolada, Roth, Watkins [29, 30, 31, 86, может существенно различаться для разных районов обширного Волжского бассейна в связи с влиянием местных седиментационных и других геологических особенностей. На основании данных предыдущих исследований и авторских наблюдений модель продуктивности может выглядеть следующим образом (Рисунок 63).

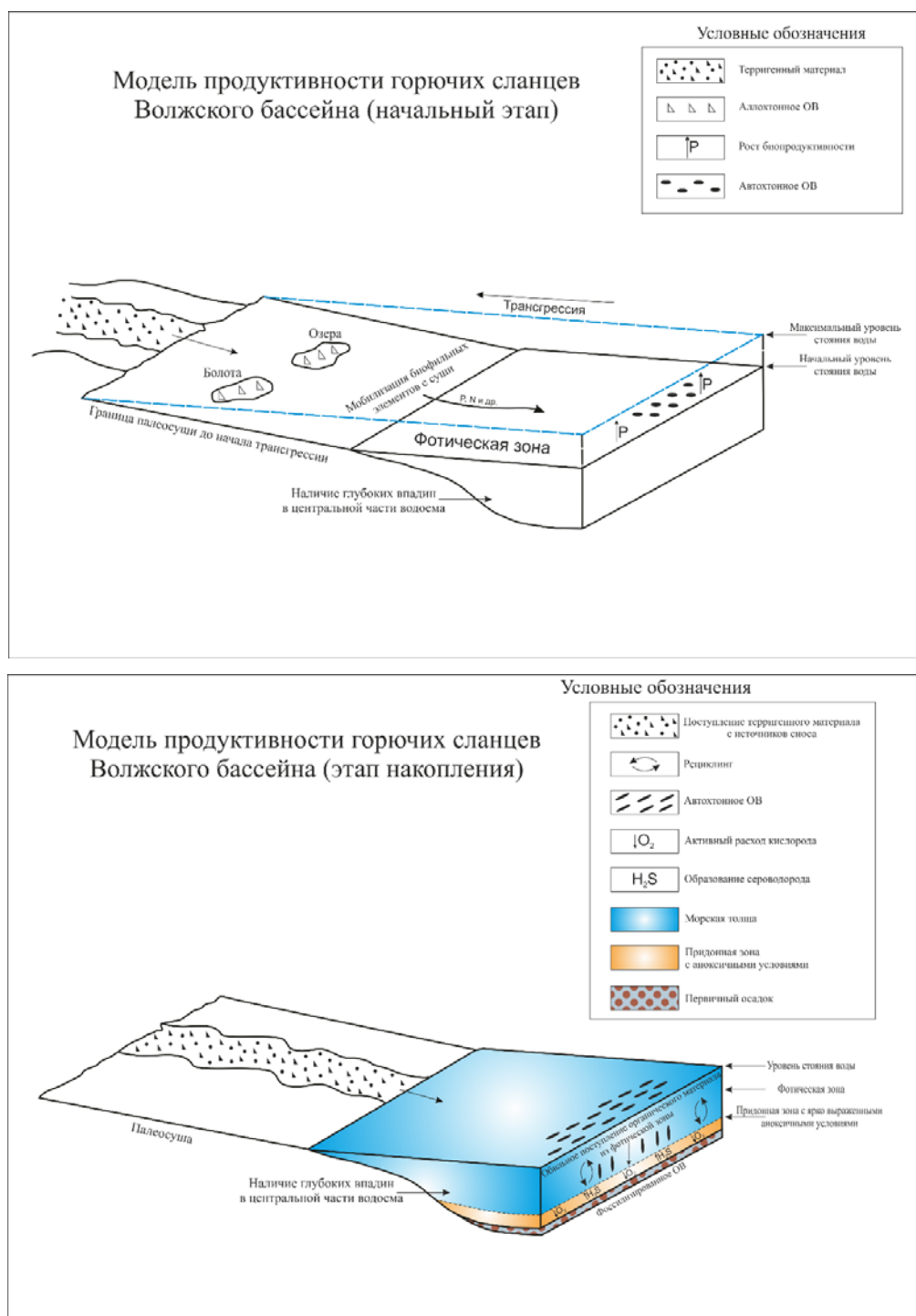


Рисунок 63 — Модель продуктивности горючих сланцев Волжского бассейна;
составил В. С. Илясов (по материалам Ю. О. Гаврилова)

При изучении литологических особенностей пород сланценой толщи особое внимание уделялось характеристике основных литотипов (всего выделено 11 литотипов), определению минерального состава глинистых пород, анализу петрографических и пиролитических параметров ОВ, а также характеристике цикличности. Важным индикатором реакции биоты на резкие колебания палеоэкологических условий во время накопления продуктивных отложений

служили данные тафономических наблюдений. При этом акцент делался на изменении разнообразия биономических комплексов, в частности на особенностях видового состава нанопланктона, фораминифер и аммонитов.

Одним из главных факторов существенного увеличения содержания ОВ в осадках является возрастание биопродуктивности палеоводоемов, что может быть связано со следующими причинами.

Обильное поступление органического материала из фотической зоны на дно.

Согласно данным большинства исследователей, органическое вещество горючих сланцев является полигенным и формировалось за счет разных источников. В центральных и северных районах Волжской сланценосной провинции в нижнем и среднем горизонте доминирует ОВ, поступавшее с прилегающей суши. В сапропелевых и алевроитистых глинах Перелюбского и Коцебинского месторождений часть органического вещества попадала в конечный водоем стока с прилегающей суши. Оно представлено альгинитом и окисленным сапро-коллинитом [84] и залегает в виде органо-минеральных линзочек и листоватых частиц, ориентированных в соответствии с плоскостями наслоения. Такое залегание может служить косвенным доказательством аллотигенного генезиса ОВ, а распределение вещества происходило в соответствии с законом гранулометрической дифференциации, наглядно отраженным в работе С. В. Льюрова (Рисунок 64) [86]. Обильное поступление органического материала способствовало накоплению углеродистых и высокоуглеродистых горючих сланцев, которые в случае отсутствия эвстатических колебаний формировали мощные пласты. В случае преобладания автохтонного вещества (верхний сланценосный горизонт Перелюбского и Коцебинского месторождений) ряд завершается горючими сланцами, и рассматриваемая схема приобретает следующий вид (Рисунок 65).

Количество автохтонного ОВ морского генезиса, которое содержится в сланцах.

Значения величин водородного индекса (НІ), определенного для пород Коцебинского и Перелюбского месторождений, в большинстве образцов (пласты с пятого по первый) колеблются в пределах от 936 до 1089 мг/г. Такие значения обычно характерны для керогена морского происхождения [66, 69, 112, 134–137]. В противовес образцы из продуктивной толщи Кашпирской площади отличаются более низкими показателями НІ, от 632 до 1081 мг/г, что может свидетельствовать о присутствии наземного источника биомассы. Отсюда можно сделать вывод о более высоком качестве горючих сланцев Перелюбского и Коцебинского месторождений, приуроченных к восточной части бассейна.

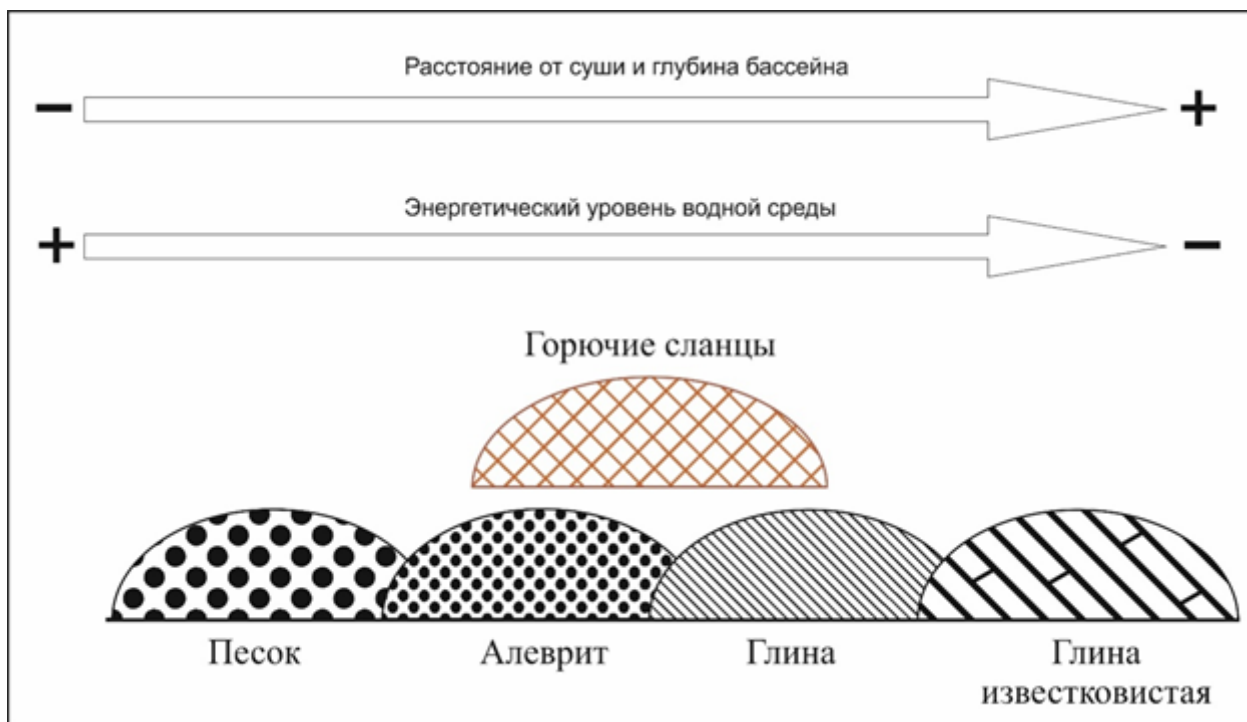


Рисунок 64 — Предполагаемая латеральная схема последовательности формирования основных литотипов Волжского сланценосного бассейна (при преобладании аллохтонного органического вещества). Составил С. В. Лыуров (с дополнениями)

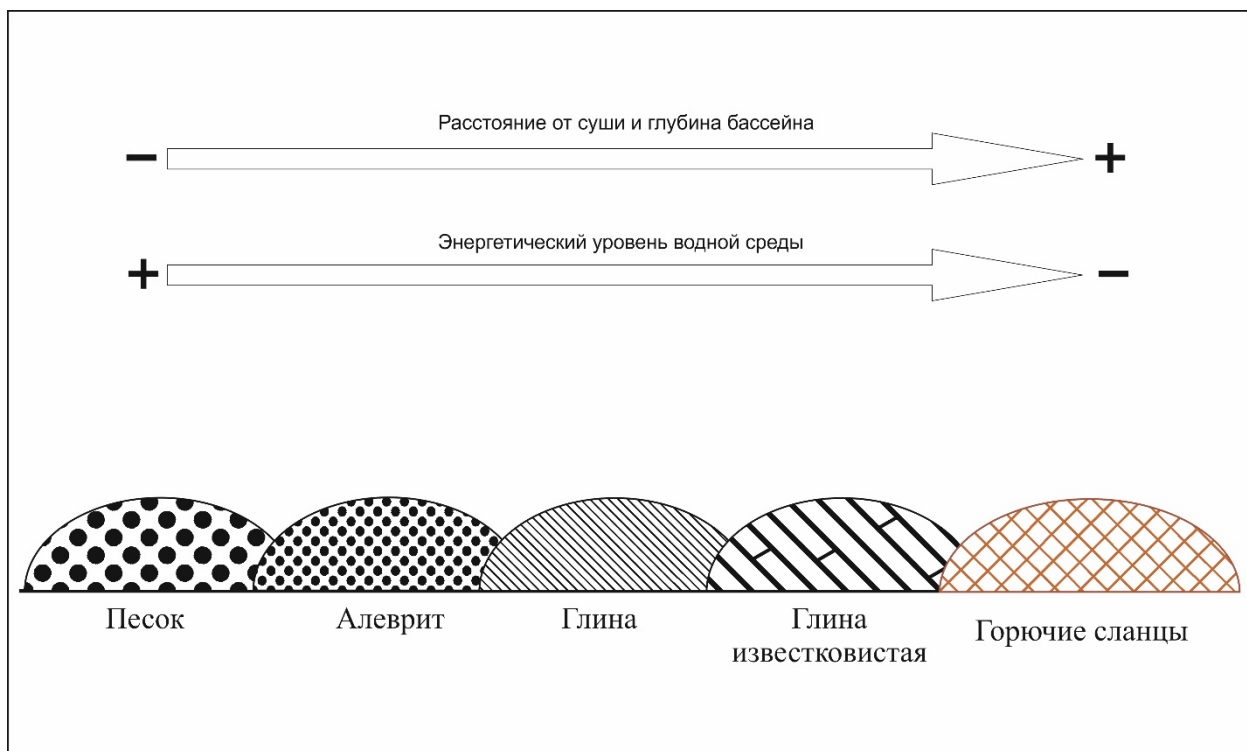


Рисунок 65 — Предполагаемая латеральная схема последовательности формирования основных литотипов Волжского сланценосного бассейна (при преобладании автохтонного органического вещества). Составил С. В. Лыуров (с дополнениями)

Массовое поступление с суши биофильных элементов и величина амплитуды эвстатических колебаний. Данное явление подробно рассматривается в работах А. С. Алексеева, Ю. О. Гаврилова, Е. В. Щепетовой и др. [31, 32]. На территории Нижнего Поволжья начальный этап формирования сланценосной толщи происходил в относительно узком морском бассейне типа пролива. Огромная площадь примыкающей низменной суши, простиравшейся до современного Предуралья, была занята озерно-болотными ландшафтами. Эти специфические палеогеографические условия обеспечивали вынос в конечный водоем стока биопродуктивности фитопланктона. Кроме того, в терригенном сносе, несомненно, участвовало ОВ континентального генезиса [32].

Рассматривая наш объект, можно с уверенностью сказать, что частые эвстатические колебания [1, 2, 3, 4, 10, 30, 31 33, 38, 44, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 64, 75, 79, 132, 145, 146, 152], а также массовое поступление с суши биофильных элементов (P, N, Fe и др.) оказали значительное влияние на рост биопродуктивности водоема. Также, выделение большого количества слоев разных литотипов внутри сланценосной толщи *Dorsoplanites panderi*, а также их незначительные мощности (в среднем от 0,5 до 1 м) указывают на частые эвстатические колебания, которые сопровождали процесс формирования Волжского сланценосного бассейна. Рассматривая Перелюбское и Коцебинское месторождения, можно сделать вывод, что наиболее длительные периоды отсутствия эвстатических колебаний приходятся на этап формирования глинисто-карбонатных пластов, мощность которых достигает 10 м. Значительные колебания концентрации основных биофильных элементов внутри сланценосной толщи тоже свидетельствуют о мобилизации большого объема вещества с палеосуши в результате проявления трансгрессии. Разница в концентрации основных биофильных элементов внутри сланценосной толщи достигает 2–3-кратных значений.

Объем поступления терригенного материала с источников сноса. Колебание между поступлениями терригенной составляющей горючего сланца и морского планктоногенного органического вещества в КВС играют важную роль. Увеличение привноса терригенного материала влечет за собой уменьшение содержания органического вещества на единицу объема породы и снижение качества горючего сланца. Данный параметр прекрасно коррелируется с зольностью горючих сланцев, увеличение которой указывает на рост поступления терригенного материала из источников сноса. Рассматривая карты зольности Коцебинского месторождения, можно заметить, что на них отсутствуют изолированные скважины, в которых произошел резкий рост зольности, о чем будет сказано ниже. Увеличение зольности на картах приурочено к участкам, расположенным по периферии месторождения и в виде локальных удаленных зон,

которые протягиваются вглубь месторождения, отражая направления поступления терригенного материала из источников сноса. Для каждого продуктивного пласта наблюдается индивидуальная картина, указывающая на основной источник сноса. В пятом пласте мы наблюдаем усиление поступления терригенного материала с юго-востока и востока (Уральский источник сноса), который постепенно распространяется и уже в четвертом пласте охватывает площадь практически всего Коцебинского месторождения, за исключением его западной части. Начиная с третьего пласта картина резко меняется: основным источником сноса становится Воронежская антеклиза, теперь наибольший объем терригенного материала поступает с западной границы месторождения и во втором пласте прорывается в центр и его восточную часть. В первом же пласте отмечается снижение интенсивности поступления терригенного материала в связи с наступлением максимальной трансгрессии. Это находит свое отражение в сокращении зольности по всей площади Коцебинского месторождения.

Также стоит отметить, что в горючих сланцах с высоким содержанием ОБ (Перелюбское месторождение, пласт № 1) содержание основных породообразующих окислов (SiO_2 и Al_2O_3), а также кварца почти в два раза снижается по сравнению с горючими сланцами известковистыми (Перелюбское месторождение пласт № 2).

Рециклинг — поддержка высокой биопродуктивности бассейна даже при ограниченном поступлении биофильных элементов с суши. Если на начальных стадиях трансгрессии основным поставщиком биофильных элементов в море являлись наземные прибрежные ландшафты, то с началом накопления обогащенных ОБ илов начинал работать рециклинг биофильных элементов непосредственно в бассейне осадконакопления, то есть возвращение в результате активных диагенетических процессов из восстановленных осадков некоторых элементов и прежде всего фосфора. Вероятно, рециклинг мог поддерживать высокую биопродуктивность в водоеме, даже когда при замедлении трансгрессии поступление биофильных элементов с суши начало сокращаться [29, 30, 31, 32]. Данная закономерность могла соблюдаться в случае стабильного накопления нескольких пластов горючих сланцев, между которыми отсутствуют глинисто-карбонатные отложения. В частности, выделяются переходы от углеродистых и высокоуглеродистых к низкоуглеродистым горючим сланцам и наоборот, что может свидетельствовать об отсутствии в этот период эвстатических колебаний. Рециклинг обуславливал высокую биопродуктивность бассейна в этот период развития и позволял накапливаться высококачественным горючим сланцам. В качестве примера можно привести разрезы Перелюбского, Озинковского и Савельевского месторождений: в нижней части выделяются несколько совместно залегающих пластов горючих сланцев, а глинисто-карбонатные

отложения между ними отсутствуют, что и указывает на возможное проявление рециклинга как условия высокой биопродуктивности бассейна.

На основании вышеизложенного нами были сделаны следующие заключения касательно реализации модели формирования сланценосной толщи. По мере развития Средневожского морского бассейна происходили качественные и количественные изменения в структуре ОВ в пределах изучаемой территории. Период накопления сланценосной толщи отмечается высокими палеотемпературами в сравнении с выше и ниже залегающими породами [145]. В первую половину периода формирования сланценосной толщи (пласты с девятого по шестой) доминировало ОВ, принесенное с прилегающей суши, а в дальнейшем (время накопления пластов с пятого по первый) произошло резкое возрастание роли автохтонного органического вещества. Морской бассейн на рассматриваемой территории в начальный период формирования сланценосной толщи был очень узким, и осадконакопление происходило только в пределах Перелюбского и Озинковского месторождений. Об этом также свидетельствует локальный характер распространения пластов с девятого по шестой. Близость низменной суши в начале средневожского времени способствовала накоплению ОВ растительного происхождения и связанных с ним биофильных элементов. Питательные вещества для фитопланктона, вероятно, поставлялись многочисленными речными системами. Поскольку в пластах ГС верхней части разреза подавляющее количество ОВ относится к морскому типу, что объясняется высоким водородным индексом, а континентальные поставки осуществлялись в ограниченном объеме, основным способом формирования высокоуглеродистых осадков являлся рециклинг. Также следует учитывать тот факт, что из прибрежно-морских ландшафтов в КВС поступало значительное количество фосфатных соединений, которые являются эффективным катализатором рециклинга. Предполагается, что формирование продуктивной толщи происходило на фоне благоприятных событий, в первую очередь это вулканизм, способствующий накоплению в атмосфере повышенного количества CO_2 и других парниковых газов. В пользу этого предположения свидетельствуют находки цеолитов и Na-сметитов и реликтов вулканического стекла в породах верхней юры и нижнего мела.

Но указанных факторов могло не хватать для создания высококачественных горючих сланцев. Дополнительной предпосылкой накопления углеродистых илов было расширение таксономического разнообразия в составе нанопланктонных комплексов, в том числе резкое увеличение роли динофлагеллят и бактериопланктона [30]. По данным Ю. О. Гаврилова и др. [32], важными характеристиками средневожской седиментации являются особенности распространения нанопланктона в разрезах и по площади. Его максимальные концентрации в породах сланценосной толщи центральных районов (разрез Ивкино в Костромской области)

зафиксированы в карбонатных прослоях, а в пластах ГС количество нанопланктона сокращается до минимума.

Также стоит отметить интересную деталь, характеризующую таксономический состав планктонных комплексов. Между некоторыми видами переходные формы не обнаружены, и это может выступать косвенным доказательством приспособления некоторых особей к обитанию в новой палеоэкологической обстановке, например, в водной толще с четкой стратификацией вместо стандартного распределения геохимических условий.

Связь возникновения некоторых геохимических аномалий с эвстатическими колебаниями Мирового океана убедительно обоснована в работах Ю. О. Гаврилова [29, 30, 31, 32].

Импульсное накопление углеродистых осадков большинство исследователей [29, 30, 31, 32] объясняют многократными эвстатическими колебаниями уровня моря, которые сопровождались периодическими осушениями низменности, поставившей в бассейн седиментации огромное количество биофильных элементов. Особенно эффективно этот механизм действовал в начале средневожского этапа (пласты с девятого по шестой), когда морской бассейн значительно продвинулся на восток, вплоть до Соль-Илецкого выступа. Это могло способствовать формированию верхних пластов горючих сланцев более высокого качества на большинстве месторождений Самарского и Саратовского Поволжья.

Положительным фактором, который одновременно оказывал влияние на продуктивность органики и степень сохранности ОВ, являлась специфика механической дифференциации вещества в конечном водоеме стока. В фациальном ряду осадков, направленном от береговой линии к удаленным акваториям, зона накопления водорослевой органики и гумусового детрита располагалась между алевроитистыми и пелитовыми илами [86], поэтому любые эвстатические колебания уровня воды вызывали смещение зоны сланцеобразования по поверхности морского дна. Таким образом могут быть объяснены многочисленные примеры расщепления сланцевых пластов на периферийных участках и их монолитность в центральной зоне сланценакопления.

Модель развития аноксических событий. Даже при очень благоприятных предпосылках к накоплению осадков, обогащенных ОВ, не весь их объем мог перейти в ископаемое состояние — для этого необходимо было соблюдение условий сохранения накопившегося органического вещества от механического разрушения или физико-химических преобразований, этому способствовало развитие аноксидных условий в придонной части бассейна (Рисунок 66). Между тем первым, и очень важным, элементом в модели формирования горючих сланцев является количество исходного ОВ, накопившегося в донных илах во время седиментации. Очевидно, что при прочих равных условиях чем выше биопродуктивность конечных водоемов стока, тем больше шансов для его сохранности. Данная модель отвечает за степень сохранности

органического вещества как в процессе накопления, так и в процессе диагенеза. Условия, отвечающие этой модели, развиваются при наличии аноксидной обстановки, неблагоприятной для жизни и развития бентоса, планктона и фитопланктона, низких объемов поступления терригенного материала из источников сноса. В шлифах исследуемых образцов отмечается наличие сидерита и пирита — минералов, отвечающих восстановительным и резко восстановительным условиям. В основе модели развития аноксических событий лежат следующие факторы.

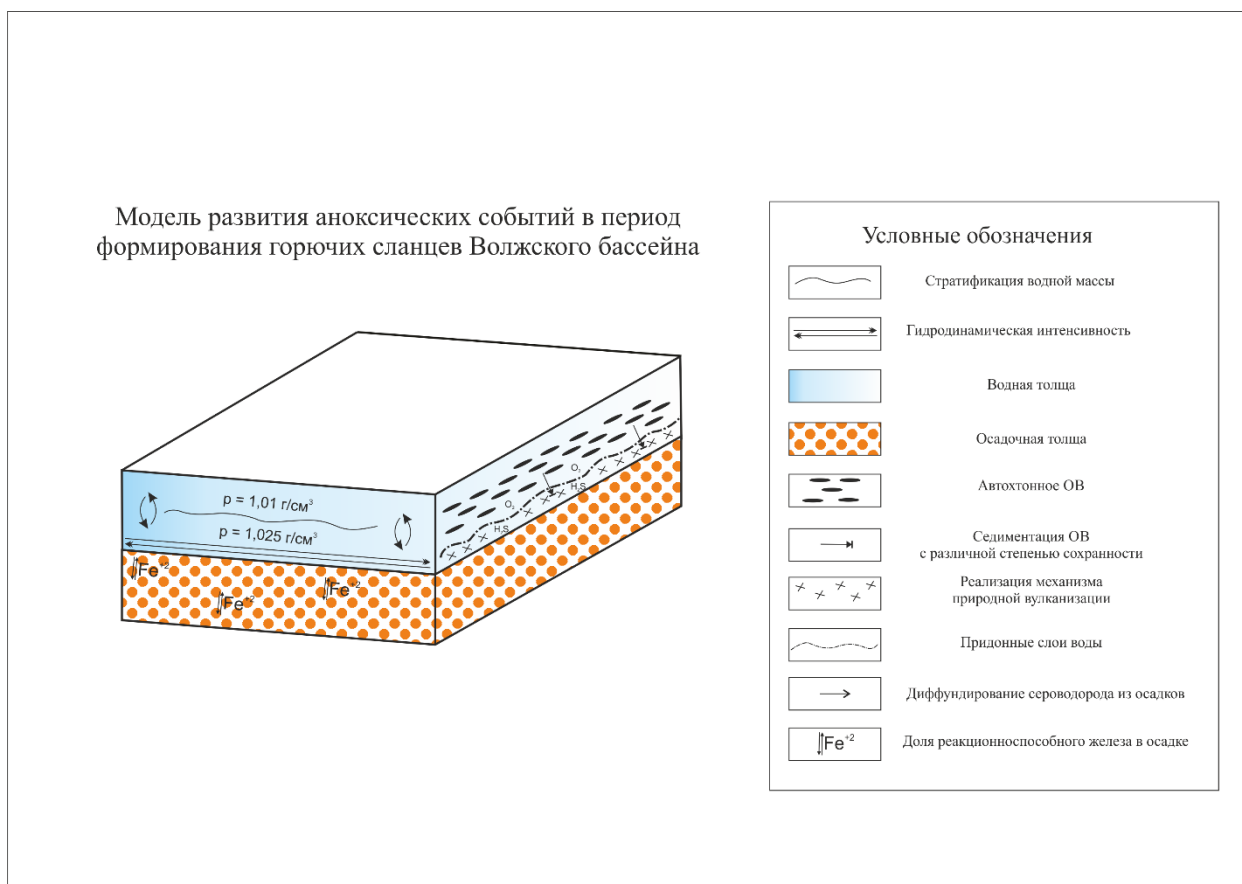


Рисунок 66 — Модель развития аноксических событий горючих сланцев Волжского бассейна; составил В. С. Илясов

Морфология бассейна — согласно предыдущим исследователям, Волжский бассейн представлял собой проливнообразный водоем, который характеризовался затрудненной связью с мировым океаном. Доказано [60, 133, 145, 150], что позднеюрские и раннемеловые эпохи были временем планетарных аноксичных событий. Согласно литературным данным, они соответствовали крупным климатическим эпизодам, в течение которых уровень CO_2 в 3–5 раз превышал современные значения.

Также в центральной части водоема отмечалось наличие глубоких впадин. В котловинных морях водообмен значительно затруднен по сравнению с плоскими водоемами, а значит, более вероятна стратификация водной толщи, что отчетливо наблюдается в строении Перелюбского месторождения.

Объем фоссилизированного ОВ — это объем органического вещества, переходящий в ископаемое состояние и, как следствие, выпадающий из биологического круговорота. Чем выше скорость осадконакопления, тем быстрее илы перекрываются новыми порциями осадка и становятся защищенными от механического воздействия. По утверждениям Д. А. Бушнева, непереносимое условие для фоссилизации органического вещества — присутствие в придонных слоях высоких концентраций восстановленных форм S (H_2S , HS^- , HSn^-). Природная вулканизация является одним из основных механизмов, приводящих к эффективному захоронению в осадке исходного органического вещества в субаквальных условиях. Суть процесса состоит в том, что содержащиеся в наддонных и поровых водах соединения восстановленной серы (H_2S , HS^- , HSn^-) взаимодействуют с функциональными группами компонентов исходного органического вещества (в мягких условиях природного диагенеза), а полученные производные оказываются более устойчивыми к факторам деградации, чем первичные биомолекулы [22].

Степень сохранности ОВ морского генезиса — этот показатель зависит от периодического возникновения аноксидных условий [17, 56, 128, 129, 131, 132, 133, 138, 148] — участвовал в формировании высокоуглеродистых осадков. Данные условия образовались в результате поступления растворенных сульфатов. В процессе седиментации геохимическая обстановка многократно менялась — от резко восстановительной в периоды формирования углеродистых илов до слабо восстановительной во время накопления глинисто-карбонатных осадков. Максимальное ухудшение экологической обстановки в придонных слоях наступало в заключительную фазу накопления углеродистых слоев — об этом свидетельствуют массовые неотсортированные скопления раковин макрофауны на поверхности углистых сланцев, в том числе и юных особей аммонитов. Характерно совместное залегание аммонитов различных размеров. Наиболее крупные экземпляры достигают 2–3 см, наряду с ними встречаются мелкие формы (несколько миллиметров в поперечнике) ювенильных особей. Широкое распространение последних объясняется влиянием аноксидной обстановки.

Хорошим индикатором изменения геохимической обстановки во время осадконакопления является состав и структура фораминиферовых ориктоценозов. Для периода формирования глинистых пород (литотип «глины известковые») были характерны наиболее богатые и

разнообразные сообщества фораминифер. Микрофаунистические ассоциации содержат до 9000 [84]. Примечательно, что основная масса фораминифер относится к агглютинирующему типу, что свидетельствует о значительном содержании в составе илов алевро-песчаной примеси. Подобное сочетание количественных и качественных характеристик фораминифер становилось возможным при благоприятной экологической обстановке в морском бассейне, в частности при массовом развитии фитопланктона, который служил для них основным источником питания. Другими словами, во время накопления рассматриваемых пелитовых илов продуктивный потенциал Средневожского бассейна тоже был достаточно высоким.

Для сапропелевых глин характерен несколько иной ориктоценоз фораминифер. Количество видов в отдельных прослоях достигает 25, а фораминиферовое число изменяется от 150 до 500. Примерно выравнивается соотношение секреторного и агглютинирующего бентоса.

В литотипе горючих сланцев известковистых фораминиферовая ассоциация становится еще более бедной: диагностировано не более 10 видов [84], фораминиферовое число лишь в отдельных пластах достигает 200, а объем секреторного бентоса превалирует над агглютинирующим, что указывает на сокращение поступления терригенного материала из источников сноса. Таким образом, четко прослеживается тенденция к обеднению комплекса бентосных фораминифер от глин известковых к горючим сланцам. Предполагаем, что биопродуктивность Средневожского бассейна, характерная для низших форм, оставалась относительно стабильной на протяжении всего процесса осадконакопления, тогда как высшие формы бентоса испытывали определенное угнетение. Вероятно, образование сланценосных осадков контролировалось преимущественно степенью сохранности ОВ.

Процессы сульфатредукции — формирование аноксидных условий обязательно сопровождалось активным расходом кислорода на фоне обогащения придонных слоев воды значительными массами сероводорода [17, 147–150]. При обсуждении вопросов об источнике серы в донных осадках рассматриваются поступление сульфатов морской воды, а также, возможный, биологический источник. Основным способом формирования сероводорода являлась сульфатредукция — бактериальный процесс, обусловленный высоким содержанием органики и наличием сульфатов в иловых водах. Расход органического вещества, подсчитанный по формулам Н. М. Страхова и Э. С. Залманзон (1995) с исправлениями В. А. Успенского (1970, 1975), оценивается в 0,7–5 %. Реальные потери в океанах Н. М. Страхов (1974) оценивал в размере 30–34 % от исходного ОВ, а О. В. Борцовский (1974) в Черном море — в 23–42 %. Рассматривая этот процесс, В. Н. Холодов и Р. И. Недумов (1981) пришли к выводу, что при реконструкции исходного количества ОВ по наличию фиксированных минеральных процессов

его величина значительно занижается. Авторы оценивают расход ОВ в редуционных процессах в 40 %, учитывая, что в ходе реакций образуются CO_2 , H_2 , NH_3 , растворенные Fe^{+2} , Mn^{+2} , SiO_2 и другие продукты, которые сразу же удаляются из пластов ила. Основным зафиксированным продуктом этих реакций, по данным дифрактометрического анализа, в Волжском бассейне является пирит. Максимальные его концентрации приурочены к сланцам, но самые крупные выделения алевритовой размерности были встречены в сапропелевых глинах, где их количество достигает 10–11 % от массы алевро-псамитовых частиц. Относительное количество пирита (до 99 %) в комплексе аутигенных компонентов всегда повышено в глинах с самым низким содержанием ОВ, то есть в тех отложениях, где процессы сульфатредукции носили более завершённый характер [17].

Помимо этого, вероятно, что из осадков в придонные слои воды диффундировали образованные в диагенезе значительные объёмы сероводорода, что также приводило к активному расходу кислорода. Как следствие, эти процессы стимулировали дальнейшее развитие аноксидной обстановки, поэтому содержание S в ОВ горючих сланцев Средневожского бассейна является аномальным даже по сравнению со сланценосными толщами того же возраста в других регионах.

Гидродинамика бассейна. Возникновение аноксидной обстановки напрямую связано с гидродинамикой бассейна. В спокойной гидродинамической обстановке и при условии отсутствия подводных течений поступление кислорода в придонную часть затруднено, что способствует формированию аноксидных условий, высокому объёму фоссилизации и в дальнейшем — к сохранности органического вещества. Эффективность влияния анаэробного диагенеза на сероводородное заражение и его дальнейшее воздействие на биоту, с одной стороны, зависит от активности диагенетических процессов, а с другой — подчиняется особенностям стратификации водной массы. Периоды с активной гидродинамикой, которые диагностируются по резкому возрастанию в породе рассеянного раковинного детрита и отсортированным по размерам обломков раковин, способствовали созданию условий, неблагоприятных для консервации ОВ в исходных осадках.

Доказательства низкой гидродинамики водной массы могут быть получены при анализе текстурных признаков в горных породах. Практически во всех литотипах горючих сланцев и сапропелевых глин наиболее распространена тонкая горизонтальная слоистость, в том числе ленточного типа. В пользу слабой активности вод также свидетельствуют микротекстуры глинистых пород. Для глин, обогащенных сапропелевым веществом, характерно чередование округло-уплощенных частиц, четко ориентированных по наслоению. Дополнительным

аргументом в пользу спокойных гидродинамических условий служат тонкостенные раковины или обломки раковин двустворчатых моллюсков и аммоноидей.

Одним из важных факторов, влиявших на сохранность ОВ в частности и качество продуктивных пластов в целом, является постседиментационное механическое и химическое воздействие на сапропелевое вещество. Химические изменения проявлены в виде многочисленных примеров окисления как органогенных, так и минеральных компонентов. В результате в горючих сланцах с довольно высоким содержанием $C_{орг}$ (12–21 %) могут наблюдаться линзочки окисленных сланцев, залегающие среди более богатых разностей [17]. Влияние окислительных процессов на минеральную составляющую подтверждается появлением лимонита и глауконита в составе сапропелевых глин Перелюбского месторождения и алевроглинистых разностей Чаганского разреза. Процессы окисления также могли затрагивать ОВ в исходных илах горючих сланцев бедного типа — об этом можно судить по неравномерной окраске микролинз альгинита, которая в ряде случаев изменяется от светло-желтой до красной бурой.

В горючих сланцах с наиболее высоким содержанием ОВ альгинит обычно отличается более высокой степенью сохранности и, как следствие, большей однородностью окраски на фоне интенсивного растворения фауны и макрофауны. В таких горючих сланцах сохранились лишь отпечатки раковин, от окисления ОВ защищала не только восстановительная среда, но и быстрая литификация сапропелевых илов.

Таким образом, степень окисления органического вещества и, соответственно, его сохранность уменьшалась в ряду литотипов «сапропелевые глины — горючие сланцы известковистые — известковые и горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОВ».

Примеры механического воздействия на осадки, дававшие начало горючим сланцам, известны в разрезах восточных районов распространения сланценосной толщи, где они вскрыты скважинами на Соль-Илецком выступе. Среди пород средневожского возраста встречены прослои с явными признаками окисления ОВ, интенсивной трещиноватостью и многочисленными биотурбациями. Такие генетические признаки могли быть обусловлены кратковременными перерывами в осадконакоплении в подводных условиях и образованием поверхностей типа *soft-ground*.

Не исключается и более позднее изменение качества углеродистых пород, произошедшее в субаэральных условиях. На территории Нижнего Поволжья и Оренбургской области известны многочисленные обнажения, в которых породы Волжского сланценосного бассейна выходят непосредственно на земную поверхность либо перекрыты маломощным чехлом четвертичных

образований, то есть они могли подвергаться процессам гипергенеза в течение десятков миллионов лет.

Стратификация водной толщи. Под стратификацией водной толщи (С. в.) понимается распределение плотности воды по вертикали (градиент). Чем больше увеличение плотности с глубиной и чем больше ее вертикальный градиент, тем выше устойчивость С. в. [63]. При обратном изменении плотности и при малых ее вертикальных градиентах С. в. неустойчива. Устойчивая С. в. обуславливает уменьшение вертикального обмена теплом, веществом и количеством движения. Неустойчивая С. в. определяет интенсивный вертикальный обмен в толще воды. В океанах и морях С. в. определяется главным образом изменениями температуры и солености воды на поверхности и в толще воды, где эти изменения связаны с адвекцией и адиабатическими процессами. На основании этого можно сделать вывод, что в случае устойчивой С. в. наблюдался уменьшенный обмен веществом и количеством движения, что приводило к уменьшению поступления кислорода с последующим развитием его дефицита и возникновению анакисических условий [60, 133, 137]. Более выраженной стратификации водной толщи также способствовал котловинный тип строения морского бассейна, что четко видно на геологических разрезах субширотной ориентировки. Поэтому наиболее благоприятными условиями для возникновения дефицита O_2 считается стратифицирование воды в придонной части морских бассейнов с затрудненным водообменом.

Количество реакционноспособного железа. Количество реакционноспособного железа отражает условия сохранности органического вещества на каждом этапе развития Волжского бассейна, а также может являться индикатором сероводородного заражения дна. Наиболее высокие концентрации двухвалентного реакционноспособного железа отмечаются в первом (4,35 %) и третьем (3,40 %) пластах горючих сланцев при средних значениях 2,3 % внутри сланценовой толщи. Согласно исследованию Т. Ф. Букиной [17], именно в первом и третьем пластах отмечаются заморы молодежи аммонитов, качественный и количественный бедный палеоценоз, большинство органических остатков представлено мелкими формами. Все это указывает на сильную угнетенность фауны вследствие затрудненного газообмена. Возможно, также имело место сероводородное заражение, результатом которого стала высокая степень сохранности и качества первого и третьего пластов горючих сланцев.

Проведенные исследования позволили охарактеризовать условия осадконакопления в южных районах Средневолжского бассейна и тем самым дополнить информацию, полученную другими исследователями центральной и бореальной частей Волжского бассейна.

Таким образом, формирование горючих сланцев Волжского сланценового бассейна характеризуется моделью продуктивностью и моделью развития анакисических условий.

Образование горючих сланцев, а также их дальнейшее сохранение происходило согласно процессам, протекающим в рамках двух рассматриваемых моделей.

Данные модели характеризуются определенными процессами, совокупность которых и определяет благоприятные условия для формирования горючих сланцев. К наиболее важным процессам в модели продуктивности стоит отнести эвстатические колебания, рециклинг, объем поступления органического материала из фотической зоны, объем поступления терригенного материала, развитие аноксии бассейна. Для модели развития аноксических событий нужно отметить основные процессы: стратификация водной толщи, высокая биопродуктивность бассейна, спокойная гидродинамическая обстановка, процессы сульфатредукции и механизм природной «вулканизации» [22, 132].

Геохимические индикаторы развития аноксических обстановок



Рисунок 67 — Геохимические индикаторы развития аноксических событий;
составил В. С. Илясов.

Условные обозначения: 1 — Коцебинское месторождение; 2 — Перелюбское месторождение; 3 — номер пласта, первая цифра номер пласта, вторая номер пачки; 4 — глубина залегания пласта горючего сланца на Перелюбском месторождении, м.

Дополнительным индикатором развития аноксических условий являются отношение

поведения Мо и Мп в эвксинных водах (условия развития аноксии), Мо выводится в осадок, а Мп накапливается в воде, предложено различать разнофациальные отложения по «коэффициенту стагнации» - показателю Мо/Мп. При развитии аноксических условий в отложениях величина будет варьироваться в пределах 0,03 – 0,06, даже достигая 0,18. Показатель DOP_R вычисляется по формуле $DOP_R = Fe_{pyt}/Fe_R$, где $Fe_R = Fe_{pyt} + Fe_{HCl}$. Для суобксических, аноксически и эпизодически эвксинных характерен следующий диапазон значений от 0,55 – 0,93 [121].

Анализируя полученные данные, можно с уверенностью сказать, что периодам формирования наиболее высококачественных продуктивных пластов отвечают аноксические условия – диапазон значений молибден-марганцевого модуля (коэффициент стагнации) 0,042 – вещества. Напротив, для наиболее низкокачественных разностей горючих сланцев- пласты 2(1), аэрируемость бассейна, это объясняет наличие окисленного органического вещества в рассматриваемых пластах.

По сравнению с разрезами Среднего Поволжья и северными районами Восточно-Европейской платформы рассматриваемые месторождения горючих сланцев отличаются рядом особенностей:

- а) здесь зафиксированы самые мощные разрезы в составе сланценосной толщи;
- б) полнота разрезов может меняться на относительно небольших расстояниях, что проявляется в разнообразных литологических, геохимических, пиролитических и технологических характеристиках сырья;
- в) полнота разрезов проявляется в отсутствии биотурбаций и значимых перерывов в осадконакоплении — наблюдаются только внутри- и межслоевые диастемы;
- г) тип органического вещества меняется как по латерали, так и по вертикали. Если в западной части, а также в нижнем сланценосном горизонте выделяются пласты с относительно невысокими значениями НІ (~600), что указывает на присутствие аллохтонного органического вещества, то восточная часть бассейна, а также верхний сланценосный горизонт преимущественно включают в себя пласты с высокими значениями НІ (>1000), что говорит о доминировании автохтонного вещества;
- д) эвстатические колебания оказали большое влияние на строение сланценосной толщи. Этим объясняется наличие большого количества слоев с малой мощностью, выделяемой внутри зоны *Dorsoplanites panderi*.

Степень постседиментационных преобразований горючих сланцев невелика и соответствует стадии раннего катагенеза, поскольку мощность перекрывающих пород обычно не

превышает 100–150 м. Исключение представляют правобережные участки Волги, где мощность вскрыши может достигать 300 м. Таким образом, геохимические параметры, влияющие на сохранность ОВ, сформировались исключительно на стадии диагенеза.

Можно предположить, что образование прослоев, обогащенных ОВ, в большей степени связано с увеличением биопродуктивности водоема седиментации, снижением поступления терригенного материала, а также развитием и сохранением аноксической обстановки и в меньшей — с перестройкой таксономической структуры планктонного комплекса. Из этого следует, что стрессовое воздействие H_2S на биотическое сообщество происходило преимущественно в придонных слоях воды в отличие от бореальных районов Средневожского моря.

Однообразный состав органического вещества в ГС (преимущественно коллоальгинит) указывает на универсальные причины сланцеобразования на всей территории Средневожского бассейна. Описанные выше региональные отличия в большей степени обусловлены спецификой процессов сохранности накопившегося ОВ, нежели изменениями продуктивности.

4. Геохимическая характеристика сланценосной толщи

4.1. Геохимическая характеристика органического вещества

Одним из важнейших показателей горючих сланцев, влияющих на их качество, является геохимическая характеристика органических и неорганических компонентов.

При исследованиях органической составляющей приоритет отдается анализу таких параметров, как $C_{орг.}$ (ТОС), генерационный потенциал, степень термической зрелости, водородный показатель и показатель S_2b (количество углеродных продуктов, полученных при крекинге керогена в интервале 300–600 °C) [66].

Углеродистые сланцы, изученные в центральных и северных районах Русской плиты [89], характеризуются нестабильным содержанием ОВ. Количество $C_{орг.}$ в их составе колеблется от 5,8 до 24,4 % и в целом значительно понижено по сравнению с месторождениями южной части — в Самарской и Саратовской областях. Количество ОВ также существенно зависит от типа горючих сланцев. В отдельных прослоях оно заметно возрастает и в разрезе «Городище» достигает 27–% сланценосной толщи наблюдаются значительные колебания концентрации $C_{орг.}$. Так, максимальные значения $C_{орг.}$ (до 36,1 %) зафиксированы в разрезах Перелюбского месторождения

В строении волжской сланценосной толщи выделяется девять продуктивных пластов. Вниз по разрезу концентрация $C_{орг.}$ постепенно, от первого пласта к третьему, снижается до 19–нижней половине разреза (до 5–10 %), в шестом — девятом пластах. Для разрезов Коцебинского месторождения характерны более низкие показатели $C_{орг.}$ (от 12 до 25 %), преобладают значения 14–17 %. Четкая закономерность в изменении ОВ в продуктивных пластах ранее не была установлена [16, 17].

При помощи метода пиролиза на установке Rock Eval 6 были исследованы образцы керна горючих сланцев и сапропелевой глины с Перелюбского, Коцебинского и Кашпир-Хвалынского месторождений (Таблица 7). Описание методики исследования и интерпретация результатов анализа приводится ниже.

Данный геохимический метод разработан для выделения в осадочном разрезе отложений с высоким нефтегазогенерационным потенциалом и широко используется в геологоразведочных работах во всем мире [66, 69, 134, 144].

При проведении исследования используется средняя проба керна, которая отбирается способом квартования. В данном случае результаты анализов характеризуют нефтегазоматеринские свойства породы в целом. Вес анализируемой пробы керна обычно составляет 70 мг.

Методика позволяет провести прямое количественное определение многих параметров. Вначале исследуемая проба нагревается в потоке инертного газа (N_2) при температуре 180 °C в течение 10 минут. При этом фиксируется параметр S_1 — количество низкомолекулярных УВ (C_1 – C_{15}). При последующем нагреве до 350 °C фиксируются уже высокомолекулярные УВ (C_{15} – C_{40}), этот параметр обозначается S_{2a} . При дальнейшем увеличении температуры фиксируются углеводороды, полученные в результате термической деструкции керогена. Этот параметр обозначается S_{2b} . В работе для обозначения содержания углеводородов в породе используется объединенный параметр S_1 , для сгенерировавшихся в результате пиролиза углеводородов — S_2 . Кроме того, в S_2 в аддитивной форме присутствуют высокомолекулярные гетеросоединения смол и асфальтенов нефти (или битумоида), которые выносятся лишь в зоне более высоких температур крекинга керогена. Предполагается, что хоть они и влияют на показания пика S_2 , но их доля в общем количестве компонентов сравнительно невелика [130].

Интерпретация содержания органического углерода совместно с показателем S_2 имеет большое значение для зон, где сильно проявляются мезо- и апокатогенез, когда первые имеют низкое содержание. Его значение определяется путем сложения углерода, полученного при разложении органического вещества в фазу пиролиза, и остаточного углерода, полученного в фазу окисления.

Одним из наиболее важных показателей является показатель водородного индекса (HI). Это расчетный параметр определяется как отношение $S_2 \times 100 / \text{ТОС}$. Показатель HI характеризует степень обогащенности материнской породы водородом и при известном типе керогена используется для оценки термической зрелости породы [142]. В среднем значения водородного индекса варьируют от 100 до 1100 мг УВ/г. По аналогии с водородным индексом введен также кислородный — он определяется как отношение $S_3CO_2 \times 100 / \text{ТОС}$. Средние значения кислородного индекса составляют от 0 до 95. Указанные индексы не зависят от количества органического вещества и в значительной степени связаны с элементным составом керогена.

Температура, при которой достигается максимальный выход УВ при разложении керогена, отражает степень преобразованности ОВ. Ясно прослеживается взаимосвязь между показателями $T_{\max}$ и таким стандартным способом определения зрелости, как определение отражательной способности витринита. Значения $T_{\max}$ от 400 до 430 °С говорят о незрелом органическом веществе; $T_{\max}$ от 435 до 450 °С — о зрелости или пребывании в нефтяном окне,

Интерпретируя полученные данные, можно сделать вывод, что основным геохимическим параметром, характеризующим качество горючего сланца, является S_2 (S_{2b}), во многом отражающий генерационный потенциал породы. Для горючих сланцев известковых высокоуглеродистых [16, 17] данный параметр превышает 150 мг/г. За ними следуют горючие сланцы известковые, здесь вышеуказанный параметр варьируется от 100 до 150 мг/г. Низкокачественные горючие сланцы известковистые [16, 17] содержат менее 100 мг/г, однако встречаются и исключения. $T_{\max}$ для всех рассматриваемых образцов характеризуется значениями <430 °С, что указывает на незрелый кероген, находящийся на стадии диагенеза или, в ряде случаев, раннего катагенеза (месторождение Кашпир-Хвалынской площади). Это подтверждается крайне низкими значениями S_1 и высокими значениями S_2 .

Также стоит отметить взаимосвязь между параметрами S_2 (S_{2b}), ТОС ($C_{\text{орг}}$) и НІ (водородный индекс). При высоких значениях НІ (>900) отмечается высокий выход УВ в процессе пиролиза, больше 100 мг/г. Значение ТОС варьируется в пределах 12–18 %. При более низких значениях НІ (~600) в ряде случаев сохраняется высокий выход УВ (более 160 мг/г). Источником УВ являются высокие значения ТОС, изменяющиеся в пределах 18–25 %. Горючие сланцы с высокими значениями НІ отличаются высоким качеством органического вещества, что позволяет даже при невысокой биопродуктивности бассейна получать высокий выход жидких УВ на единицу объема породы. Высокие значения ТОС и низкие — НІ указывают на ухудшение качества органического вещества и высокую биопродуктивность бассейна: фоссилизация больших объемов органического материала послужила причиной образования высококачественных горючих сланцев.

Изучив данные трех месторождений (Коцебинское, Перелюбское, Кашпир-Хвалынское), можно говорить о постепенном ухудшении качества горючих сланцев вниз по разрезу в связи со снижением основного параметра S_2 (S_{2b}) (Рисунок 68). Это объясняется снижением биопродуктивности бассейна (снижение ТОС до 5–7 %), и ухудшением качества органического вещества (НІ < 1000). Однако стоит отметить появление в средней части разреза высококачественных пластов горючих сланцев — выделение локальных максимумов параметра

объясняется более благоприятной обстановкой для осадконакопления и высокой биопродуктивностью бассейна по сравнению с вышележащими пластами, параметр ТОС значительно увеличивается (до 19 %).

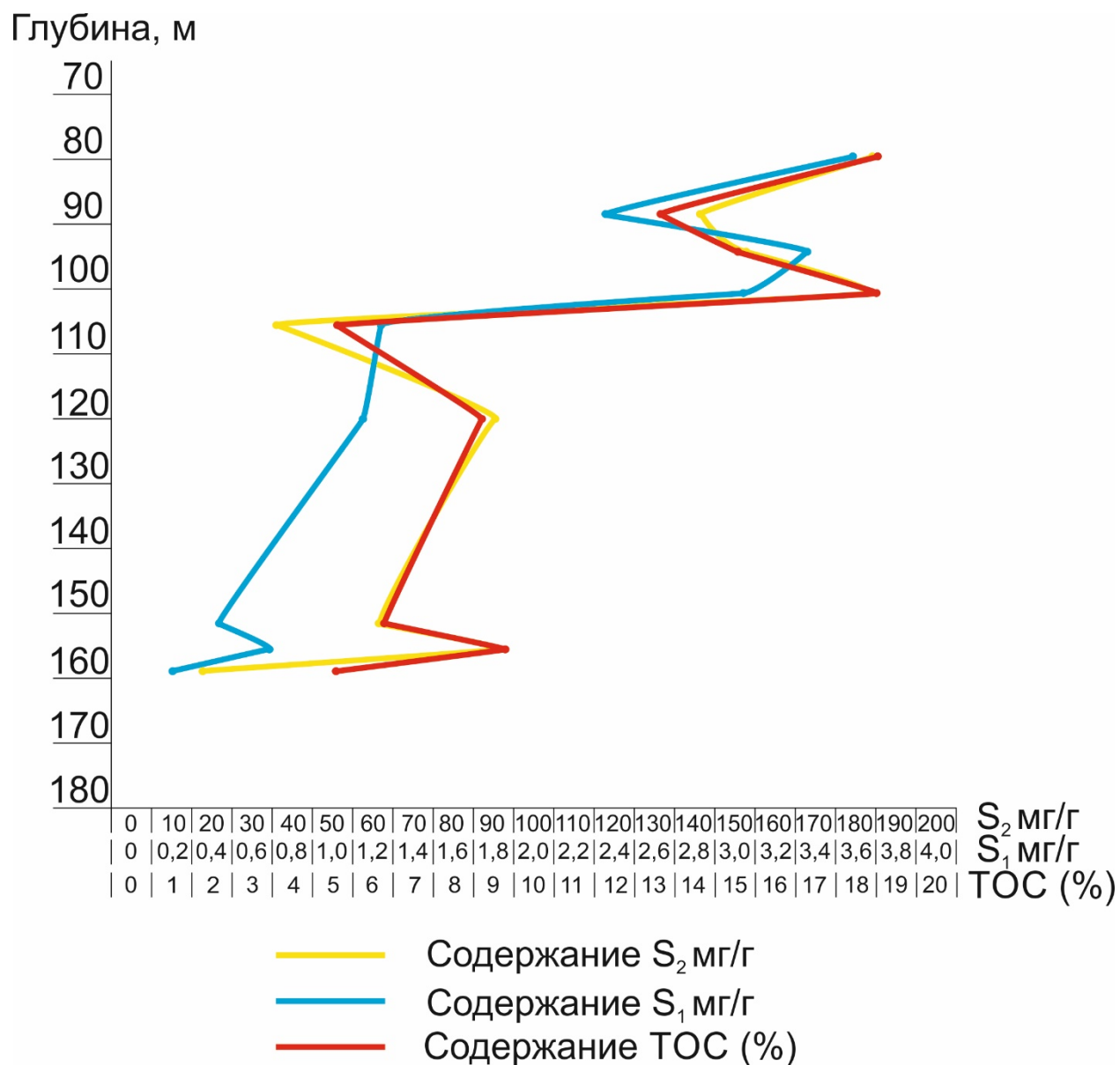


Рисунок 68 — Вертикальная изменчивость основных геохимических параметров в сланценой толще Перелюбского месторождения; составил В. С. Илясов

Таблица 7 — Результаты пиролитических исследований

Площадь, № пласта	№ обр.	Глубина, м	Литология	(m	b	(°C)		m			
Орловское м-е, шурф № 1			Глина			366					
Коцебинское м-е, пласт № 1			Горючий сланец								
Коцебинское м-е, пласт № 2			Горючий сланец								
Коцебинское м-е, пласт № 3			Горючий сланец								
Коцебинское м-е, пласт № 4			Горючий сланец		6						
Кашпир-Хвалынская пл., пачка №1			Горючий сланец								
Кашпир-Хвалынская пл., пачка № 2	7	146,3	Горючий сланец	0,19	138,4	415	1,16	4,06	12,81	1081	
Кашпир-Хвалынская пл., пачка № 3	8	146,9	Горючий сланец	0							
Перелюбское м-е, пласт № 1			Горючий сланец								

Продолжение таблицы 7

Площадь, № пласта	№ обр.	Глубина, м	Литология	(m	b	(°C)		m			
Перелюбское м-е, пласт № 3, пачка № 2			Горючий сланец								
Перелюбское м-е			Глина сапропеле- вая								
Перелюбское м-е, пласт № 4, пачка № 1			Горючий сланец								
Перелюбское м-е, пласт № 5			Горючий сланец								
Перелюбское м-е, пласт № 6			Горючий сланец								
Перелюбское м-е, пласт № 7			Горючий сланец								
Перелюбское м-е, пласт № 8, пачка № 1			Горючий сланец								

Продолжение таблицы 7

Площадь, № пласта	№ обр.	Глубина, м	Литология	(m	b	(°C)		m			
Перелюбское м-е, пласт № 8, пачка № 2			Горючий сланец								
Перелюбское м-е, пласт № 8, пачка № 3			Горючий сланец								

Говоря о латеральной изменчивости основных геохимических параметров верхних пластов сланценосной толщи, стоит отметить, что качество горючих сланцев в направлении с востока (Коцебинское месторождение) на запад (Кашпир-Хвалынская площадь) ухудшается. В восточной части бассейна наблюдаются высокие значения показателей S_2 , ТОС и НІ, а затем эти параметры постепенно снижаются в ряду месторождений Коцебинское — Перелюбское — Кашпир-Хвалынское.

Также были получены диаграммы по методу Bulk Rock (Рисунок 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75).

Данный метод включает в себя шесть анализов: три первых анализа производятся при помощи пиролиза (процесс термического разложения с ограниченным доступом кислорода), а три последующих — при помощи процесса горения (со свободным доступом кислорода). На абсциссах полученных диаграмм указаны температуры, при которых производили данный анализ (в интервале от 100 до 850 °С). На ординату нанесены термические пики, при которых происходило выделение определенного химического соединения (УВ, СО, СО₂).

Первый график характеризует выход S_1 ($S_1 + S_{2a}$) и S_2 (S_{2b}). Оба параметра имеют прямую корреляционную зависимость, и с ростом значения S_1 мы наблюдаем симметричный рост значений S_2 . В нашем случае параметр S_1 также характеризует качество горючего сланца. В ряду «глина сапропелевая — горючий сланец известковистый — горючий сланец известковый — горючий сланец с наиболее высоким содержанием ОВ мы наблюдаем увеличение параметра S_1 с 0,13 до 3,68 мг/г. В связи с этим параметр S_1 , как и параметр S_2 , можно использовать для определения качества горючих сланцев.

Второй график отображает выход СО в процессе пиролиза. Значения $S_3\text{CO}$ соответствуют органическому углероду, образовавшемуся в процессе пиролиза в температурном интервале от 300 до 550 °С. Данное значение отвечает первому пику на графике. Значение $S_3'\text{CO}$ определяет углерод, содержащийся в минералах, в нашем случае преимущественно в карбонатах. Выход неорганического углерода (второй пик на графике) начинается с температуры >550 °С.

В образцах № 12 и 14 (литотип № 10) оба пика характеризуются высокой амплитудой, однако первый пик незначительно превосходит второй. Оба параметра имеют высокие значения, это связано в первую очередь с высокими характеристиками рассматриваемых горючих сланцев (высокими значениями S_2 и ТОС), а также высокой степенью их карбонатности.

Образцы № 17 и 19 (литотип № 9) характеризуются одним большим пиком, приуроченным к выходу органического углерода, что также коррелируется с высокими значениями S_2 и ТОС. Выход неорганического углерода в анализируемых образцах значительно ниже, что говорит о преобладании глинистой составляющей над карбонатной.

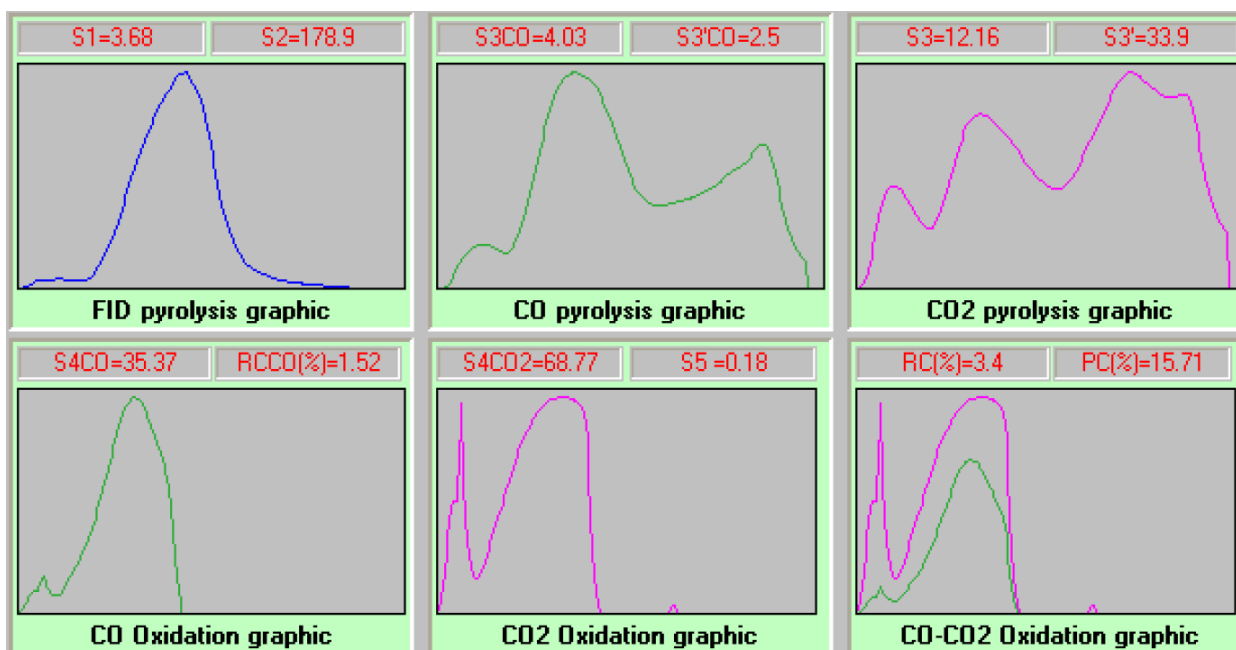


Рисунок 69 — Образец № 12. Горючий сланец с наиболее высоким содержанием ОБ, Перелюбское месторождение, пласт № 1, литотип № 10

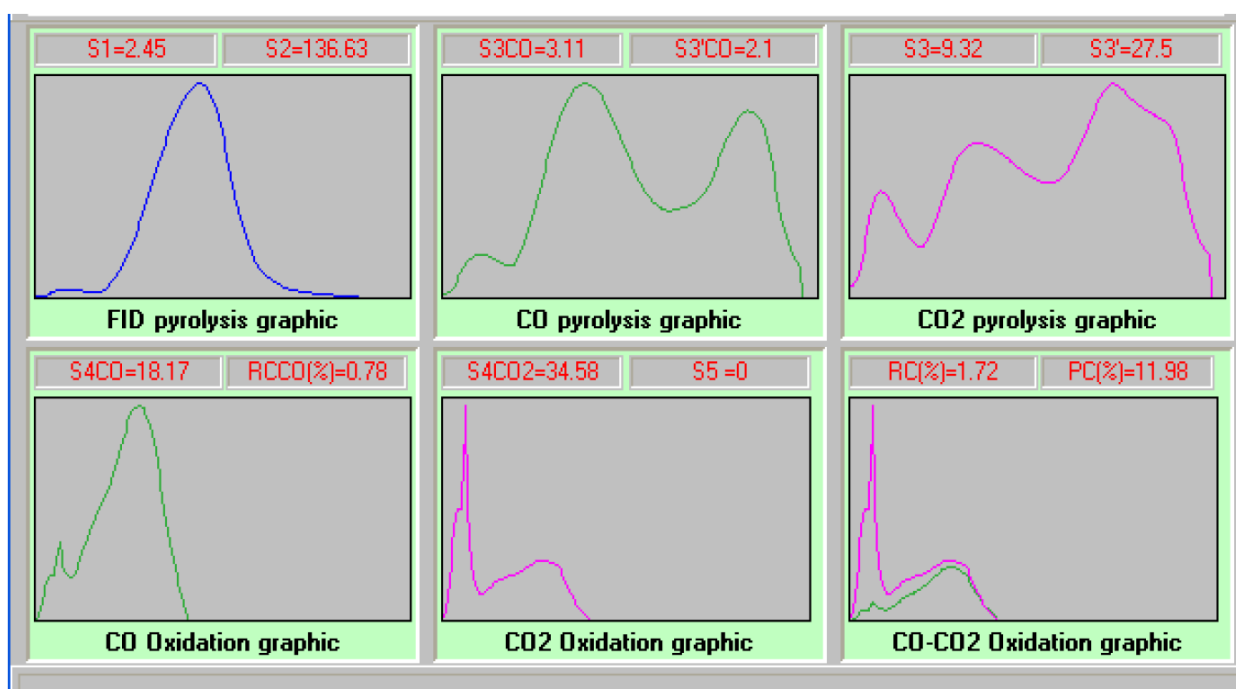


Рисунок 70 — Образец № 14. Горючий сланец с наиболее высоким содержанием ОБ, Перелюбское месторождение, пласт № 3, литотип № 10

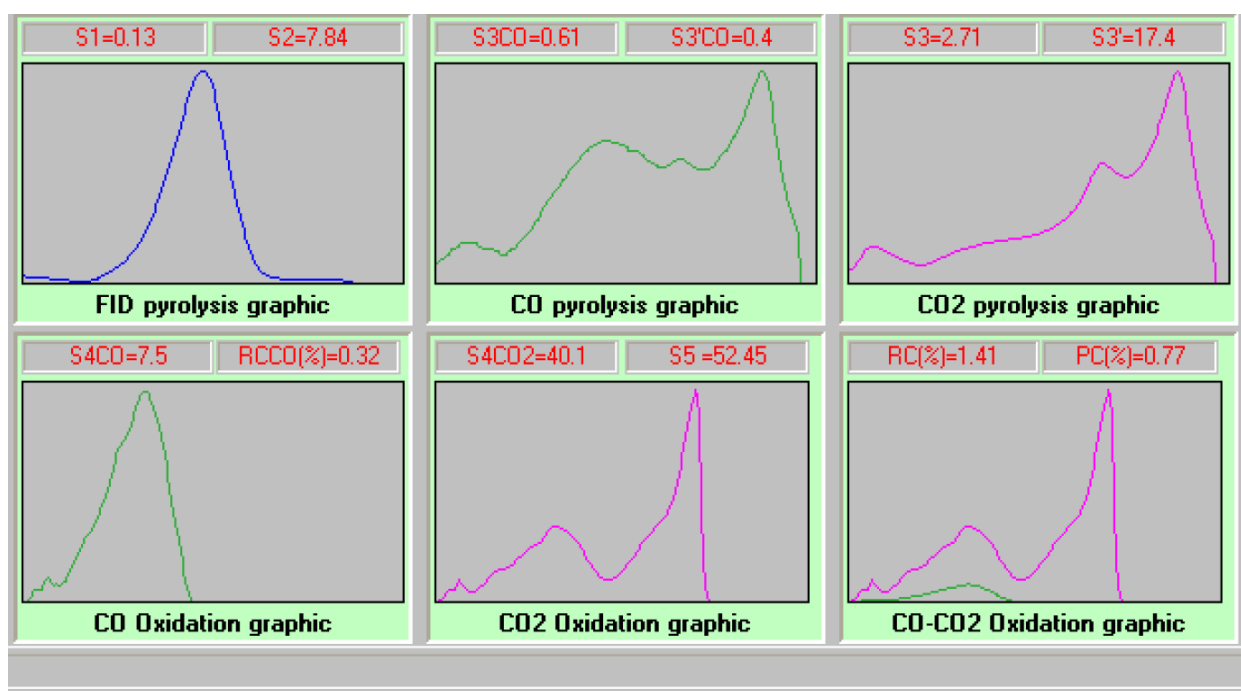


Рисунок 71 — Образец № 15. Глина сапропелевая,
Перелюбское месторождение, литотип № 7

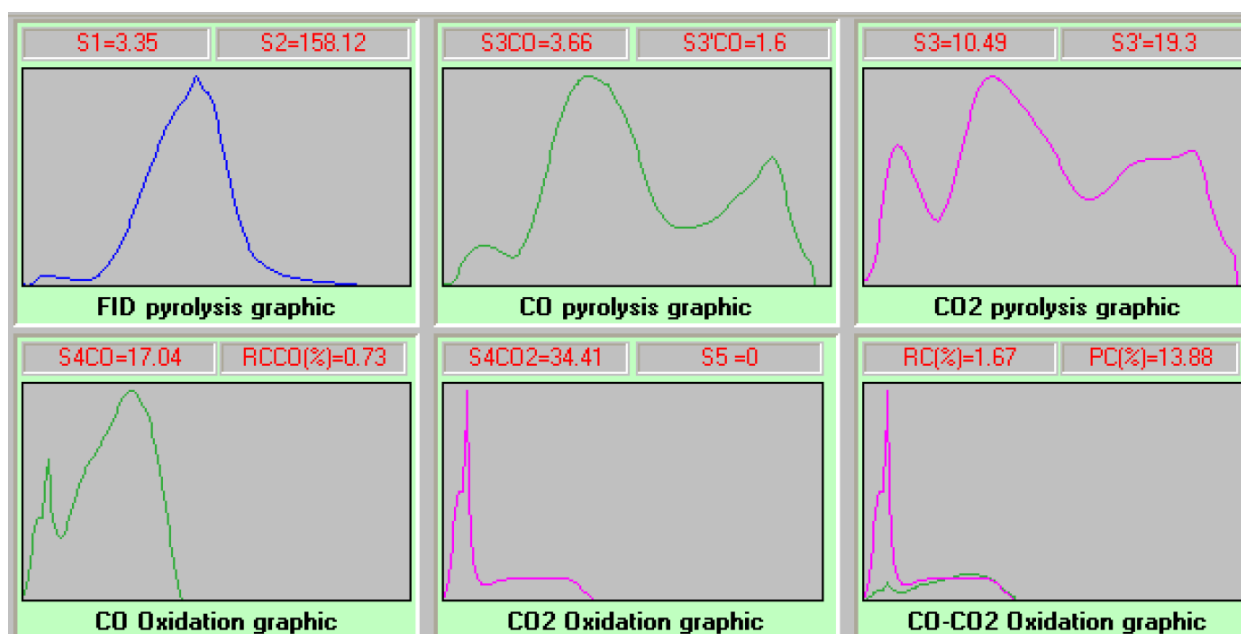


Рисунок 72 — Образец № 17. Горючий сланец известковый, Перелюбское месторождение,
пласт № 4 (1), литотип № 9

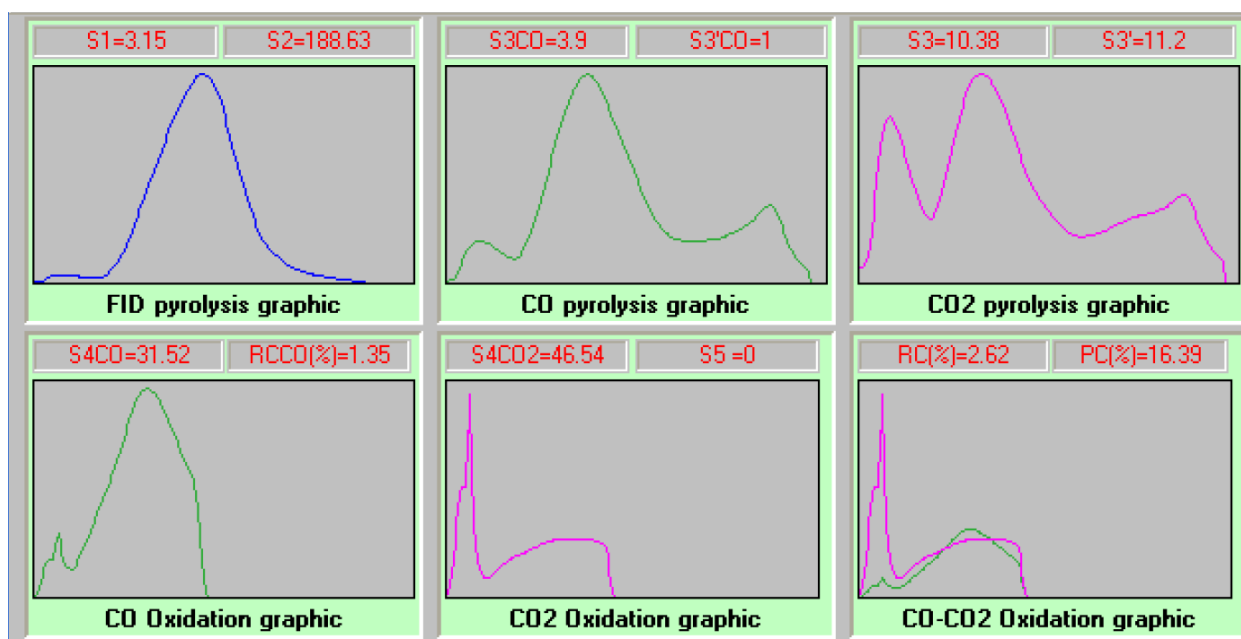


Рисунок 73 — Образец № 19. Горючий сланец известковый, Перелюбское месторождение, пласт № 5, литотип № 9

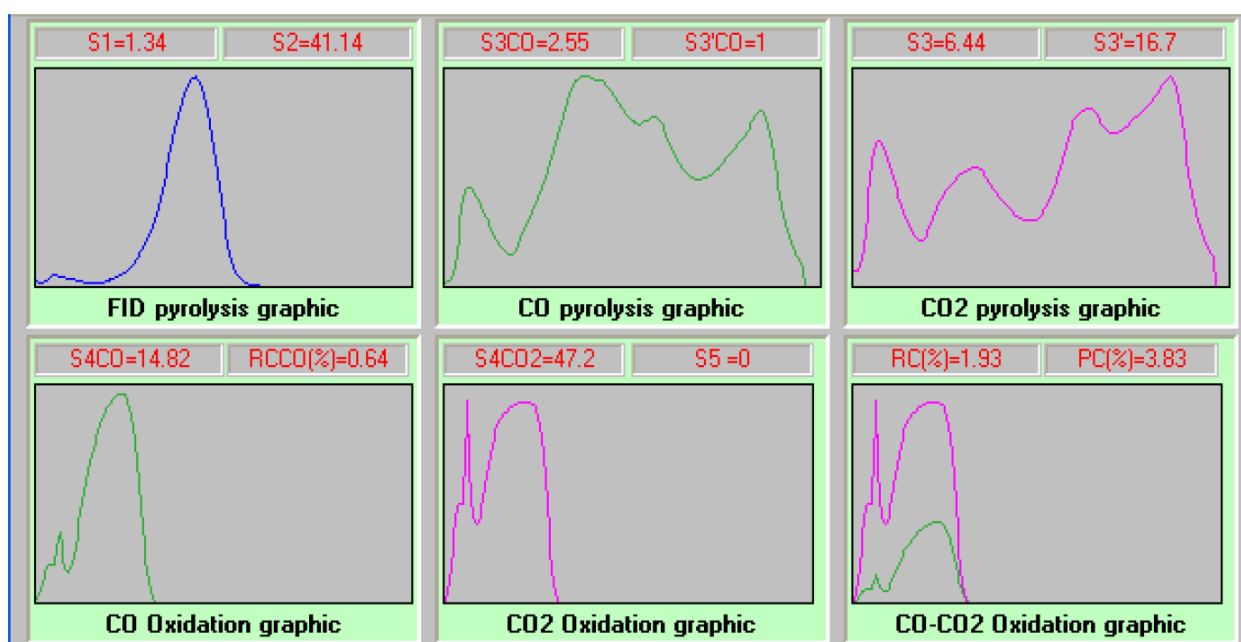


Рисунок 74 — Образец № 20. Горючий сланец известковистый, Перелюбское месторождение пласт № 6, литотип № 8

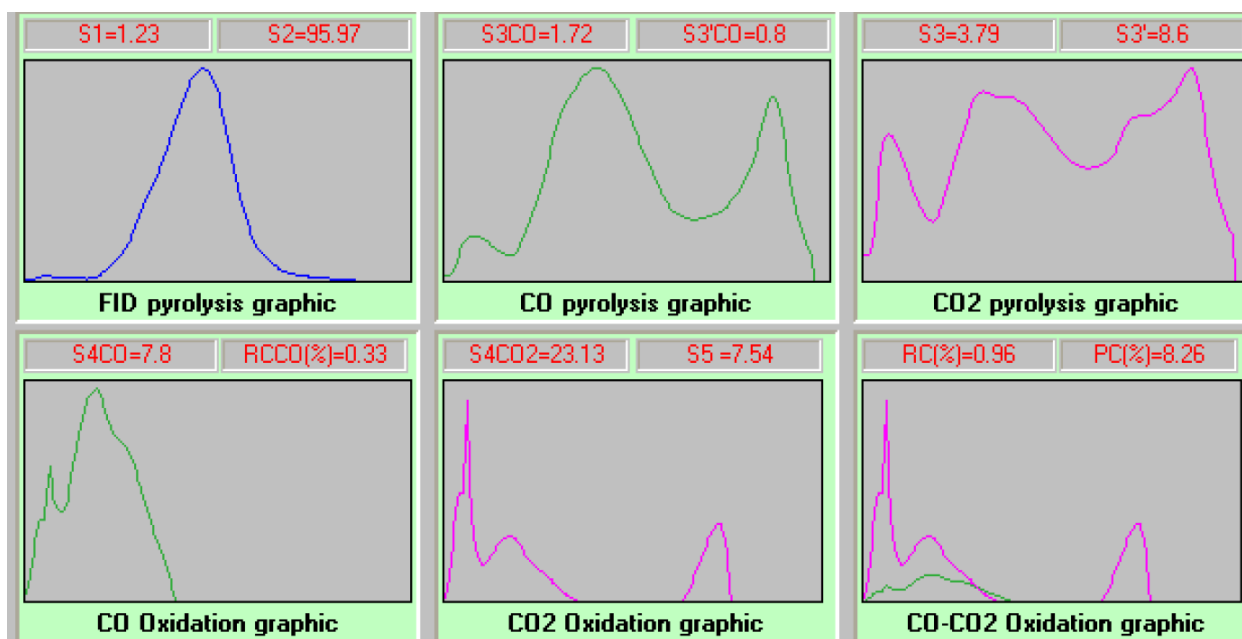


Рисунок 75 — Образец № 21. Горючий сланец известковистый, Перелюбское месторождение, пласт № 7, литотип № 8

В горючих сланцах известковистых, представленных образцами № 20, 21, по-прежнему выделяются два пика, больший из которых соответствует выделению органического углерода. В целом же оба значения значительно снижены по сравнению с диаграммами для горючих сланцев с наиболее высоким содержанием ОВ, это объясняется снижением содержания карбонатного материала и увеличением глинистой составляющей.

В образце № 15, представленном глиной сапропелевой, пик, характеризующий выход неорганического углерода, значительно превышает первый пик, что говорит о низком нефтегазогенерационном потенциале.

Данная диаграмма может использоваться как дополнительный индикатор качества горючих сланцев. Полученные данные могут говорить о преобладании карбонатной или глинистой составляющей в исследуемом образце. Помимо этого, метод позволяет определить соотношение содержания органического и неорганического углерода.

Следующая диаграмма отображает выход CO_2 (S_3/S_3') в процессе пиролиза, в целом она интерпретируется аналогично диаграмме CO , где мы выделяем два пика, характеризующих выход органического и неорганического углерода. Основное отличие состоит в температуре реакций. Органический углерод образуется при температурах от 300 до 400 °С, а минеральный углерод выделяется при температуре от 400 °С. На диаграммах в более известковистых разностях (литотипы № 7, 8, 9) второй пик превышает первый, что объясняется высоким содержанием кальцита и характеризуется химической реакцией: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$. Данная диаграмма также позволяет оценить качество горючих сланцев.

Благодаря значениям, полученным из трех рассмотренных выше диаграмм, возможно рассчитать параметр РС (пиролизуемый органический углерод):

$$PC (\%) = (S_1 + S_2) \times 0,083 + (S_3 \times 12/440) + (S_3CO + 1/2 \times S_3'CO) \times 12/280 \quad (1)$$

Последующие три диаграммы описывают процесс горения. В них мы получаем данные о следующих параметрах: S_4CO — остаточный CO, полученный в температурном окне от 300 до разложение карбонатов при 650 °С.

На основе вышеуказанных параметров рассчитывается RC (остаточный органический углерод):

R

C

Параметр S_5 в расчетах не используется, так как он относится к неорганическому карбонатному углероду.

C

Рассматривая отношения параметров RO и PC (Таблица 8), можно сделать следующие выводы:

S

1) для высококачественных горючих сланцев характерно высокое отношение PC/RC — 4,6–8,6;

O

2) для низкокачественных горючих сланцев отношение падает до 2;

3) для непродуктивных разностей (сапропелевой глины) параметр RC превышает PC, и отношение составляет меньше 1.

Суммой пиролизуемого и остаточного органического углерода является TOC ($C_{орг}$). И если из PC мы можем получить сланцевую нефть, газ и многие другие полезные компоненты, то основным продуктом, получаемым из RC, является сланцевый кокс, широко используемый в промышленности, поэтому при анализе технологических свойств горючих сланцев нужно учитывать оба этих критерия.

Таблица 8 — Отношение RC/PC

№ обр.	Наименование породы	PC	RC	PC/RC
	Горючий сланец с наиболее высоким содержанием ОВ, Перелюбское месторождение, пласт № 1, литотип № 10			
	Горючий сланец с наиболее высоким содержанием ОВ, Перелюбское месторождение, пласт № 3, литотип № 10			
	Глина сапропелевая, Перелюбское месторождение, литотип № 7			
	Горючий сланец известковый, Перелюбское месторождение, пласт № 4(1), литотип № 9			
	Горючий сланец известковый, Перелюбское месторождение, пласт № 5, литотип № 9			
	Горючий сланец известковистый, Перелюбское месторождение, пласт № 6, литотип № 8			

За рубежом, а в последние десятилетия и в России, широко используется классификация типов ОВ (типов керогена) по структурно-химическому признаку Б. Тиссо и Д. Вельте (1981). Авторы выделили три типа керогена, которые на диаграмме Ван Кревелена характеризуются соответствующими кривыми [112].

Первый тип — кероген с высоким содержанием водорода и низким содержанием кислорода (начальное атомное отношение Н/С высокое — более 1,5 и О/С низкое — менее 0,1). В значительной части кероген состоит из липидного материала, в нем преобладают алифатические структуры. Содержание полиароматических ядер и гетерогенных связей невелико. Кислород находится, главным образом, в сложноэфирных связях. Кероген формируется в основном за счет водорослевых и микробных липидов; он характерен для некоторых типов горючих сланцев, в том числе горючих сланцев «Грин Ривер». Этот тип керогена встречается относительно редко.

Второй тип характеризуется достаточно высоким содержанием водорода, но оно меньше, чем в первом типе (Н/С — 1,5–1). В керогене этого типа большое значение приобретают полиароматические ядра, гетероатомные группы кетонов, карбоксильные группы кислот и сложноэфирные связи. В нем обычно присутствует сера, локализованная в гетероциклах. Кероген этого типа формируется в результате отложения и накопления морских организмов (фито- и

зоопланктон, бактерии, с участием принесенных в бассейн ОВ высших растений). Он является источником УВ для большинства нефтяных месторождений, в том числе и гигантских.

Третий тип — кероген, бедный водородом ($H/C < 1$, $O/C = 0,2-0,3$), содержащий преимущественно конденсированные полиароматические ядра и кислородсодержащие функциональные группы при отсутствии сложноэфирных группировок. Для него характерны длинные алифатические цепочки, унаследованные от восков высших растений. Кероген этого типа образовался в основном из остатков наземной растительности и типичен для континентальных окраин и дельтовых толщ.

Наряду с тремя перечисленными основными типами выделяется четвертый тип, характеризующий инертный кероген [130, 134–137, 139, 142–144].

Типизация керогена по Б. Тиссо и Д. Вельте, по существу, соответствует разделению керогенов на основные группы — сапропелиты (I и II типы) и гумиты (III тип), только в тип I выделены самые чистые керогены горючих сланцев, наименее окисленные в диагенезе. Выделенные типы керогенов отличаются по характеру генерируемых продуктов и катагенетической позиции главных зон образования нефти и газа.

Диаграмма Ван Кревелена отображает атомные соотношения трех основных элементов ОВ в осях H/C — O/C для трех основных типов органического вещества. В связи с отсутствием данных атомных соотношений H/C , O/C мы использовали для вычисления необходимых данных следующую формулу: $H/C = 0,0014 \times HI + 0,5753$; $O/C = 0,004 \times OI + 0,0392$.

Уравнения позволяют пересчитать пиролитические параметры в атомные соотношения и нанести результаты пиролитических анализов непосредственно на диаграмму Ван Кревелена. Это, конечно, по-прежнему линейная аппроксимация возможно нелинейного преобразования, которое необходимо для перевода эволюционных кривых на диаграмме в осях $HI-OI$ в кривые на диаграмме Ван Кревелена. Тем не менее это преобразование представляется более правомерным, поскольку не нарушает физически допустимые пределы изменения параметров [28].

Анализируя диаграмму Ван Кревелена (Рисунок 76), можно заметить, что большинство исследуемых образцов относится к I типу керогена, что говорит нам о высоком качестве горючих сланцев. Остальные горючие сланцы относятся ко II и III типам керогена и классифицируются как горючие сланцы известковистые. Помимо этого, настолько высокие показатели у керогена горючих сланцев могут быть объяснены незначительной глубиной погружения (30–300 м) и этапом диагенеза / раннего катагенеза, к которому приурочено развитие горючих сланцев.

Резюмируя вышеизложенное, отметим, что основными параметрами, влияющими на качество горючих сланцев, при рассмотрении данных пиролиза, выполненных на установке Rock

РС и РС. Используемые данные применимы для прогнозов поисково-оценочных и разведочных работ, а также для подсчетов запасов жидких УВ.

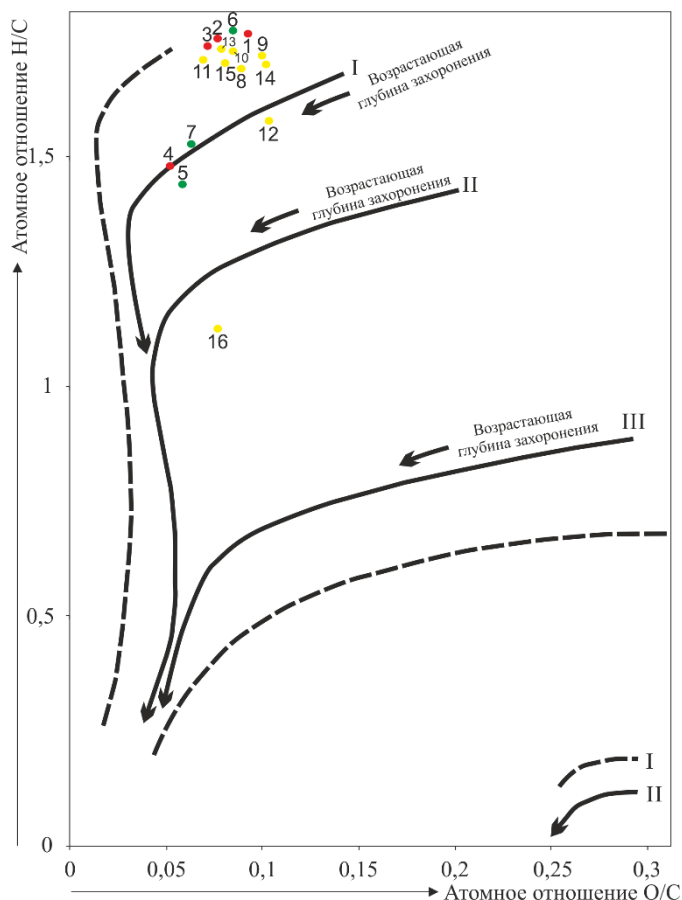


Рисунок 76 — Диаграмма Ван Кревелена: основные типы и эволюционные кривые керогенов типов I, II и III (по Б. Тиссо и Д. Вельте, 1981)

Условные обозначения: I — границы поля, отвечающего керогену; II — эволюционные кривые основных типов керогена; 1 — горючий сланец, пласт № 1, Коцебинское месторождение; 2 — горючий сланец, пласт № 2, Коцебинское месторождение; 3 — горючий сланец, пласт № 3, Коцебинское месторождение; 4 — горючий сланец, пласт № 4, Коцебинское месторождение; 5 — горючий сланец, пласт № 2 (1), Кашпир-Хвалыинское месторождение; 6 — горючий сланец, пласт № 2 (2), Кашпир-Хвалыинское месторождение; 7 — горючий сланец, пласт № 2 (3), Кашпир-Хвалыинское месторождение; 8 — горючий сланец, пласт № 1, Перелюбское месторождение; 9 — горючий сланец, пласт № 3 (2), Перелюбское месторождение; 10 — горючий сланец, пласт № 4 (1), Перелюбское месторождение; 11 — горючий сланец, пласт № 5, Перелюбское месторождение; 12 — горючий сланец, пласт № 6, Перелюбское месторождение; 13 — горючий сланец, пласт № 7, Перелюбское месторождение; 14 — горючий сланец, пласт № 8(1), Перелюбское месторождение; 15 — горючий сланец, пласт № 8 (2), Перелюбское месторождение; 16 — горючий сланец, пласт № 8 (3), Перелюбское месторождение

Результаты сравнительного анализа наиболее перспективных и изученных на сегодняшний день объектов показаны в таблице 9 [28, 66, 77, 111]. Уже на основании этих данных

можно сделать вывод о высокой перспективности разработки горючих сланцев Волжского бассейна. Опробование ГС показало, что из одной тонны сырья можно получить от 100 до 300 литров нефти, 150–300 м³ газа с теплотворной способностью в среднем около 4000 ккал/кг, что в два раза ниже, чем у природного газа, а также целый спектр продуктов из золы ГС.

Таблица 9 — Основные геохимические параметры (Rock Eval 6)
перспективных объектов нетрадиционных УВ в РФ

Основные геохимические показатели	Горючие сланцы В	Доманиковая толща [111]	Баженовская свита [28, 77]
C _{орг} , %	–26 (60 [145])	–12,5	5–28
S (свободные УВ, до 300 °С)	0,08–0,12	6	3–9
S (УВ-продукты пиролиза керогена и смолисто-асфальтеновых веществ, 300– 650 °С)	23–194	24–85	42–187
H (водородный индекс)	397–1000	570–590	537–889

4.2. Геохимическая характеристика минеральной составляющей

Силикатная часть пород сланценосной толщи, а также такие микроэлементы, как Cr, V и Zr, характеризуются отрицательной корреляцией с количеством органического вещества. Однако целый ряд других химических компонентов (S, Cu, Mo, Ni, Zn, Pb и некоторые другие), обладающих био-халькофильными свойствами, обнаруживают тесную положительную связь с величиной $C_{орг}$. По данным Т. Ф. Букиной, в составе керогена из микроэлементов преобладает Ti, содержание которого достигает десятых долей процента на Перелюбском месторождении. В меньших количествах зафиксированы Mn, Ni (сотые доли процента), Zn, В (тысячные доли), а также Mo, Co, Ag и Pb (десятитысячные доли процента). В зависимости от суммарного коэффициента концентрации (K_k) биофильных элементов в разрезе Перелюбского месторождения четко выделяются три части, которые не в полной мере соответствуют ранее существовавшим представлениям [16]. В верхней части сланценосной толщи (первый и второй продуктивные пласты) данный коэффициент приближается к 60 (Рисунок 71), затем вниз по разрезу возрастает до 90 (третий и четвертый продуктивные пласты) и далее в направлении подошвы вновь постепенно снижается сначала до 60 (пятый продуктивный пласт), а затем — до 5–6 (шестой — девятый продуктивные пласты). Похожим образом характеризуется распределение в продуктивных пластах количества ОВ. Характерно, что средний горизонт с наиболее высокими значениями K_k также отличается от подстилающих и перекрывающих образований примесью вулканического стекла и пепловых частиц, а также максимальным содержанием в глинистой фракции смектита с Na^+ в поглощенном комплексе. Аналогичный уровень уверенно прослеживается в региональном плане и также устанавливается в разрезах рассматриваемой сланценосной толщи в Среднем Поволжье («Городище») и на севере Восточно-Европейской платформы («Кайгородок»).

Деление сланценосной толщи на три части (зоны) также уместно с точки зрения распределения технологических параметров горючих сланцев. Однако наблюдается некоторое смещение границ между отдельными зонами и, соответственно, происходит изменение стратиграфического объема. Так, для верхней зоны характерно значительное снижение теплоты сгорания сверху вниз от 3356 ккал/кг (2900 ккал/кг на Коцебинском месторождении) до наблюдается постепенное увеличение рассматриваемого показателя от третьего пласта месторождения с достижением максимальных значений в его подошве (пятый пласт на

Коцебинском), 3180 и 3518 ккал/кг соответственно. Нижняя продуктивная пачка характеризуется новым значительным понижением теплотворной способности горючих сланцев до 1527–1690 ккал/кг [69].

Прямо противоположное распределение фиксируется для значений зольности. Максимальные величины этого показателя отмечены в пластах нижней и верхней пачек, а самые низкие значения зафиксированы в сланцах средней зоны.

Изучение характера распределения химических элементов в породах сланценосной толщи показало, что в большинстве случаев их содержание значительно превышает кларковые значения. Наиболее существенно увеличиваются концентрации S, Ni, Mo, V и P. По данным Е. В. Щепетовой [120], в большинстве разрезов Средневожской сланценосной провинции на Восточно-Европейской платформе кларковый уровень для этих элементов бывает превышен в 20–50 раз. Суммарное содержание микроэлементов в сланцах Перелюбского и Коцебинского месторождений подвержено значительным колебаниям и варьируется в широком диапазоне как в пределах отдельных пластов, так и по вертикали. Однако вновь прослеживаются повышенные концентрации микроэлементов, приуроченные к средней части продуктивного разреза: в ней суммарное количество микроэлементов достигает 3000–4000 г/т на фоне двукратного его сокращения в подстилающих и перекрывающих образованиях. Несмотря на колебания общего количества, относительно стабильным выглядит ряд убывания основных элементов: Ag — Mo — Sn — Pb — Ni. В некоторых случаях (третий пласт Коцебинского месторождения) Ag и Mo меняются местами.

В последние годы в продуктивных пластах Перелюбского и Коцебинского месторождений установлены интервалы с очень высоким содержанием рения, от 10 до 50 г/т (пласт № 1, Коцебинское месторождение). Локальный характер опробования и отсутствие информации о закономерностях распространения этого чрезвычайно ценного металла в породах средневожской сланценосной толщи затрудняют оценку перспектив его разведки и дальнейшей добычи. Однако широко известно наиболее характерное свойство рения, которое заключается в его ярко выраженном геохимическом сходстве с молибденом, а закономерности распределения второго элемента во многих пунктах распространения рассматриваемой сланценосной толщи достаточно хорошо изучены. В этой связи появляется возможность косвенно оценить распределение рения как по латерали, так и в отдельных разрезах.

На Перелюбском и Коцебинском месторождениях четко выделяется интервал с повышенным содержанием молибдена. В разрезе Перелюбского месторождения (скважина № 559) наблюдается двухмодальный тип распределения этого элемента. На фоне значений 3–6 % x

которых содержание молибдена возрастает до $9,5 — 15 \% \times 10^{-3}$ (Рисунок 77). Похожая тенденция просматривается и в разрезе Коцебинского месторождения, однако содержание молибдена там значительно ниже по сравнению с Перелюбской площадью. Исходя из вышеизложенного можно предположить, что в пластах горючих сланцев № 3, 4 Перелюбского и Коцебинского месторождений содержание рения, возможно, **составляет более 1 г/т** [69].

При обнаружении в породах разного возраста повышенных концентраций тех или иных полезных компонентов возникает естественный вопрос об источниках вещества и причинах его повышенного скопления. Один из ответов на данный вопрос может быть связан с рассмотрением особенностей распространения некоторых седиментационных компонентов в составе верхнеюрской сланценосной толщи.

Как уже говорилось выше, в разрезе Перелюбского месторождения уверенно выделяются три части (зоны) с разным количественным соотношением седиментационных и технологических параметров. Так, зона с аномальным составом парагенезиса глинистых минералов в стратиграфическом отношении, как и в случае с распределением молибдена, охватывает нижние фрагменты третьего продуктивного пласта и подстилающие известковистые глины с кокколитами общей мощностью 2,1 м. Для них характерна хлорит-иллитовая минеральная ассоциация, а отличительной особенностью является наличие прослоев, содержащих разновидности смектитов с Na^+ в качестве обменного катиона, ранее не обнаруживавшиеся в породах сланценосной толщи. Основной диагностический рефлекс d_{001} изменяется от 12,04 до 12,92 нм [45,81]. Примечательно, что в шлифах из вмещающих пород установлены рогульчатые включения вулканического стекла, остроугольные мелкие зерна кварца, преобразованные пепловые частицы и гейландит из группы цеолитов [17].

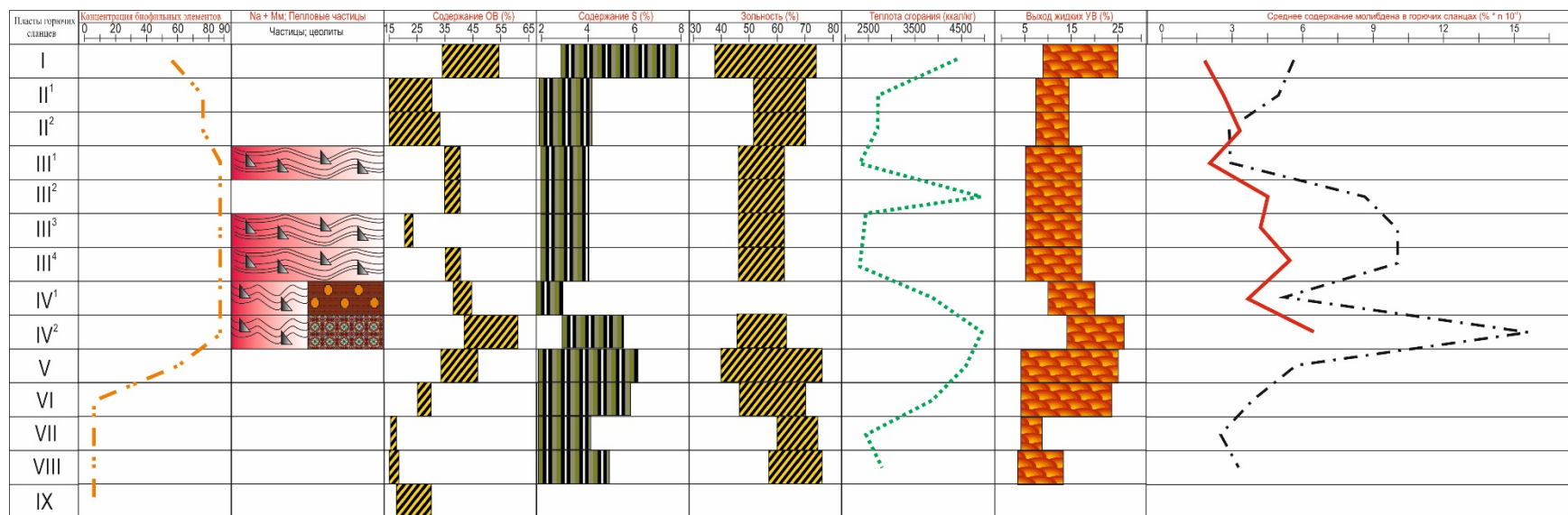


Рисунок 77 — Основные геохимические и технологические показатели Перелюбского месторождения; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — обломки вулканического стекла; 2 — Na-сметиты; 3 — цеолиты; 4 — пепловые частицы; 5 — радиолярии; 6 — содержание молибдена в горючих сланцах Коцебинского месторождения; 7 — содержание молибдена в горючих сланцах Перелюбского месторождения

Описанная пачка может быть сопоставлена с четвертым продуктивным пластом Перелюбского месторождения, а также третьей (и, возможно, нижней частью четвертой) пачкой разрезов «Городище» и «Кайгородок» в Сысольской впадине на севере ВЕП. В составе минеральных ассоциаций данной пачки характерным признаком указана примесь клиноптилолита из группы цеолитов [120]. По мнению Е. В. Щепетовой, минеральные парагенезисы, обогащенные смектитами и включающие цеолиты, следует связывать с многочисленными остатками микрофауны с кремневым скелетом в отложениях сланценосной толщи. Однако в разрезах Саратовского и Самарского Левобережья такой связи не просматривается, поскольку скелетные остатки микрофауны обычно характеризуются карбонатным или агглютинированным составом у фораминифер.

Таким образом, в отложениях волжской сланценосной толщи выделяется пачка со своеобразным минеральным составом пелитовой фракции. Региональный характер распространения, наличие минералов группы цеолитов и смектитов с натриевым катионом в составе на Коцебинском месторождении, а также продукты переработки вулканического стекла и пепловых частиц позволяют выдвинуть предположение об участии пирокластики в формировании аутигенных минералов рассматриваемой пачки.

Рассмотрение особенностей вещественного состава сланценосных пород позволило выделить несколько стадий накопления и диагенетических трансформаций пеплового материала. **На начальной стадии** происходило выпадение пирокластических компонентов и их совместная аккумуляция с органогенно-терригенными илами на дне морского бассейна. Доля пепловых частиц была относительно невелика и резко уступала в объеме терригенным осадкам — на это указывает отсутствие в разрезе самостоятельных пепловых прослоев и рассеянный характер накопления.

Вторая стадия знаменовалась началом диагенетического преобразования вулканического стекла, дававшего толчок накоплению кремнисто-цеолитово-смектитовых илов. Приток значительного количества кремнекислоты вулканогенного происхождения в конечный водоем стока способствовал расцвету микроорганизмов с кремнистым скелетом — об этом свидетельствуют такие результаты раннего диагенеза, как полурасстворившиеся фрагменты вулканических стекол, широкое развитие радиолярий в сланцах четвертого пласта, формирование цеолитов и смектитов натриевой разновидности [17]. В породах других продуктивных пластов Перелюбского месторождения доминирует микрофауна с карбонатным или агглютинированным составом раковин.

Для **третьей стадии** характерны менее контрастные изменения частично литифицированных илов. Они проявились в виде широкой цеолитизации мелких кокколитов, а также в качественных изменениях в составе поглощенного комплекса смектитов. Возникали

натриево-кальциевые разновидности, фиксируемые по возрастанию базальных рефлексов до 12,92–13,94 нм.

Диагностика пеплового материала может быть затруднительной по нескольким причинам. Во-первых, в процессе диагенеза происходит полное или частичное преобразование включений вулканического генезиса. Во-вторых, значительная удаленность источников эксплозивной деятельности ограничивает объем поступающего материала, что обуславливает его значительную разубоженность в составе глинисто-углеродистых илов. В-третьих, аутигенные преобразования, связанные с переходом натриевой разновидности смектитов в кальциевую, значительно сокращают первичное содержание минерала с катионом натрия в обменном комплексе [104, 105] — об этом свидетельствуют многочисленные примеры появления образцов с базальными рефлексами в области 12,92–13,94 нм.

Тем не менее получены убедительные доказательства воздействия продуктов эксплозивной деятельности на процесс осадконакопления.

В настоящее время общепризнанными являются две точки зрения на происхождение рения. В ряде стран, которые являются лидерами по промышленной разработке этого металла, его основным источником являются молибденовые и полиметаллические руды гидротермального генезиса. В конце прошлого столетия этот элемент также был обнаружен в высокотемпературных газах вулканического происхождения на острове Итуруп Курильской гряды. Вероятно, рудный источник рения в горючих сланцах Средневожского бассейна может быть полностью исключен, поскольку континентальное окружение бассейна было целиком сложено осадочными породами широкого стратиграфического диапазона. Практически невозможно найти в пределах источников сноса (даже дальних, за исключением Воронежской антеклизы) участки площадного развития магматических и метаморфических образований. В связи с выявлением в разрезах Перелюбского и Коцебинского месторождений горизонта с четко выраженными признаками наличия примеси пирокластического материала более реалистичным выглядит гипотеза о вулканогенном источнике молибден-рениевого парагенеза в составе пород сланценосной толщи. При принятии этой версии остается открытым вопрос о местоположении палеовулканов в позднеюрское время.

Хорошо известно, что средневожский осадочный водоем в палеогеографическом отношении представлял собой сложно построенный пролив, который соединял два океанических бассейна — Полярный на севере и Тетический на юге. Общепризнанно, что в Кавказской ветви Мезотетиса на протяжении всего мезозоя существовали условия активной континентальной окраины, к которой была приурочена активная цепь палеовулканизма с четырьмя этапами магматической активности — раннеюрским, среднеюрским, позднеюрско-раннемеловым и позднемеловым. Зона максимальной геодинамической активности прослеживалась вдоль бортов флишевого трога Большого Кавказа и образовывала протяженный вулканогенный пояс, в

пределах которого формировались эффузивно-интрузивные комплексы [103].

Если принять версию о приуроченности источника пирокластического материала к активной окраине Тетического океана в конце юрской эпохи, то приходится допускать возможность перемещения пепловых частиц в северном направлении на расстояние более 1000 км.

Следы эффузивной деятельности в разрезах мезо-кайнозоя отмечались в работах В. П. Ренгартена и В. А. Кузнецова (1967), З. А. Яночкиной и Т. Ф. Букиной (1985), В. И. Муравьева с соавторами (1997), Зориной с соавторами (2008, 2012) [16, 17, 58, 61]. Наиболее известным примером подобных находок являются прослой вулканических пеплов мощностью до 2 м, обнаруженные в миоценовых отложениях на юго-востоке Воронежской антеклизы («горелкинский» пепел) [74]. На основании изучения химического состава пеплов и их петрохимических особенностей предполагается кавказский или закарпатский источник вулканитов [72]. Тем самым обосновывается дальность переноса тончайших обломков вулканического стекла на расстояние до 2500 км.

Поскольку в результате проведенных исследований установлены закономерности распределения смектита с Na-катионом, который также генетически связан с процессами вулканизма, появляется возможность предварительно прогнозировать пласты горючих сланцев, обогащенные рением.

5. Параметры, определяющие объем и качество сланценосной толщи

Как известно, горючий сланец — это комплексное органо-минеральное полезное ископаемое. Промышленную ценность представляют как ОВ, так и минеральная масса сланцев. На их основе может быть организовано производство значительного ассортимента топливных и химических продуктов, а также разнообразных материалов строительной индустрии [55].

Рассматриваемая сланценосная толща очень неоднородна по своему строению и качеству сырья потенциально продуктивных пластов. В целом наблюдается тенденция к ухудшению их промышленной значимости вниз по разрезу. В зависимости от технологических параметров и особенностей вещественного состава выделяются [84] три основных литотипа ГС: *горючие сланцы известковистые; горючие сланцы известковые; горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОВ*. Качественная характеристика основных породообразующих компонентов, а также количественные изменения основных технологических показателей указанных литотипов приведены в таблице 10.

Основными технологическими параметрами, влияющими на качество горючего сланца, являются «теплота сгорания», «зольность», «выход газа, сланцевой смолы (нефти)» и «минеральный состав золы».

Под **теплотой сгорания (Q)** понимают количество выделившейся теплоты при полном сгорании массовой (для твердых и жидких веществ) единицы вещества. Измеряется в ккал/кг и является основным техническим параметром горючих сланцев. **Напрямую зависит от содержания ОВ, чем больше ОВ тем выше теплота сгорания.**

Второй параметр, **зольность**, представляет собой отношение массы негорючего остатка (зола), полученной после сжигания горючей части топлива, к массе исходного топлива. Обозначается символом A и выражается в процентах. Для всех типов твердых топлив зольность — один из основных нормируемых показателей характеристики и оценки их качества, используемый при разработке технических условий, потребительских стандартов, кондиций и при подсчете запасов. Повышение зольности снижает тепловой эффект сжигания топлив, удорожает (как балласт) стоимость их транспортировки, отрицательно отражается на технологии переработки и качестве получаемых продуктов (гидравлическое вяжущее, редкоземельные металлы и др.) [45].

Таблица 10 — Параметры литотипов горючих сланцев

Наименование литотипа	Литотип № 8 Горючие сланцы известковистые	Литотип № 9 Горючие сланцы известковые	Литотип № 10 Горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОВ
Цвет	Темно-серый с коричневатыми, коричневатозелеными оттенками	Серо-коричневый, серый, коричневатосерый, серый с желтоватым оттенком	Коричневато-желтый, желтосерый, светло-коричневый
Текстура	Тонкослоистая, связанная с неравномерным распределением ОВ и глинистого материала. Микролинзовая (переслаивание микролинз коллоальгинита и глинистых частиц)	Тонкослоистая, отдельность плитчатая. Связана с изменением оттенка окраски и насыщенности слоёв известковыми компонентами — кокколитами либо ОВ. Микролинзовая (чередования линз чистого прозрачного коллоальгинита, смешанного с глинистым веществом, и светлых микролинз скоплений кокколитов)	Изменяется от линзовидной и косоугольной, выраженной в изменении окраски слоёв, до почти массивной. Завуалированная микролинзовая структура (обусловлена однородностью прилегающих друг к другу микролинз, сложенных прозрачным коллоальгинитом) массивной
Структура	Пелитовая	Пелитовая	Пелитовая
Тип ОВ	Сапропелевый	Сапропелевый	Сапропелевый

Продолжение таблицы 10

Содержание ОВ	–30	–45	–80
C _{орг} (%)	5–12	–22	14–32 (60)
Породообразующие компоненты			
Коллоальгинит (КА)	–30 %. Окраска неоднородная желтая, темно-бурая, красно-бурая, коричневато-бурая. Чередование мелких слабо уплотненных несколько окисленных линз КА с глинисто-кокколитовым и алевроитовым материалом. Степень окисленности высокая	–45 %. Окраска светло-желтая, однородная. Отличается однородным характером микролинз. В микролинзах КА смешан с крупными ориентированными кокколитами веществом, сохранность хорошая. Степень окисленности средняя	–80 %. Светло-желтый прозрачный, образует крупные и мелкие сливающиеся микролинзы. Форма микролинз нередко нарушена разрастающимися кристаллами кальцита. Степень окисленности низкая. Встречается талломоальгинит
Кокколиты (КК)	5–15 %. Очень плохая сохранность, декарбонатизированы, частично замещены глинистым веществом. КК < 0,1 мм (фото 1–	30–40 %. Имеют максимальную величину при наличии мелких экземпляров. Обладают радиально-пластинчатым строением. КК 0,015–0,1 мм	15–30 %. Разной сохранности, рассеяны в массе КА, ориентированы беспорядочно, самостоятельные микролинзовые скопления образуют редко, в значительной мере замещаются кристаллами кальцита. КК < 0,005 мм

Продолжение таблицы 10

Глинистое вещество	30–70 %. Смешано с КА и КК, но часто образует самостоятельные микролинзовые скопления. Преобладает иллит (до 60 %), значительное количество смектита (до 25 %), примесь хлорита, галлуазита и смешаннослойных фаз	20–50 %. В виде самостоятельной фазы не диагностируются, смешаны с КК и КА. Свежий иллит (>50 %), хлорит и смектит отмечены в виде примесей	10–30 %. Находится в тесных сростках с КК и КА. Выделяются иллит, смектит, смешаннослойные образования
Алевритовый материал	5–20 %. Вследствие выщелачивания растворена значительная часть кальцита. Также выделяется кварц (17–40 %), полевые шпаты (4–11 %), слюда (до 2 %), обломки п	5–10 %. Увеличивается примесь частиц вулканического стекла. Кварц 85 %, полевые шпаты 15 %	1–2 %. Кварц (85 %), полевые шпаты (12 %), кальцит (10 %), обломки пород (2,2 %), мусковит
Аутигенные минералы (акцессорные минералы)	Общее содержание тяжелой фракции 0,77 %. Пирит 74,2 %, фосфаты 16,8 %, циркон 1,7 %, сфалерит 3,6 %	Общее содержание тяжелой фракции Черные рудные — 2,7 %; циркон — 3,4 %; пирит — 64,2 %; лимонит — 4,3 %; глауконит — 1,1 %; фосфаты — 14,6 %	Общее содержание тяжелой фракции 0,37 %. Циркон — 1,2 %; пирит — 51,9 %; глауконит — 44,7 %
Коэффициент ароматичности	0,05–0,1	0–0,05	0
Породообразующие окислы (%)	SiO ₂ — 29,26; Al ₂ O ₃ — 9,35; CaO — 10,71; Fe ₂ O ₃ — 3,4	SiO ₂ — 32,09; Al ₂ O ₃ — 11,39; CaO — 10,66; Fe ₂ O ₃ — 3,44	SiO ₂ — 15,25; Al ₂ O ₃ — 3,84; CaO — 15,39; Fe ₂ O ₃ — 2,835

Продолжение таблицы 10

Биофильные элементы (%)	P ₂ O ₅ — 0,53; SO ₃ — 0,20; S — 3,4	P ₂ O ₅ — 0,47; SO ₃ — 0,25; S — 2,9	P 2
Биофильные микроэлементы (n 10 ⁻³)	V — 4,4; Cu — 5,9; Mo — 0,4; Ni — 15,4; Zn — 4,7; Co — 2,1	V — 5,6; Cu — 6,7; Mo — 0,58; Ni — 16,1; Zn — 0; Co — 1,4	V — 1; Cu — 1,8; Mo — 0,7; Ni — 9,4; Zn — 0; Co — 0,86
S пиритное (%)	2	2	4
F	0,162		
Палеоценоз / танатоценоз	Эпибентос — двустворки, гастроподы; эндобентос — ладьеногие, брахиоподы; придонный нектон — аммониты; грунтоеды. Двустворки и гастроподы играют основную роль. Отмечается наличие молоди аммонитов	Эпибентос — двустворчатые моллюски; эндобентос — ладьеногие моллюски; Низкое содержание органических остатков. Отмечается наличие молоди аммонитов	Эпибентос — двустворки, гастроподы; эндобентос — ладьеногие, брахиоподы; придонный нектон — аммониты; двустворки и гастроподы играют основную роль
Q (ккал/кг)	Менее 2000	1500–3000	Более 3000
Зольность (%)	70–90	50–70	40–65

Третий параметр — **выход сланцевой смолы** (аналог нефти) **и газа** в процессе пиролиза горючих сланцев — **напрямую зависит от содержания ОВ** и теплоты сгорания (с увеличением ОВ и Q увеличивается выход сланцевой смолы и газа) и обратно — от зольности. Измеряется в кг/т и м³/т либо в % и описывает, сколько возможно получить килограммов сланцевой смолы или метров кубических сланцевого газа, переработав 1 т горючего сланца [78, 92, 93, 59].

Четвертый параметр — **минеральный состав золы** — характеризует химический состав минеральной части золы, полученной после пиролиза ГС. Широко применяется в разных отраслях промышленности (дорожное строительство, строительство, производство удобрений)

В результате литологических, геохимических, а также технологических анализов в вертикальном разрезе исследуемых месторождений в продуктивных пластах были выделены три литотипа горючих сланцев (таблица 11).

Таблица № 11 — Распределение основных пластов горючих сланцев по литотипам*

Горючие сланцы известковистые (литотип № 8)	
Наименование месторождения	№ пласта (первая цифра — номер пласта, вторая — номер пачки)
Коцебинское	
Перелюбское	
Кашпир-Хвалынская площадь	
Орловское	
Озинковское	
Савельевское	
Горючие сланцы известковые (литотип № 9)	
Коцебинское	
Перелюбское	
Кашпир-Хвалынская площадь	
Озинковское	
Савельевское	
Горючие сланцы с наиболее высоким содержанием ОВ (литотип № 10)	
Коцебинское	
Перелюбское	
Озинковское	

Важно отметить, что в результате высокой степени латеральной изменчивости, в одном

продуктивном пласте одновременно могут выделяться несколько литотипов горючих сланцев.

На основании детального анализа процессов формирования волжских горючих сланцев, макроописания пород, изучения шлифов, технологических характеристик ГС, проведения пиролитических и дифрактометрических анализов, а также с учетом результатов, полученных предыдущими исследователями [17, 84, 120], были определены основные факторы, влияющие на объем и качество сланценовой толщи. На их основании были выделены наиболее перспективные объекты для дальнейшей разработки.

К числу таких факторов относятся тектонический, стратиграфический, седиментационный и диагенетический.

1) Тектонический фактор. С целью обоснования влияния эрозионно-тектонического фактора была проанализирована подошва сланценовой толщи, внутриформационные перерывы, а также поверхность зоны *Dorsoplanites panderi* Волжского бассейна. На всех рассматриваемых месторождениях отложения зоны *Dorsoplanites panderi* преимущественно залегают на среднеюрских отложениях келловейского яруса. Исключением является Перелюбское месторождение, где в результате крупной структурной перестройки сланценовые отложения подстилаются разновозрастными породами средней и верхней юры. Именно на Перелюбском и Озинковском месторождениях произошло формирование нижнего сланценового горизонта, включающего в себя восьмой и девятый пласты горючих сланцев. Сланценовый горизонт выделяется не повсеместно, встречается исключительно в глубоких впадинах меридионального простирания, а в Озинковском месторождении рассматриваемый горизонт приурочен к карстовым депрессиям пермско-триасового возраста, несогласно залегая на келловейских отложениях. Формирование среднего сланценового горизонта, включающего седьмой пласт горючих сланцев и вмещающие породы, продолжается на Перелюбском и Озинковском месторождениях внутри глубоких меридиональных впадин и карстовых депрессий. Неповсеместное развитие нижнего и среднего сланценового горизонта объясняется очень сложным, расчлененным строением подошвы сланценовой толщи. Верхний сланценовый горизонт выделяется на всех шести исследуемых месторождениях и включает в себя первые шесть продуктивных пластов. Его образование и последующее накопление обуславливаются выравниванием палеорельефа сланценового ложа, где к моменту начала формирования шестого и пятого пластов происходит окончательное выравнивание палеорельефа ложа на Коцебинском и Перелюбском месторождениях. Палеорельеф ложа выполаживается и на других месторождениях, за исключением Орловского, где верхний сланценовый горизонт представлен только тремя

продуктивными пластами. При формировании сланценосной толщи Орловского месторождения основную роль сыграли тектонический и седиментационный факторы.

Данная площадь испытала незначительное погружение на фоне соседних площадей (Коцебинского, Савельевского, Озинковского месторождений). Незначительная глубина пролива и, как следствие, наличие слабовосстановительной обстановки, близкой к окислительной, на площади Орловского месторождения объясняет крайне низкое качество горючих сланцев по сравнению с близлежащими месторождениями. В целом же формирование верхнего сланценосного горизонта происходит в приблизительно схожих условиях, на это указывает выдержанная мощность, а также строение продуктивных пластов. В качестве примера можно рассматривать первый пласт горючих сланцев, который является реперным для всех шести месторождений. Средняя мощность данного пласта составляет 1 м. В связи с этим можно сделать вывод о том, что тектоническое влияние на развитие сланценосной толщи постепенно снижалось в направлении снизу вверх.

На участках развития акчагыльской гидрографической сети отмечается резкое сокращение или полное выклинивание продуктивной сланценосной толщи. В связи с этим сохранившаяся от размыва продуктивная толща представлена эрозионными останцами на левом берегу реки Волги, на правом берегу меловые отложения защитили от размыва продуктивную сланценосную толщу. Степень размыва уменьшается в направлении с востока на запад. Если на Перелюбском и Коцебинском месторождениях в зонах размыва скважинами вскрыты отложения пермской и триасовой системы, то на Кашпир-Хвалынской площади скважины вскрыли как верхне-, так и нижнемеловые отложения. На центральной части исследуемой площади (Савельевское и Озинковское месторождение) в зонах размыва скважинами вскрыты верхне- и среднеюрские отложения. На примере Перелюбского месторождения видно, что преакчагыльский размыв может полностью или частично уничтожить продуктивную толщу. Общая площадь распространения преакчагыльского размыва с последующим уничтожением продуктивной толщи имеет крайне сложную геометрию и определяется гипсометрическим положением исследуемого объекта, а также вертикальными тектоническими движениями в альпийский период, проходившими после формирования сланценосной толщи. Таким образом, тектонический фактор влияет на объем и геометрию сланценосной толщи.

2) Стратиграфический фактор. Вся рассматриваемая толща приурочена к единому стратиграфическому элементу — средневожским верхнеюрским отложениям зоны *Dorsoplanites panderi* [11, 13, 17, 33, 34, 40, 50, 58]. Данная зона имеет региональный характер распространения и выделяется в пределах Волжского бассейна. Также стоит отметить зону *Virgatitus virgatus*, играющую роль региональной покрывки и реперного горизонта, защищающего продуктивную

толщю от размыва. Предыдущими исследователями зона *Dorsoplanites panderi* разделена на слои. Слои с фораминиферами сменяют друг друга снизу вверх в следующей последовательности: слои с *Spiroplectammina vicinalis* Dain; слои с *Ammobaculites infravolgensis* Mjatluk; слои с *Haplophragmoides volgensis inviolatus* Dain; слои с *Marginulina Formosa* Mjatluk. Каждый из вышеуказанных элементов включает в себя определенное количество пластов горючих сланцев и вмещающих пород. Для каждого элемента характерен собственный набор фораминифер, отражающий определенные палеогеографические условия формирования бассейна. Наиболее высококачественные разности горючих сланцев отмечаются в слоях, включающих в себя *Ammobaculites infravolgensis* Mjatluk. Именно эти фораминиферы отражают наиболее благоприятные условия для формирования высококачественных горючих сланцев, поэтому учет данного фактора позволяет не только скоррелировать пласты горючих сланцев, но и выделить наиболее перспективные разности.

Анализируя работы Т. Ф. Букиной, можно сделать вывод, что периоду формирования слоя, включающего в себя *Ammobaculites infravolgensis* Mjatluk, отвечают следующие условия: относительно глубоководная обстановка, со спокойной гидродинамикой вод, время от времени сменяющейся малоподвижным мелководьем, нормальная соленость воды, а также затрудненный газообмен в придонных водах, приводящий к массовым заморам молодежи. Для нижней части рассматриваемого слоя характерен привнос вулканогенного материала с источников сноса, а также развитие радиолярий [17].

3) Седиментационный фактор. Закономерность распределения по вертикали и по латерали основных литотипов, слагающих сланценосную толщю, обусловлена седиментационным фактором. Объем поступления терригенного материала, биопродуктивность бассейна, развитие аноксических условий прямо влияют на объем и качество горючих сланцев. Влияние седиментационного фактора описано в главе 3.4.

Диагенетический фактор. Степень сохранения органического вещества в процессе диагенеза является важным параметром, влияющим на исходное качество горючих сланцев. Помимо этого, в результате длительной консервации пород произошло накопление и сохранение таких важных элементов, как рений и молибден. Влияние диагенетического фактора описано в главе 3.4.

Изучение влияния седиментационного и диагенетического факторов на процесс формирования горючих сланцев позволило выделить ряд **информационных показателей**, позволяющих охарактеризовать качество исследуемого объекта.

Содержание ОВ и $C_{орг}$. Является одним из индикаторов качества горючих сланцев и влияет на их технологические параметры. Увеличение содержания ОВ и $C_{орг}$ приводит к увеличению теплоты сгорания, повышает выход жидких и газообразных углеводородов и

уменьшает зольный остаток горючего сланца. От литотипа № 8 (ОВ 5–30%, $C_{орг}$ 5–12 %) к литотипу № 10 (ОВ 45–80 %, $C_{орг}$ 14–32 %) отмечается практически двукратное увеличение содержания ОВ и $C_{орг}$, что коррелирует с изменением теплоты сгорания вещества и его зольности. Однако в ряде случаев высокое содержание $C_{орг}$ и ОВ не всегда положительно влияет на технологические параметры горючих сланцев. Согласно данным пиролиза, полученных с установки Rock Eval 6, в пласте № 3 (2) содержание $C_{орг}$ достигает 18,39 %, а в пласте № 4 — 25,57 %, при этом показатель S_2b для пласта № 3 (2) составляет 194,8 мг/г, а в пласте № 4 — показателей, отвечающих за качество горючих сланцев.

Состав ОВ. Говоря о влиянии количества ОВ и $C_{орг}$ на технологические характеристики ГС, необходимо учитывать и качественный состав этих компонентов. Предыдущими исследователями [17, 120] установлено, что ОВ состоит преимущественно из коллоальгинита, сапроколлинита, а также разнообразных фрагментов кокколитофорид и талломоальгинита. Содержание коллоальгинита в ряду горючих сланцев известковистых — горючих сланцев известковых — горючих сланцев с наиболее высоким содержанием ОВ постепенно увеличивается с 30 до 80 %. Важным моментом является наличие окисленных линз коллоальгинита в литотипе № 8, а также их высокая неоднородность, выраженная в изменении цвета, характере уплотнения и контактов с глинистым и алевроитовым веществом. Коллоальгинит — это преобладающий (70–100 %) мацерал каменных и бурых углей, керогена горючих сланцев и РОВ, принадлежащий к группе альгинита — бесструктурного вещества, образовавшегося из водорослей. Коллоальгинит в горючих сланцах играет роль цемента, связывая кокколиты, глинистое и алевроитовое вещество. Наличие окисленного коллоальгинита, а также высокая степень его неоднородности свидетельствуют о водоеме небольшой глубины с хорошей аэрируемостью и о высоком влиянии тектонического и седиментационного факторов, выступивших главной причиной столь высокой степени анизотропности горючих сланцев данного литотипа.

Коллоальгинит других литотипов ГС характеризуется однородностью окраски и контакта с кокколитофоридами и в гораздо меньшей степени — с глинистым веществом. Уменьшение степени окисленности и появление талломоальгинита в литотипе № 10 связано с углублением дна морского водоема, а также более благоприятными и спокойными тектоно-седиментационными условиями, при которых значительно увеличилось образование ОВ, которое в последующем уменьшило степень глинистости горючих сланцев. Таким образом, можно предположить, что увеличение содержания коллоальгинита и уменьшение степени его

окисленности ведет к увеличению теплоты сгорания, росту выхода жидких и газообразных углеводородов, а также к уменьшению зольности.

Изменение содержания кокколитов в литотипах горючих сланцев имеет другую тенденцию. Максимальным количеством кокколитов (до 40 %) обладает литотип № 9, который характеризуется как высоким содержанием ОВ, так и высокой степенью глинистости. Возможно, большая часть кокколитов в литотипе № 8 была подвержена декарбонатизации, о чем говорится в работах Т. Ф. Букиной [16, 17]. Также стоит обратить внимание на устойчивый тренд к уменьшению диаметра кокколитов от литотипа № 8 к литотипу № 10, что, вероятно, связано с уменьшением влияния декарбонатизации [114].

Содержание глинистого вещества и алевроитовой составляющей тоже является важным показателем, характеризующим технологические свойства ГС. Этот показатель закономерно снижается от литотипа № 8, где глинистое вещество и алевроитовая составляющая играют пороодообразующую роль, до литотипа № 10, в котором они выполняют роль примеси. В литотипе № 8 ведущую роль в глинистых минералах играет иллит и смектит. В литотипе № 9 иллит сохраняет свои позиции, однако смектит становится второстепенным минералом. В литотипе № 10 к смектиту добавляются смешаннослойные образования. Основными минералами в алевроитовой части являются кварц и полевые шпаты, в литотипе № 10 к ним добавляется кальцит. Кроме того, спорадически встречается пирокластический материал, который фиксируется в шлифах в виде мелких обломков вулканического стекла [65, 71]. В целом увеличение глинистого вещества и алевроитовой составляющей негативно влияет на технологические параметры ГС: возрастает их зольность, снижается теплота сгорания, а за ними — и выход жидких и газообразных углеводородов.

Интенсивность поступления терригенного материала и его дальнейшее влияние на формирование и качество ГС относится к седиментационному фактору. Стоит отметить, что степень влияния данного фактора на горючие сланцы на изучаемых месторождениях сильно меняется. Наиболее качественные пласты горючих сланцев вскрыты скважинами на Коцебинском и Перелюбском месторождениях, здесь выделяются высокоуглеродистые разности горючих сланцев с незначительным содержанием терригенной примеси. Максимальное же влияние данный фактор оказал на формирование пластов горючих сланцев на Орловском и Савельевском месторождениях, где среднее качество горючих сланцев сильно уступает Коцебинскому и Перелюбскому месторождениям.

Говоря о вертикальной изменчивости, стоит отметить следующее:

1) влияние данного фактора в процессе формирования сланценосной толщи, то есть вверх по разрезу, постепенно уменьшается;

2) наибольшему влиянию данного фактора подвержены горючие сланцы нижнего и среднего сланценосного горизонта;

3) наименьшее влияние рассматриваемый фактор оказал на формирование пластов горючих сланцев № 1, 3 и 4.

Цвет породы в ряду «горючий сланец известковистый» — «горючий сланец известковый» — «горючий сланец с наиболее высоким содержанием ОВ» изменяется от серого до серо-коричневого и заканчивается коричневато-желтым либо коричневым цветом. Колебания в окраске ГС обусловлены различными причинами, ведущими среди них являются изменение содержания пелитовой составляющей и рассеянного тонкодисперсного ОВ, изменение количества карбонатного материала и степень декарбонатизации кокколитофорид. Серый и темно-серый цвета зачастую соответствуют высокому содержанию глинистого вещества, которое в первых двух литотипах горючих сланцев играет породообразующую роль, наличие коричневатых и желтых оттенков указывает на высокое содержание ОВ, которые, в свою очередь, в литотипе № коричневого разности горючих сланцев обладают высокой теплотой сгорания, высоким выходом жидких и газообразных углеводородов и низкой зольностью. Серые и темно-серые разности, напротив, отличаются ухудшением вышеуказанных технологических параметров в связи с высоким содержанием глинистой и алевроитовой составляющей (ее рост значительно повышает зольность ГС).



Фото 41 — Горючий сланец с наиболее высоким содержанием ОВ

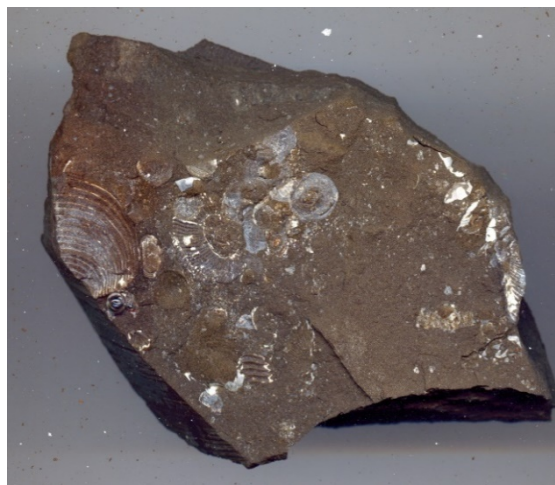


Фото 42 — Горючий сланец известковый

Текстура горючих сланцев в вышеуказанном ряду определенным образом изменяется. Первые два литотипа обладают тонкослоистой текстурой, в них изменение цвета слоев связано с колебаниями содержания ОВ и глинистого вещества. Данные текстурные особенности можно соотнести с высокой изменчивостью условий осадконакопления в процессе седиментогенеза, а

именно различной интенсивностью поступления и сохранения ОВ или объема привноса терригенного материала. В литотипе № 10 текстура имеет преимущественно линзовидный и косослоистый характер. Наличие тонкослоистой текстуры неблагоприятно воздействует на технологические параметры горючих сланцев. Переслаивание глинистого и органического вещества приводит к высокому разбросу основных параметров горючих сланцев на микроуровне и затрудняет их качественную оценку.

Биофильные микроэлементы. В ГС обычно присутствует комплекс биофильных компонентов, которые, по мнению многих исследователей, положительно влияют на качество сырья, а также могут служить индикатором благоприятных условий формирования ГС. Таким образом, имея лишь данные о содержании определенного набора биофильных элементов, можно сделать выводы о возможном потенциале горючих сланцев.

Согласно утверждениям Ханта, отношение ванадия к никелю отражает плотность жидких углеводородов [140]. Для литотипов № 8 и № 9 это отношение составляет 0,24–0,34, а для литотипа № 10 оно резко уменьшается и составляет 0,10, что говорит об уменьшении плотности жидких углеводородов, полученных из горючего сланца литотипа № 10. Это коррелируется с данными о коэффициенте ароматичности, о котором было сказано выше. Уменьшение роли тяжелых углеводородов оказывает благоприятное влияние на финальный продукт.

Аутигенные компоненты. Основным минералом тяжелой фракции является пирит, содержание которого во всех трех литотипах горючих сланцев составляет более 50 %. Тем не менее наблюдается четкая тенденция к сокращению содержания пирита от литотипа № 8 (74,2 %) к литотипу № 10 (51,9 %). Именно пирит является одним из основных индикаторов аноксической обстановки при седиментогенезе и диагенезе горючих сланцев. Предполагается, что количество пирита может быть косвенным индикатором качества углеродистого сырья. По мере увеличения содержания этого минерала снижается количество ОВ как следствие широкого проявления сульфат-редукции. С другой стороны, чем больше пирита в сланцах, тем выше их зольность.

Химический состав. Высокое содержание SiO_2 и Al_2O_3 отмечается в литотипах № 8 и № 9, что соответствует значительному содержанию глинистых минералов (иллита и смектита), в литотипе № 10 количество вышеуказанных окислов резко сокращается. Следовательно, на основе данных о химическом составе минеральной составляющей (зола) и численного соотношения в ней вышеуказанных окислов можно сделать вывод о том, что высокое содержание SiO_2 и Al_2O_3 указывает нам на низкое качество горючего сланца, с уменьшением содержания данных окислов увеличивается содержание ОВ и уменьшается зольность.

Наиболее сернистыми являются горючие сланцы литотипа № 10, в них суммарное содержание S увеличивается двукратно по сравнению с предыдущими литотипами. Это можно

связать с восстановительными условиями, благодаря которым значительно увеличивается содержание ОВ. Стоит отметить, что высокосернистые разности требуют дополнительных затрат в процессе переработки, и это негативно сказывается на качестве горючих сланцев, однако высокое содержание серы в ГС позволяет получить такие ценные продукты, как тиофен-ароматические соединения и рений.

Состав ориктоценозов. Для всех разновидностей горючих сланцев характерно наличие многочисленных и относительно разнообразных форменных компонентов, которые представлены обломками или сплюснутыми раковинами двустворчатых моллюсков, аммонитов и гастропод. Органогенный материал может быть рассеян в породе, но чаще образует скопления на поверхностях напластования (фото 41, 42). Независимо от принадлежности к тому или иному типу в составе ГС наблюдаются довольно стабильные ориктоценозы. Примечательно, что ориктокомплексы горючих сланцев в качественном и количественном отношении во многом соответствуют своим аналогам из сапропелевых алевролитистых глин [84]. Из бентосной макрофауны доминируют двустворчатые моллюски и гастроподы, реже наблюдаются представители брахиопод. Из организмов, ведущих нектонный образ жизни, подавляющее значение принадлежит аммоноидеям. В качественном составе микроорганизмов выделяются фораминиферы и кокколитофориды.

Ориктоценозы всех литотипов ГС характеризуются следующими особенностями. В отличие от вмещающих пород характерны массовые скопления молодых особей двустворчатых моллюсков и аммоноидей, что является довольно надежным индикатором сильной аноксии в морском бассейне, благоприятной для сохранности ОВ. Другая особенность касается степени сохранности биогенных компонентов. Большинство раковин как макрофауны, так и фораминифер с кокколитофоридами несут следы частичного растворения в результате процессов декарбонатизации.

Более показательны с точки зрения характеристики ориктоценозов изменения в составе микрофауны различных литотипов ГС. В литотипе № 9, 10 по сравнению с литотипом № 8 более высокая степень сохранности микроорганизмов, значительно меньшие размеры индивидов, а также значительное преобладание кальцитизированных разностей над глинистыми. Указанные различия определяли более высокие значения зольности в менее качественном сырье.

Резюмируя вышеизложенное, необходимо отметить, что анализ качества ГС с учетом указанных информационных показателей может производиться на нескольких этапах.

Камеральный этап: уже при отборе проб горючего сланца на промысле полевой геолог на основании первичных данных может сделать выводы о перспективности разработки горючего сланца. Это особенно важно в силу высокой латеральной и вертикальной изменчивости основных

свойств исследуемой породы. Цвет горючего сланца и его текстура могут послужить хорошим индикатором для первичной оценки качества ГС. Коричневые, желто-коричневые разности с линзовидной или косослоистой текстурой говорят о высоком потенциале ГС, тогда как серый, темно-серый цвет и слоистая текстура указывают на значительную глинистость и анизотропность, что негативно сказывается на качестве продукта. Также полевому специалисту стоит обратить внимание на степень сохранности органики при условии ее наличия на плоскости напластования. Как указывалось выше, литотипах горючих сланцев № 9, 10 по сравнению с литотипом № 8 отмечается более высокая степень сохранности микроорганизмов, значительно меньшие размеры индивидов и значительное преобладание кальцитизированных разностей над глинистыми. Указанные различия определяют зольность сырья.

Лабораторный этап позволяет получить более точные и достоверные данные посредством проведения серии минералогических, пиролитических и химических анализов. При анализе качества горючего сланца стоит обратить внимание на содержание и тип ОВ (содержание, распределение и характер кокколитофоринов и коллоальгинита). Затем — на содержание и минералогический состав глинистого и алевритового вещества, содержание основных породообразующих окислов — SiO_2 , Al_2O_3 . Изменение ведущей роли породообразующих окислов напрямую влияет на качество горючего сланца. При доминировании SiO_2 , Al_2O_3 горючий сланец обладает высокой степенью глинистости и меньшим содержанием ОВ, и наоборот, снижение содержания этих окислов указывает на повышенную долю органики и, как следствие, означает более высокие технологические параметры рассматриваемой породы. На качество горючих сланцев также влияют акцессорные минералы и биофильные элементы, пирит, ванадий, никель и молибден.

6. Модель сланценой толщи Коцебинского месторождения

В связи с перспективами разработки горючих сланцев Коцебинского месторождения была поставлена цель построить модель сланценой толщи для обоснования прогноза перспективных зон. Для достижения этой цели была рассмотрена история геологического развития данной территории в течение средневожского времени, а также проанализированы данные опробования разведочных скважин (более 50 скважин), пробуренных в пределах Коцебинского месторождения (Рисунок 78). На основании этих данных были построены структурные карты, а также схемы распределения технологических параметров пластов горючих сланцев. По каждому продуктивному пласту была построена 3D-модель [68].

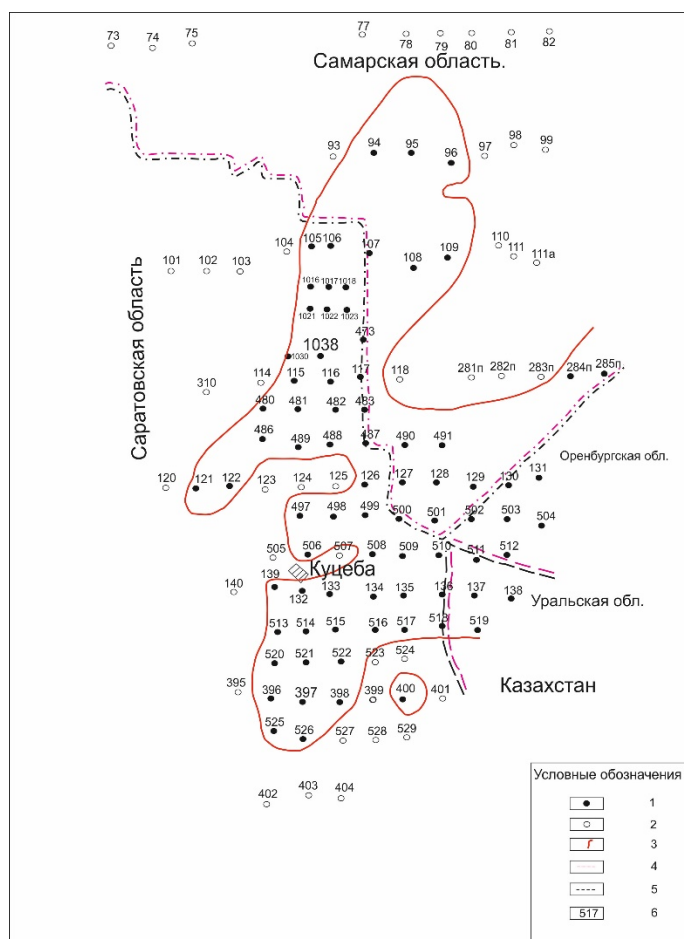


Рисунок 78 — Обзорная карта Коцебинского месторождения;

масштаб 1 : 200000; составил В. С. Илясов, по материалам А.В. Самородова

Условные обозначения: 1 — скважины, вскрывшие продуктивную толщу; 2 — скважины, не вскрывшие продуктивную толщу; 3 — границы Коцебинского месторождения; 4 — административные границы Самарской и Оренбургской областей; 5 — административные границы Саратовской области; 6 — номера скважин

Как уже отмечалось, Коцебинское месторождение структурно представлено моноклиналью, градиент угла падения составляет около 1 градуса на 1 км или 2–4 м на 1 км. В целом данный градиент сохраняется во всех продуктивных пластах горючих сланцев. Направление падения залегания сланценосной толщи: с северо-востока на юго-запад (Рисунок отрицательные структуры). Часть этих структур является унаследованной и трассируется в вышезалегающих пластах, другая часть распространена локально и выделяется только в одном пласте. В качестве примера унаследованной структуры можно выделить поднятие в центре Коцебинского месторождения. Оно трассируется во всех пяти продуктивных пластах. В начале формирования сланценосной толщи в пятом пласте горючих сланцев выделяется крупное локальное поднятие, которое было вскрыто четырьмя скважинами (скважины № 117, 488, 482, 483). Амплитуда этого поднятия варьируется от 5 до 10 м. Далее в процессе формирования сланценосной толщи площадь поднятия резко сокращается и отмечается лишь в скважине № 488. Также в южной части месторождения выделяется инверсионная структура. В пятом пласте данная структура выделяется как поднятие (скважины № 133, 515, 516, 517). В вышезалегающих четвертом и третьем пластах структура становится отрицательной и заметно сокращается в площадном распространении, далее она частично меняет направление простирания и захватывает только две скважины (скважины № 133, 514). Во втором пласте горючих сланцев амплитуда данной структуры продолжает затухать, еще больше сокращаясь в площадном распространении и захватывая только одну скважину — № 516. В первом пласте данная структура не трассируется и полностью исчезает.

Из незначительных структур, которые выделяются только в одном пласте, стоит отметить следующие: положительная структура во втором пласте, располагающаяся в северной части месторождения (скважина № 108) с амплитудой 5 метров; отрицательная структура, выделяемая в третьем пласте (скважина № 473), и отрицательная структура в пятом пласте (скважины № 122,

Несмотря на вышесказанное, строение сланценосной толщи Коцебинского месторождения достаточно выдержанно и имеет простой характер. Оно подчиняется общему тренду — плавному падению с северо-запада на юго-восток, в связи с этим можно сделать вывод, что наиболее целесообразно производить разработку по направлению падения пластов.

Для характеристики палеотектонической обстановки были использованы карты изопахит, построенные для каждого продуктивного пласта.

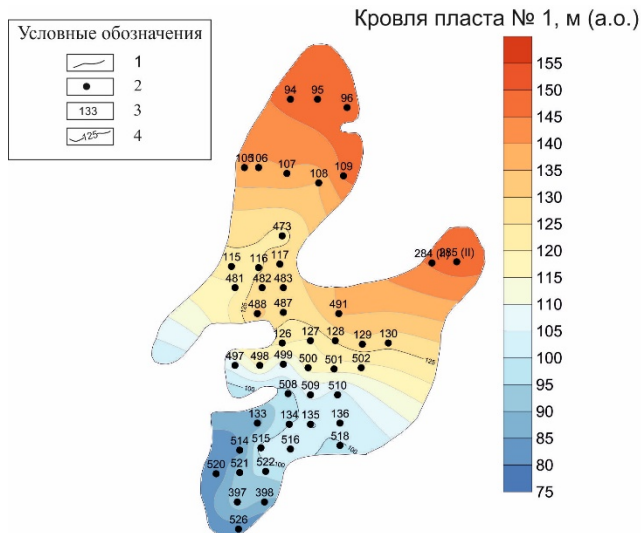


Рисунок 79 — Коцебинское месторождение;
пласт № 1 (а.о. кровли); масштаб 1 : 200 000;
составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница
месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины; 4
— линии изогипс

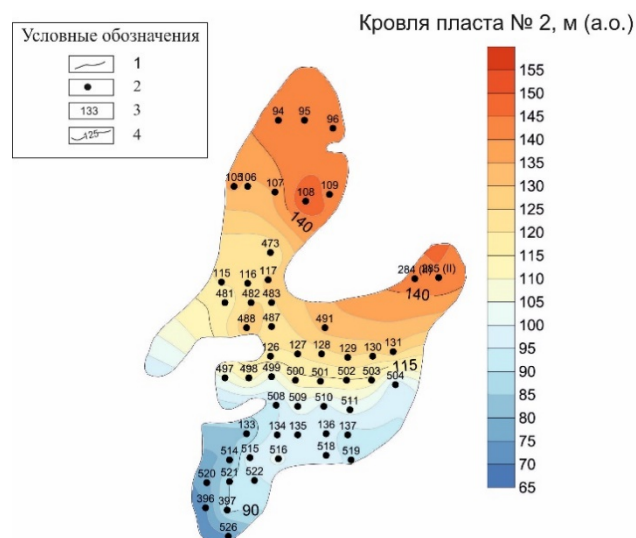


Рисунок 80 — Коцебинское месторождение;
пласт № 2 (а.о. кровли); масштаб 1 : 200 000;
составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница
месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

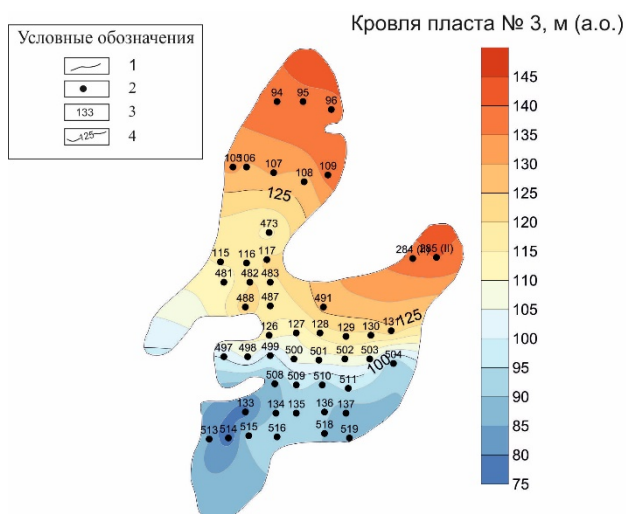


Рисунок 81 — Коцебинское месторождение;
пласт № 3 (а.о. кровли); масштаб 1 : 200 000;
составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница
месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины; 4
— линии изогипс

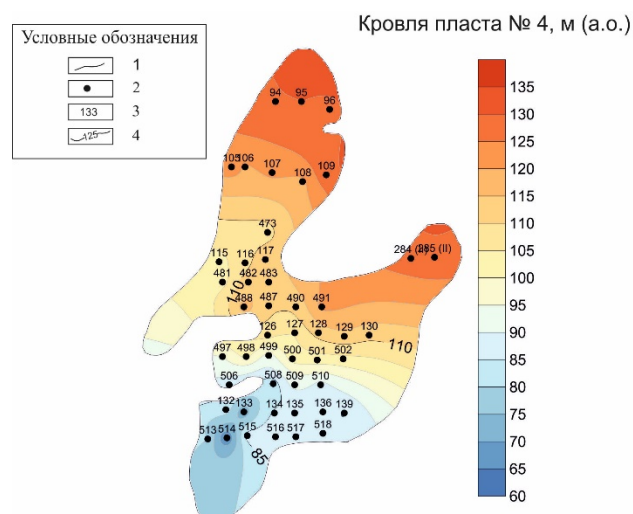


Рисунок 82 — Коцебинское месторождение;
пласт № 4 (а.о. кровли); масштаб 1 : 200 000;
составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница
месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

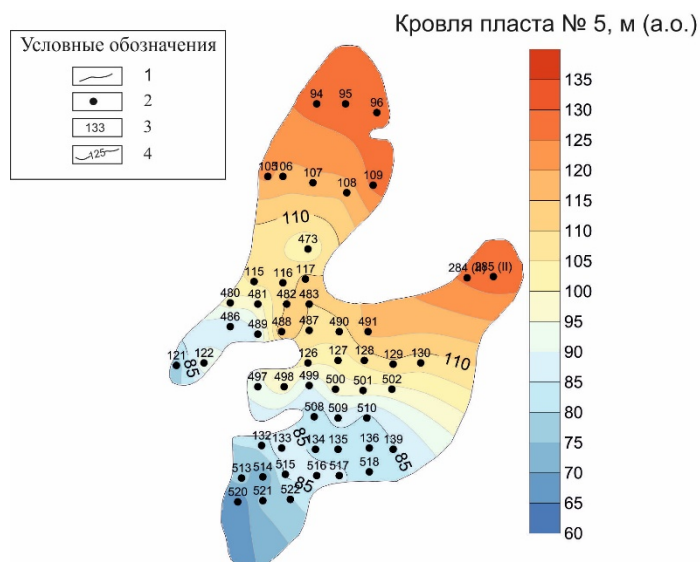


Рисунок 83 — Коцебинское месторождение; пласт № 5 (а.о. кровли);

масштаб 1 : 200 000; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины; 4 — линии изогипс

Первым образовавшимся пластом горючих сланцев стал пласт № 5. Анализируя его мощность, мы видим, что наиболее интенсивное накопление горючего сланца происходило в центральной и северо-восточной частях месторождения (Рисунок 85). На этих участках сложились наиболее благоприятные палеогеографические условия для формирования горючих сланцев. Рассматривая карты изохимии теплоты сгорания (Q), содержания серы (S) и выхода жидких УВ (Рисунок 84, 87, 88) отмечаем, что максимальная биопродуктивность бассейна, а также высокая степень сохранности органического вещества, обусловленная аноксическими условиями, приурочена к центральной части месторождения, границы которой коррелируются с границами наибольшей мощности пласта. Северо-восточная часть отвечает менее благоприятным условиям формирования горючих сланцев. Интенсивное поступление терригенного материала характерно для северной, северо-восточной и восточной части месторождения, что указывает нам на близкое расположение предполагаемого источника сноса (Урал) (Рисунок 86). Южная, центральная и западная части месторождения характеризуются более низкими значениями зольности сырья.

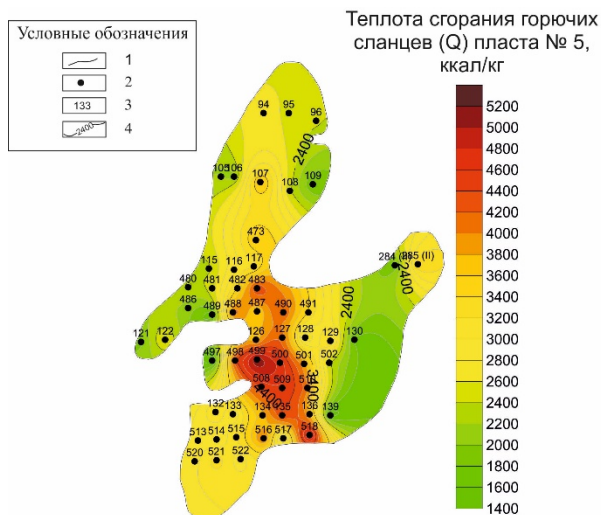


Рисунок 84 — Коцебинское месторождение;
пласт № 5 (Q, ккал/кг); масштаб 1 : 200 000;
составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины; 4 — изолинии теплоты сгорания

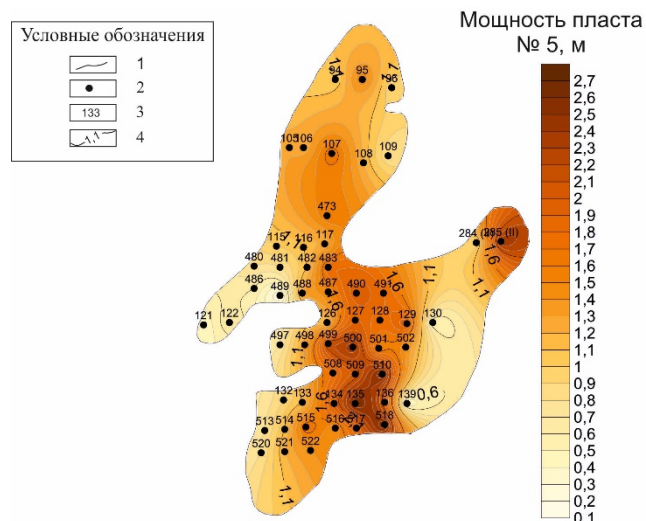


Рисунок 85 — Коцебинское месторождение;
пласт № 5 (изопахиты); масштаб 1 : 200 000;
составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

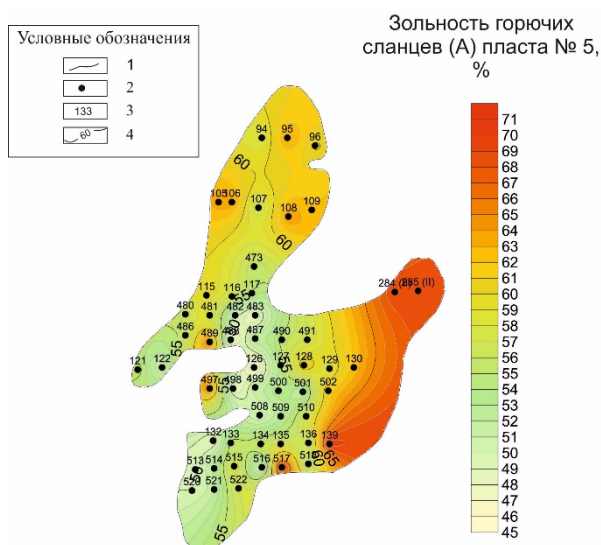


Рисунок 86 — Коцебинское месторождение;
пласт № 5 (A, %); масштаб 1 : 200 000;
составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины; 4 — изолинии зольности

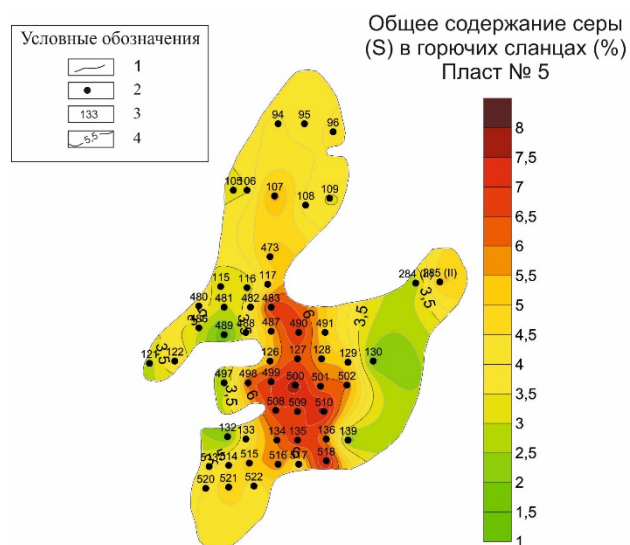


Рисунок 87 — Коцебинское месторождение;
пласт № 5 (S, %); масштаб 1 : 200 000;
составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

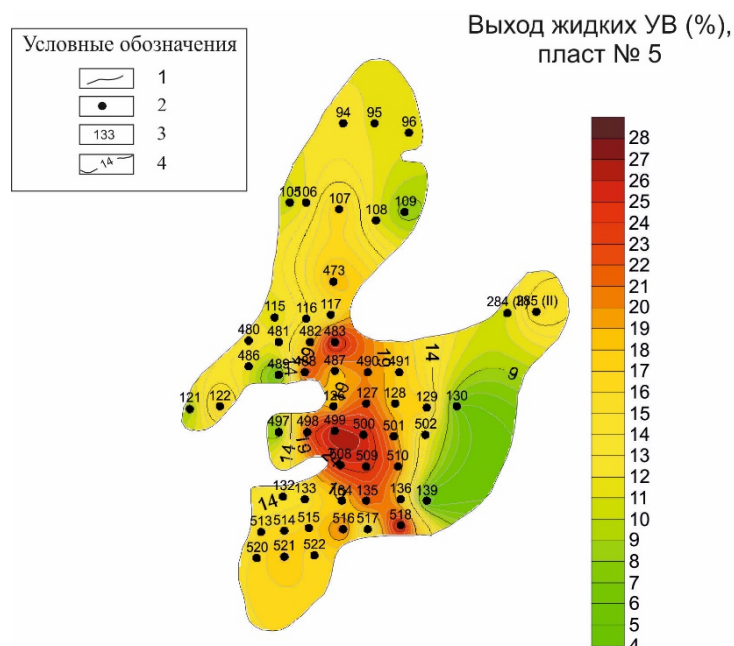


Рисунок 88 — Коцебинское месторождение; пласт № 5 (выход УВ, %);

масштаб 1 : 200 000; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины; 4 — изолинии выхода УВ

Во время накопления четвертого пласта горючих сланцев произошло смещение наиболее погруженных участков бассейна на восток и северо-восток. Область прогибания расширяется и охватывает центральную, восточную и северо-восточную части месторождения (Рисунок 90). Однако отмечается значительное увеличение зольности не только в восточной части, но и в северной, западной, а также в центральных частях месторождения (Рисунок 91). Низкие значения зольности отмечаются только в южной и юго-восточной частях месторождения. Следовательно, можно сделать вывод, что во время образования четвертого пласта горючих сланцев произошло увеличение поступления терригенного материала с источника сноса. Этот материал впоследствии разносился по всей площади месторождения, являясь причиной повышения зольности до 65–71 % в четвертом пласте. Биопродуктивность бассейна также немного увеличилась, на что указывает более высокое качество горючих сланцев в северо-восточной и восточной частях месторождения — об этом говорит высокое содержание серы в горючих сланцах, достигающее 7–8 % в восточной и центральной частях месторождения (Рисунок 92).

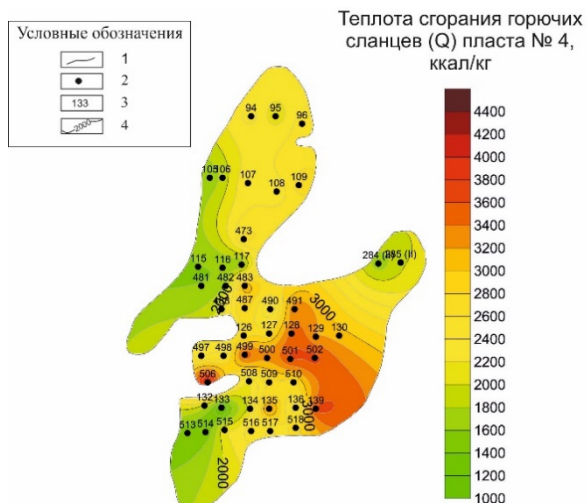


Рисунок 89 — Коцебинское месторождение; пласт № 4 (Q, ккал/кг); масштаб 1 : 200 000; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

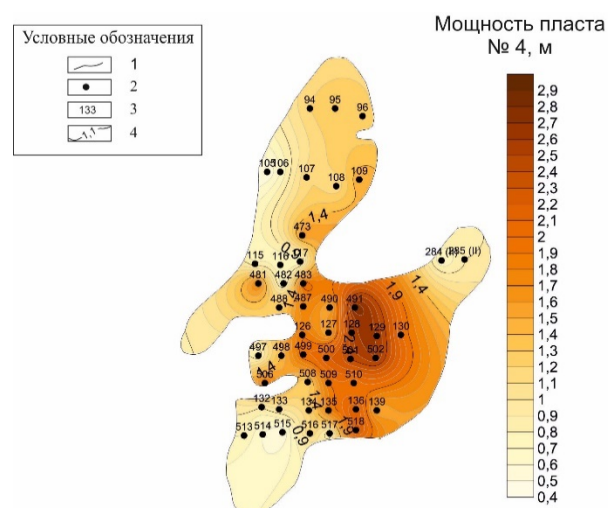


Рисунок 90 — Коцебинское месторождение; пласт № 4 (изопакиты); масштаб 1 : 200 000; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

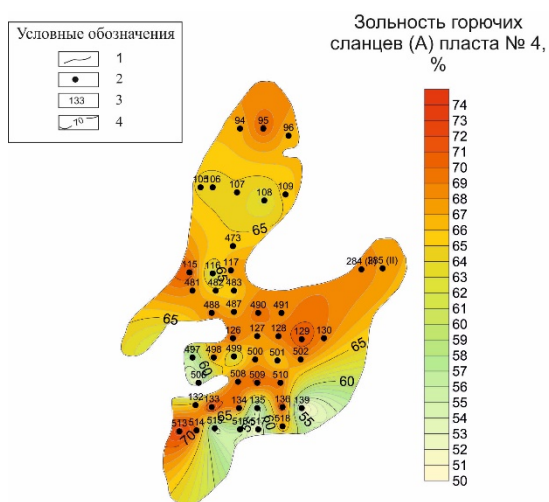


Рисунок 91 — Коцебинское месторождение; пласт № 4 (A, %); масштаб 1 : 200 000; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

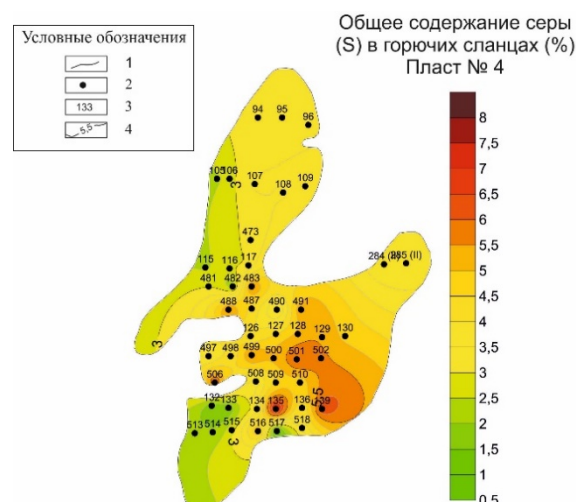


Рисунок 92 — Коцебинское месторождение; пласт № 4 (S, %); масштаб 1 : 200 000; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

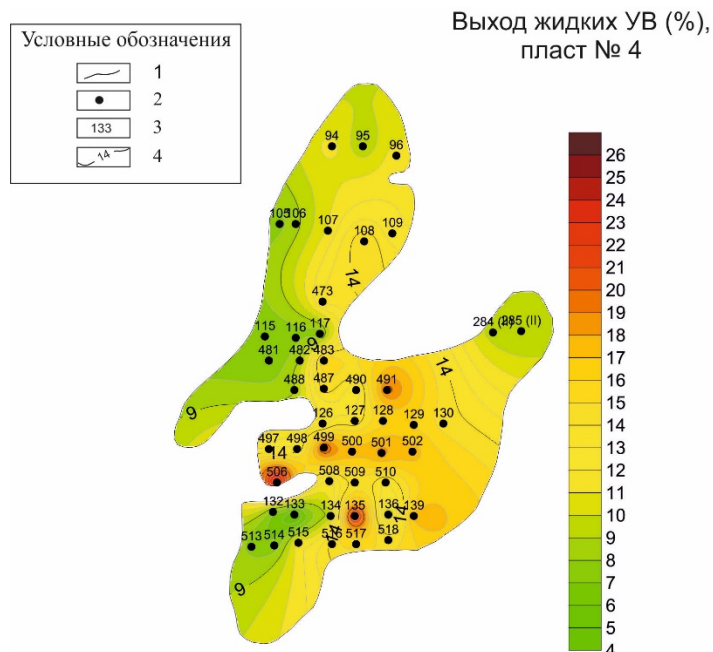


Рисунок 93 — Коцебинское месторождение; пласт № 4 (выход УВ, %);

масштаб 1 : 200 000; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины; 4 — изолинии выхода УВ

Над вышеописанным пластом залегает третий пласт горючих сланцев. Он имеет сложное строение и состоит из четырех пачек. Образцы для анализа основных технологических свойств горючих сланцев отбирались из второй пачки третьего пласта. В первую очередь необходимо отметить, что в целом качество горючих сланцев третьего пласта (пачка № 2) значительно превышает качество остальных пластов (Рисунок 94, 98). Минимальная теплота сгорания — 2200 ккал/кг, тогда как для многих других пластов это является средним показателем. Область прогибания охватывает практически все месторождение, исключение составляет лишь восточная часть, где, по всей видимости, произошло поднятие (Рисунок 95). В целом образование данного пласта характеризуется развитием аноксии, и поэтому он является высокоперспективным. Исключение составляет восточная часть месторождения, где теплота сгорания, выход УВ, мощность и содержание серы падают в два, а то и три раза относительно четвертого пласта площадное изменение рассматриваемого параметра. Если в предыдущих пластах максимальная зольность была приурочена к восточной и северо-восточной частям месторождения, то здесь мы наблюдаем смещение максимумов на запад (Рисунок 96). Это может служить индикатором смены основного источника сноса. При образовании четвертого и пятого пластов горючих сланцев основным источником сноса служил Урал, при образовании же третьего пласта основным источником поступления терригенного материала была Воронежская антеклиз.

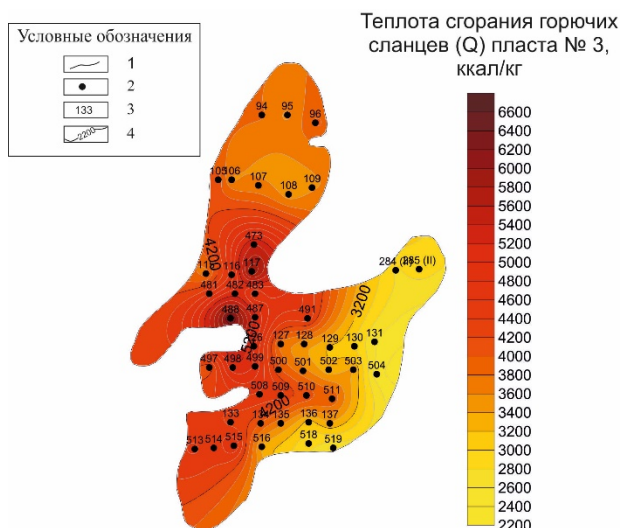


Рисунок 94 — Коцебинское месторождение;
пласт № 3 (Q, ккал/кг); масштаб 1 : 200 000;

составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница
месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

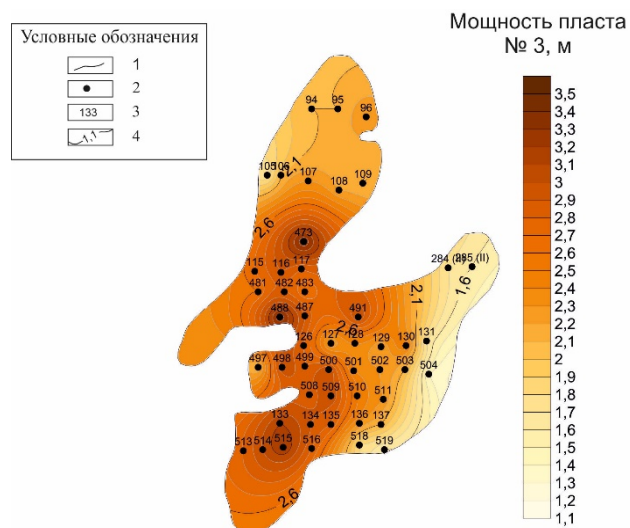
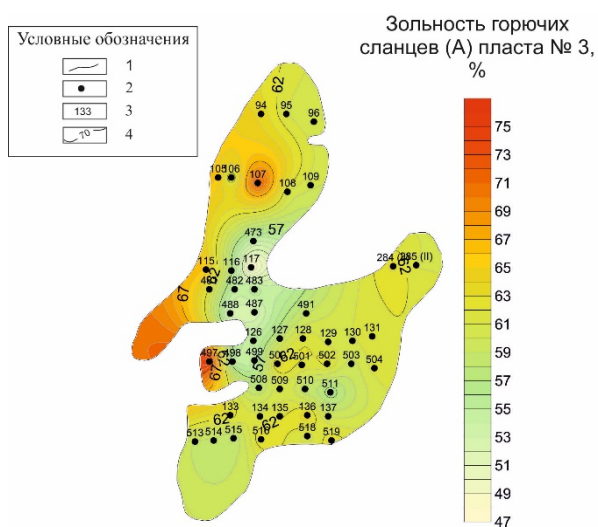


Рисунок 95 — Коцебинское месторождение;
пласт № 2 (изопакиты); масштаб 1 : 200 000;

составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница
месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины; 4
— изопакиты



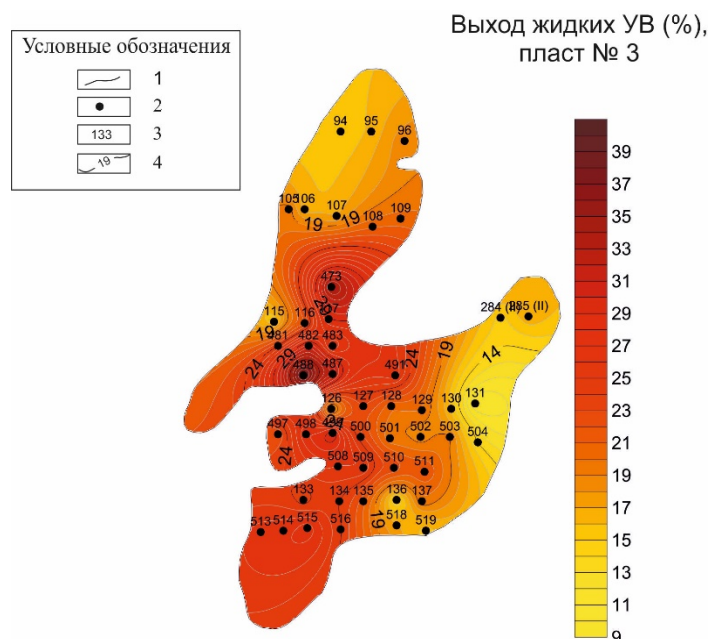


Рисунок 98 — Коцебинское месторождение; пласт № 3 (выход УВ, %);
масштаб 1 : 200 000; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины; 4 — изолинии выхода УВ

Второй пласт также обладает сложным строением и состоит из двух пачек горючего сланца. Образцы для анализа отбирались из первой пачки. Во втором пласте горючих сланцев область прогибания впервые смещается в южном, а также в восточном направлении. Благоприятные условия для формирования горючих сланцев выделяются в центральной, восточной и южной частях месторождения (Рисунок 99, 100). Предполагается, что палеотектоническая обстановка трансформировалась к началу формирования второго продуктивного пласта и была обусловлена геодинамическими процессами, протекавшими на южной окраине ВЕП. Рассматривая зольность второго пласта (Рисунок 101), можно выделить отчетливый площадной тренд распространения терригенного материала с западной границы месторождения вглубь рассматриваемой площади, захватывая центральную, южную и юго-восточную часть. Возможно, имеет место прорыв терригенного материала вглубь бассейна, что говорит об усилении его поступления с Воронежской антеклизы. В данном пласте присутствует зона с повышенным содержанием серы (северо-западная часть месторождения) при низких показателях Q и выхода жидких УВ (Рисунок 103). Возможно, имела место пониженная биопродуктивность бассейна вследствие сероводородного заражения морского дна

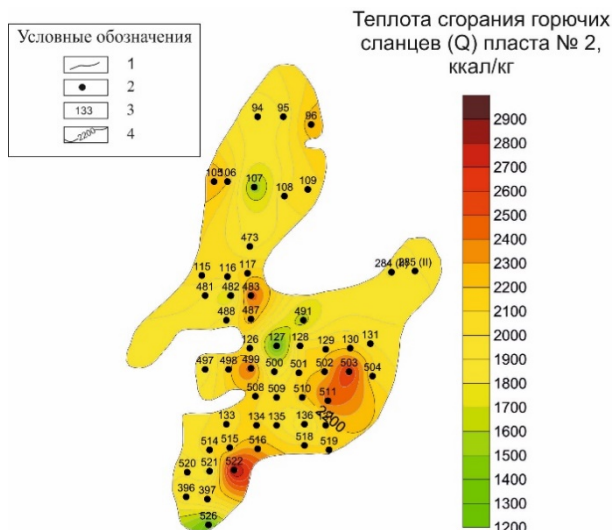


Рисунок 99 — Коцебинское месторождение;
пласт № 2 (Q, ккал/кг); масштаб 1 : 200 000;

составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница
месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

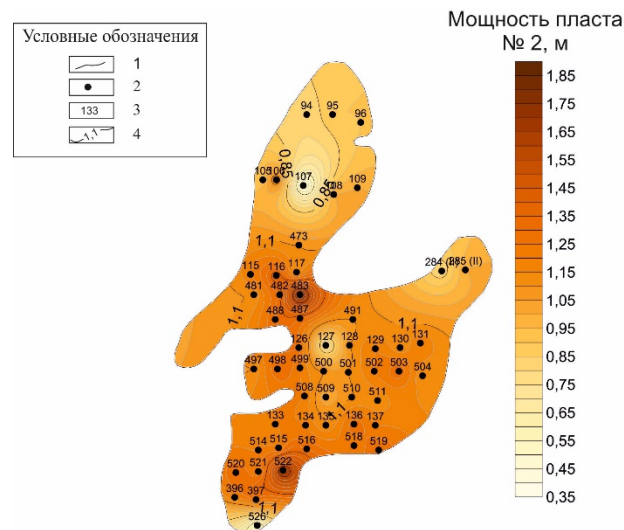


Рисунок 100 — Коцебинское месторождение;
пласт № 2 (изопакиты); масштаб 1 : 200 000;

составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница
месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

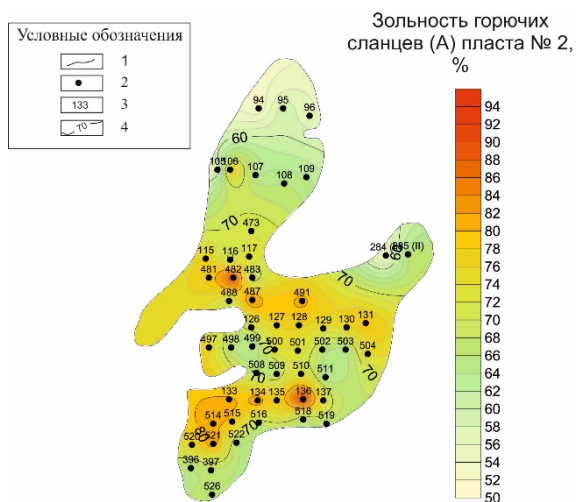


Рисунок 101 — Коцебинское
месторождение; пласт № 2 (A, %); масштаб
1 : 200 000; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница
месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

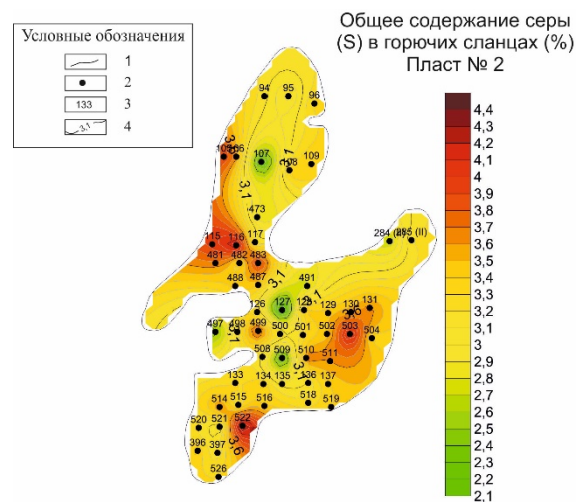


Рисунок 102 — Коцебинское месторождение;
пласт № 2 (S, %); масштаб 1 : 200 000;

составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница
месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

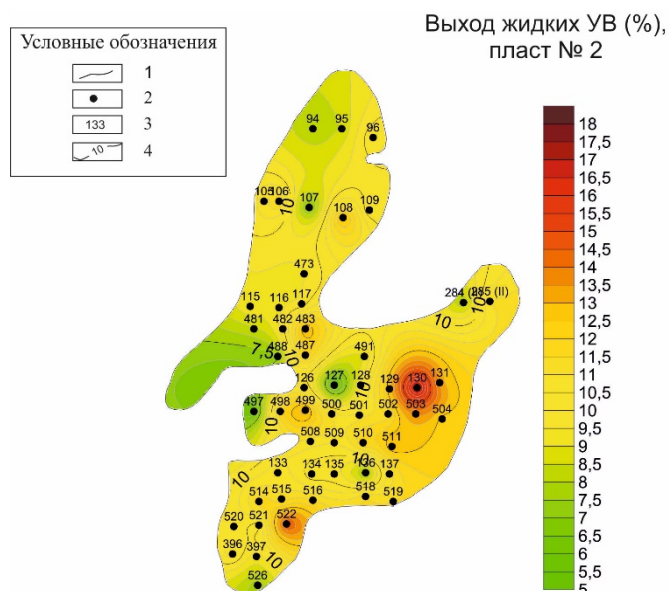


Рисунок 103 — Коцебинское месторождение; пласт № 2 (выход УВ, %);
масштаб 1 : 200 000; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины; 4 —
изолинии выхода УВ

В последнем продуктивном пласте (пласт № 1) интенсивное прогибание площади приурочено к центральному, северному и северо-восточному районам месторождения, что коррелируется с максимальной мощностью и высоким качеством горючих сланцев (Рисунок 104, можно выделить лишь единичные очаги повышенной зольности, располагающиеся в северной, западной и центральной частях месторождения (Рисунок 106). Высокое содержание серы и, как следствие, развитие аноксии происходило преимущественно в центральной части месторождения

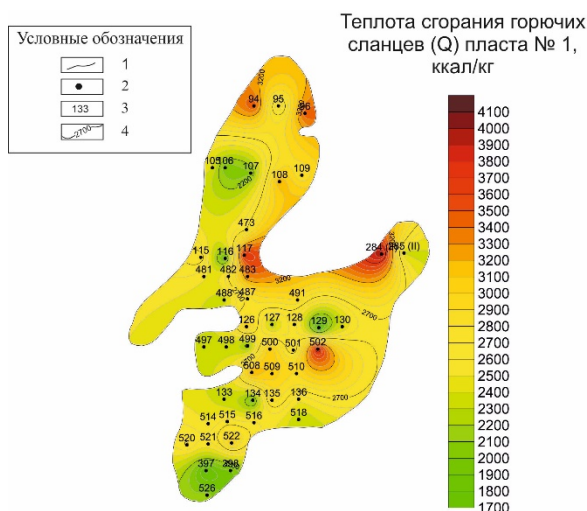


Рисунок 104 — Коцебинское месторождение;
пласт № 1 (Q, ккал/кг); масштаб 1 : 200 000;
составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

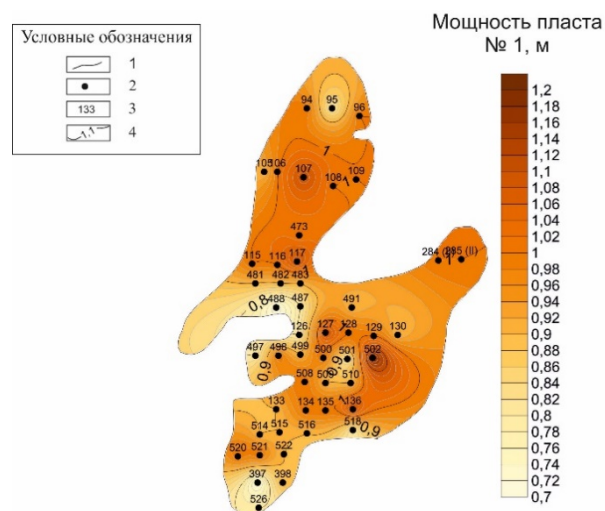


Рисунок 105 — Коцебинское месторождение;
пласт № 1 (изопакиты); масштаб 1 : 200 000;
составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

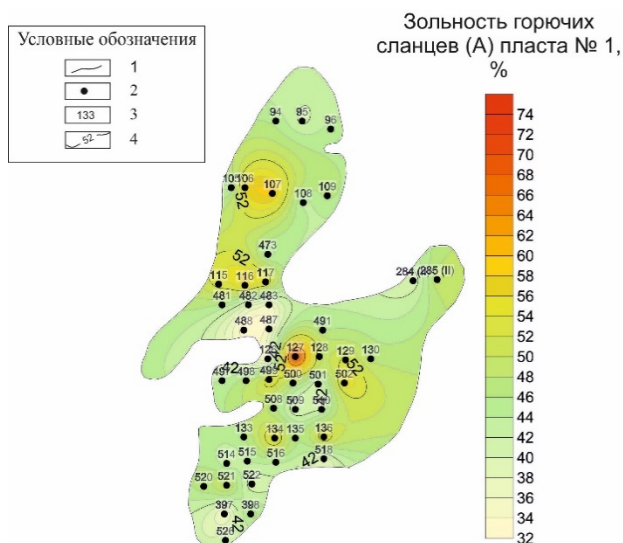


Рисунок 106 — Коцебинское месторождение;
пласт № 1 (A, %); масштаб 1 : 200 000;
составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

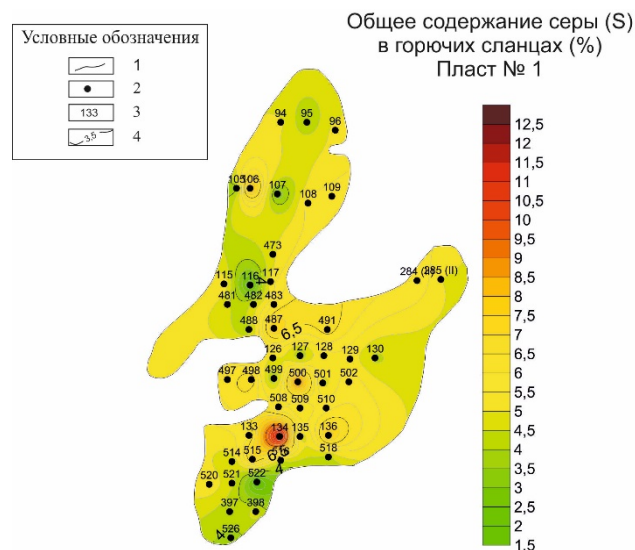


Рисунок 107 — Коцебинское месторождение;
пласт № 1 (S, %); масштаб 1 : 200 000;
составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины;

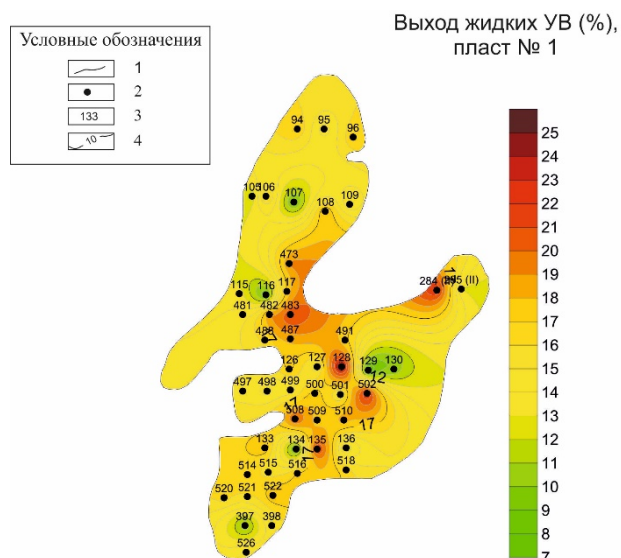


Рисунок 108 — Коцебинское месторождение; пласт № 1 (выход УВ, %);
масштаб 1 : 200 000; составил В. С. Илясов

Условные обозначения: 1 — граница месторождения; 2 — скважины; 3 — номер скважины; 4 — изолинии выхода УВ

На основании структурных карт были построены 3D модели пластов горючих сланцев
Рисунок 109, 110, 111, 112, 113).

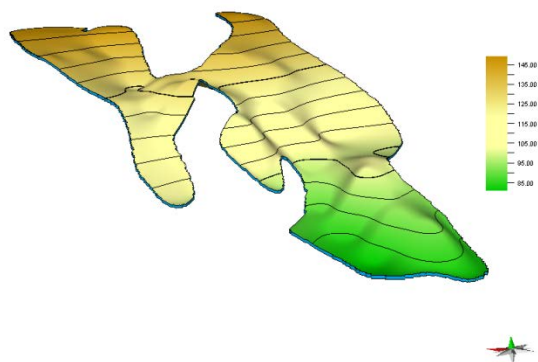


Рисунок 109 — 3D-модель первого пласта
Коцебинского месторождения; составил
Д. А. Лопатинский

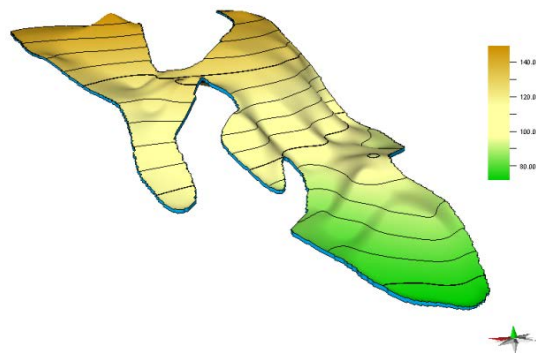


Рисунок 110 — 3D-модель второго пласта
Коцебинского месторождения; составил
Д. А. Лопатинский

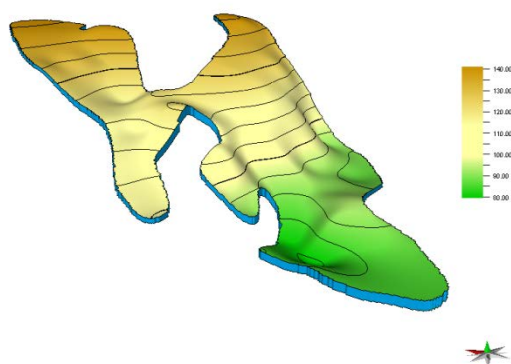


Рисунок 111 — 3D-модель третьего пласта
Коцебинского месторождения; составил
Д. А. Лопатинский

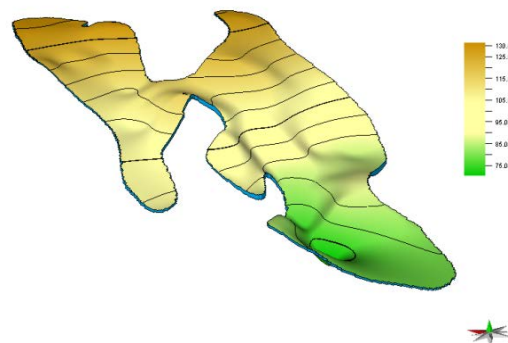


Рисунок 112 — 3D-модель четвертого
пласта Коцебинского месторождения;
составил Д. А. Лопатинский

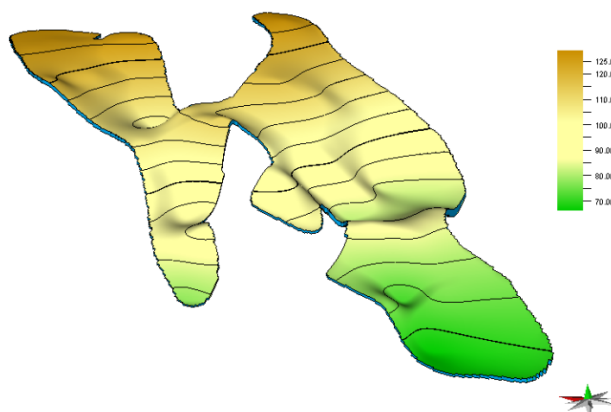


Рисунок 113 — 3D-модель пятого пласта Коцебинского месторождения;
составил Д. А. Лопатинский

Анализируя вышесказанное, следует отметить, что наиболее высококачественными и перспективными для разработки являются следующие пласты: № 1, 3 (2). Самым перспективным объектом для дальнейшей разработки является вторая пачка пласта № 3. Она обладает максимальными параметрами теплоты сгорания и, как следствие, выхода УВ в процессе дальнейшего пиролиза. Рассматривая латеральную изменчивость основных параметров горючих сланцев, можно отметить, что наиболее перспективной зоной для разработки является центральная, восточная и северная части месторождения. Западный и южный участок менее перспективны в этом отношении, за исключением второго, третьего и пятого пластов горючих сланцев.

Заключение

В соответствие с целями и задачами диссертационного исследования полученные результаты кратко можно привести в виде следующих выводов:

1. В результате изучения строения сланценосной толщи были выделены 11 литотипов рассматриваемых месторождений, среди которых 3 относятся к горючим сланцам. Построены корреляционные схемы месторождений широтного и меридионального простираия. Уточнено геологическое строение Озинковского месторождения, выделен седьмой продуктивный пласт и нижний сланценосный горизонт, а также прослежены закономерности изменения рассматриваемых литотипов в пространстве.

Определен минеральный состав глинистых пород верхнеюрской сланценосной толщи на Коцебинском месторождении. Он характеризуется смектит-хлорит-иллитовой ассоциацией, периодически выделяется каолинит. В разрезе Коцебинского месторождения среди смектитов установлены разности с Na и Na-Ca катионным комплексом.

3. Изучены условия формирования сланценосной толщи и основных литотипов горючих сланцев Волжского бассейна с помощью анализа и применения моделей продуктивности и модели развития аноксических условий. Установлено, что формирование сланценосной толщи происходило в два этапа. На первом этапе сланценакопление происходило в узких впадинах меридионального простираия на Озинковском и Перелюбском месторождениях. На втором этапе в результате выравнивания палеорельефа сланценосного ложа развитие сланценосной толщи происходило на всей территории исследования. Доказано, что периодам формирования наиболее высококачественных продуктивных пластов отвечают следующие условия: высокая биопродуктивность бассейна, низкое поступление терригенного материала, высокая степень фоссилизации органического вещества.

4. Впервые основные продуктивные пласты горючих сланцев Коцебинского, Перелюбского и Кашпир-Хвалынского месторождений были исследованы на установке Rock Eval 6 и методом Bulk Rock. Установлено, что верхнеюрские горючие сланцы обладают высоким нефтематеринским потенциалом.

5. На основе полученных ранее данных о высокой концентрации рения (результаты испытания ВНИИХТ, протокол № 836 5 1/14) в пласте № 1 (до 1 г/т) для Перелюбского и Коцебинского месторождений были выделены перспективные объекты на рений.

6. Установлены основные параметры, определяющие качество и объем сланценосной толщи Волжского бассейна, а также выявлены информационные показатели, характеризующие качество горючих сланцев.

7. Построены серии карт основных геологических и технологических параметров продуктивных пластов Коцебинского месторождения. Для Коцебинского месторождения выделены наиболее высококачественные пласты горючих сланцев - № 1, 3(2).

Список литературы

1. Алексеев, А. С. Об эвстатических колебаниях уровня моря на Восточно-Европейской платформе в юрском периоде (геттанг — бат) / А. С. Алексеев, А. Г. Олферьев // Эвстатические колебания уровня моря в фанерозое и реакция на них морской биоты. Материалы совещания (Москва, 13 ноября 2007). — Москва, 2007. — С. 40–48.
2. Антипов, М. П. Роль секвенсной стратиграфии в решении вопросов палеогеографии / М. П. Антипов, Е. Е. Бобылова, И. Е. Варшавская // Биосфера-экосистема-биота в прошлом Земли: палеобиогеографические аспекты. — Труды ГИН РАН. — Вып. 516. — М. : Наука, 2005. — С. 467–486.
3. Атлас литолого-палеогеографических карт СССР / гл. редактор А. П. Виноградов. — Том IV. Палеогеновый, неогеновый и четвертичный периоды / под ред. В. И. Гроссгейма, В. Е. Хаина. — ВАГТ — М. : Мингео СССР, 1967. — 55 карт.
4. Атлас литолого-палеогеографических карт СССР / гл. редактор А. П. Виноградов. — Том III. Триасовый, юрский и меловой периоды / под ред. В. Н. Верещагина, А. Б. Ронова. — ВАГТ. — М. : Мингео СССР, 1969. — 71 карта.
5. Ахлестина, Е. Ф. Атлас кремнистых пород мела и палеогена Поволжья / Е. Ф. Ахлестина, А. В. Иванов. — Саратов : изд-во ГосУНЦ «Колледж», 2000. — 166 с.
6. Ахлестина, Е. Ф. Модели кремненакопления в морских бассейнах Нижнего Поволжья / Е. Ф. Ахлестина, А. В. Иванов // Известия Саратов. ун-та. — 2002. — Т. 2. — Вып. 2. — С. 91–95.
7. Ахлестина, Е. Ф. О цеолитонности пепловых отложений Саратовского и Волгоградского Поволжья / Е. Ф. Ахлестина, В. И. Курлаев // Труды конференции по вопросам геологии, физико-химических свойств и применения природных цеолитов (Тбилиси, 1–5 ноября 1981 г.). — Тбилиси : Мецниереба, 1985. — С. 41–44.
8. Басов, И. А. Типы фауны бентосных фораминифер верхней юры и нижнего мела Северной Атлантики и их значение для палеогеографических реконструкций / И. А. Басов. — Л. : изд-во НИИГА, 1980. — С. 72–77.
9. Батулин, Г. Н. Апвеллинг и фосфатообразование / Г. Н. Батулин, В. И. Покрышкин // Океанология. 1980. — Т. XX. — Вып. I. — С. 87–95.
10. Беляков, С. Л. Стратиграфические исследования, основанные на эвстатических колебаниях / С. Л. Беляков, Ю. Б. Гладенков, А. Е. Шлезингер // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 1993. — Т. 1. — № 6. — С. 3–10.

11. Блом, Г. И. Пограничные слои юры и мела в Среднем Поволжье и Рязанской области / Г. И. Блом, К. И. Кузнецова, М. С. Месежников // Сводный путеводитель экскурсий
12. Боголюбова, Л. И. Органическое вещество в осадочном процессе на примере торфов, углей и меловых «черных сланцев» Мирового океана / Л. И. Боголюбова / ГИН РАН. — М., 1992. — 81 с.
13. Бондарь, Е. Б. Исследование горючих сланцев Сысольского месторождения Коми АССР. Общая характеристика сланцев / Е. Б. Бондарь // Горючие сланцы. — 1985. — Т. 2, № 3. — С. 245–253.
14. Бондарь, Е. Б. Серосодержащие структуры органического вещества кашпирских горючих сланцев / Е. Б. Бондарь, Р. Э. Вески // Горючие сланцы. — 1985. — Т. 2, № 2. — С. 150–154.
15. Борзенков, И. А. Трансформация карбонатной составляющей системы «вода-порода» в ходе процесса бактериальной сульфатредукции / И. А. Борзенков. — М., 1984. — 26 с. (№ 1200–84. Деп. в ВИНТИ).
16. Букина, Т. Ф. Принципы типизации пород верхнеюрской сланценосной толщи Волжского бассейна / Т. Ф. Букина, З. А. Яночкина // Литогенез, угленосность и рудогенез осадочных толщ Европейского Северо-Востока СССР : Тр. геол. конф. — Сыктывкар, 1987. — С. 31–34.
17. Букина, Т. Ф. Седиментогенез и ранний литогенез верхнеюрских сланценосных отложений центральной части Волжского бассейна / Т. Ф. Букина. — Саратов : изд-во Саратовского ун-та, 2013. — 128 с.
18. Букина, Т. Ф. Наноструктуры как показатели диагенетических процессов в горючих сланцах Волжского бассейна / Т. Ф. Букина, З. А. Яночкина, Н. А. Суетнова // Геология, минералогия и литология черных сланцев. Сыктывкар : [Б. и.], 1987. — С. 128–129.
19. Букина, Т. Ф. Принципы типизации пород верхне-юрской сланценосной толщи Волжского бассейна / Т. Ф. Букина, З. А. Яночкина // Литогенез, угленосность и рудогенез осадочных толщ Европейского Северо-Востока СССР : Тр. X Геол. конф. Коми АССР. — Сыктывкар: [Б. и.], 1987. — С. 31–34.
20. Бутузова, Г. Ю. К познанию цеолитов гейландитовой группы / Г. Ю. Бутузова // Литология и полезные ископаемые. — 1964. — № 5. — С. 37–50.
21. Бушинский, Г. И. О мелководном происхождении фосфоритовых осадков / Г. И. Бушинский // Дельтовые и мелководные морские осадки. — М. : изд-во АН

СССР, 1963. — С. 102–107.

22. Бушнев, Д. А. Геохимия органического вещества углеродистых толщ Восточно-Европейской платформы : дисс. ... д-ра геолого-минералогических наук : (25.00.09;
23. Ван, А. В. Вулканокластический материал в осадках и осадочных породах / А. В. Ван, Ю. П. Казанский. — Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1985. — 127 с.
24. Вассоевич, Н. Б. Системные уровни организации сообщества осадочных пород / Н. Б. Вассоевич, В. В. Меннер // Известия АН СССР. — Сер. геол. — 1978. — С. 5–
25. Величко, А. А. Структура термических изменений палеоклиматов мезо-кайнозоя по материалам изучения Восточной Европы и Климаты Земли в геологическом прошлом / А. А. Величко. — М. : Наука, 1987. — С. 5–44.
26. Верзилин, Н. Н. Методы палеогеографических исследований / Н. Н. Верзилин. — М. : Недра, 1979. — 247 с.
27. Внуков, А. В. Горючие сланцы Европейской части СССР / А. В. Внуков, Г. К. Хрусталева, А. Е. Винницкий и др. // Обзор ВИЭМС. Геология, методы поисков и разведки месторождений твёрдых горючих ископаемых. — М., 1983. — 72 с.
28. Волков, В. А. К вопросу о типе органического вещества пород баженовской свиты / В. А. Волков, Е. В. Олейник, Е. Е. Оксенойд, Л. А. Солопахина // Вестник недропользователя Ханты-Мансийского автономного округа, АУ «НАЦ РН им. В. И. Шпильмана», 2016. — № 28.
29. Гаврилов, Ю. О. О возможных причинах накопления отложений, обогащенных органическим веществом, в связи с эвстатическими колебаниями уровня моря / Ю. О. Гаврилов // Проблемы эволюции биосферы. — М.: Недра, 1994. — С. 305–311.
30. Гаврилов, Ю. О. О геохимических, биохимических и биотических следствиях эвстатических колебаний / Ю. О. Гаврилов, Л. Ф. Копаевич // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 1996. — Т. 4. — № 4. — С. 3–14.
31. Гаврилов, Ю. О., Щепетова, Е. В., Барабошкин, Е. Ю., Щербинина, Е. А. Аноксический раннемеловой бассейн русской плиты: седиментология и геохимия / Ю. О. Гаврилов, Е. В. Щепетова, Е. Ю. Барабошкин, Е. А. Щербинина // Литология и полезные ископаемые. — 2002. — № 4. — С. 359–380.
32. Гаврилов, Ю. О. Седиментология, геохимия и биота Волжских углеродистых отложений средней части среднерусского моря (Костромская область) / Ю. О. Гаврилов, Е. В. Щепетова, М. А. Рогов, Е. А. Щербинина // Литология и

- полезные ископаемые. — Москва, Геологический институт РАН, 2008. — № 4. — С. 396–424.
33. Герасимов, П. А. Верхний подъярус волжского яруса центральной части Русской платформы / П. А. Герасимов. — М. : Наука, 1969. — 144 с.
34. Герасимов, П. А. Волжский ярус и единая стратиграфическая шкала верхнего отдела юрской системы / П. А. Герасимов, Н. П. Михайлов // Известия АН СССР. — Сер. геол. — 1966. — № 2. — С. 118–138.
35. Гинзбург, А. И. Органическое вещество петрографических типов горючих сланцев (на примере некоторых месторождений СССР) / А. И. Гинзбург // Литология и полезные ископаемые. — М. : Изд-во АН СССР, 1969. — С. 39–52.
36. Гинзбург А. И. Новые данные по характеристике горючих сланцев Волжского бассейна / А. И. Гинзбург, Г. В. Явхута // Хим. твердые топлива. — 1969. — № 6. — С. 49–59.
37. Гинзбург, А. И. Рациональный комплекс петрографических и химических методов исследования углей и горючих сланцев / А. И. Гинзбург, А. В. Лапо, И. А. Летушова. — Л. : Недра, 1976. — 168 с.
38. Гладенков, Ю. Б. Отражение колебаний уровня моря в геологической летописи / Ю. Б. Гладенков, А. Е. Шлезингер // Стратиграфия. Геол. корреляция. — 1993. — Т. 1. — № 4. — С. 3–10.
39. Голубев, С. Н. Биологический подход к пороодообразующей роли кокколитов / С. Н. Голубев // Бюл. МОИП. — Отд. геол. — 1977. — Т. 52, вып. 1.
40. Дайн, Л. Г. Фораминиферы стратотипа волжского яруса / Л. Г. Дайн, К. И. Кузнецова. — М. : Наука, 1976. — 152 с.
41. Добрянский, А. Ф. Горючие сланцы СССР / А. Ф. Добрянский. — Л.; М. : Гостоптехиздат, 1947. — 232 с.
42. Дервиз, Т. Л. Волго-Уральская нефтеносная область. Юрские и меловые отложения / Т. Л. Дервиз. — Л. : Гостоптехиздат, 1959. — 367 с.
43. Дзоценидзе, Г. С. Роль вулканизма в образовании пород и руд / Г. С. Дзоценидзе. — М. : Недра, 1969. — 344 с.
44. Егоров, А. И. Среда и режим накопления горючих сланцев / А. И. Егоров // Тез. УП Всесоюз. угольного совещания: в 2 ч. Ч. I. Ресурсы твердых горючих ископаемых, их увеличение и комплексное использование в народном хозяйстве. — Ростов-на-Дону,
45. Жабин, А. В. Использование результатов рентгеновских анализов глин при

- палеогеографических построениях (на примере Воронежской антеклизы) / А. В. Жабин // Литология и полезные ископаемые центральной России. Тез. докладов. — Воронеж, 2000. — С. 32–33.
46. Жемчужников, Ю. А. Периодичность осадконакопления и понятия ритмичности и цикличности / Ю. А. Жемчужников // Бюл. МОИП. Отд. геол. — 1955. Т. 30, вып.
47. Жижченко, Б. П. Методы стратиграфических исследований нефтегазоносных областей / Б. П. Жижченко. — М. : Недра, 1969. — 364 с.
48. Жижченко, Б. П. Газовый режим вод и осадков современных акваторий / Б. П. Жижченко // Науч.-тех. обзор. — Серия : Геология и разведка газовых и газоконденсатных месторождений. — М., 1974. — 40 с.
49. Жмур, С. И. О роли известковистого нанопланктона (кокколитофорид) в образовании морских карбонатно-углеродистых формаций / С. И. Жмур // Литология и осадочная геология докембрия : тез. докл. V Всесоюз. совещ. — М. : Наука, 1981. — С. 85–88.
50. Жмур, С. И. Сланценосные горизонты Волжского бассейна / С. И. Жмур, Т. П. Емец, О. В. Барташевич и др. // Литология и полезные ископаемые. — 1983. — № 4. — С. 26–35.
51. Жмур, С. И. Состав и качество горючих сланцев Волжского и Прибалтийского бассейнов / С. И. Жмур, В. В. Катай // Горючие сланцы. — 1964. — Т. I, № 1. — С. 24–
52. Журавлёв, В. С. Стратиграфия верхнеюрских отложений северо-восточной части Прикаспийской синеклизы / В. С. Журавлёв // Бюл. МОИП. Отд. геол. — 1960. — Т. 35, вып. 2. — С. 12–23.
53. Залесский, М. Д. Первые микроскопические исследования нижневолжского горючего сланца / М. Д. Залесский // Л. : изд-во. САПР комитета. — 1928. — Вып. 4. — С. 1–28.
54. Захаров, В. А. В защиту волжского яруса / В. А. Захаров // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 2003. — Т. 11. — № 6. — С. 60–69.
55. Зеленин, Н. И. Справочник по горючим сланцам / Н. И. Зеленин, И. М. Озеров. — Ленинград : Недра, 1983. — 246 с.
56. Зорина, С. О. О взаимосвязи литологического строения морских осадочных разрезов с эвстатическими колебаниями и тектоническими движениями / С. О. Зорина // Отечественная геология. — 2007. — № 6. — С. 52–55.
57. Зорина, С. О. Стратиграфия средне- и верхнеюрских отложений востока Русской

- плиты / С. О. Зорина // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 2007. — Т. 15. — № 3. — С. 32–41.
58. Зорина, С.О. Цикло- и секвенс-стратиграфия средне-верхнеюрских отложений востока Русской плиты / С. О. Зорина // Стратиграфия и седиментология нефтегазоносных бассейнов. — 2008. — № 1. — С. 31–49.
59. Зорина, С. О. Юрские палеогеновые осадочные последовательности востока Русской плиты: тектоно-эвстатический анализ, секвенс-стратиграфия, фациальные трансформации и полезные ископаемые / С. О. Зорина. — М. : Букстрим, 2012. — 192 с.
60. Зорина, С. О. Эвстатические и геодинамические особенности формирования средне- и верхнеюрских отложений на востоке Русской плиты / С. О. Зорина // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Второе Всероссийское совещание : научные материалы — Ярославль : ЯГПУ, 2007. — С. 87–89.
61. Зорина, С. О. Следы пирокластики в сантон-кампанских отложениях разреза «Вишневое» (Среднее Поволжье) / С. О. Зорина, Н. И. Афанасьева, А. В. Жабин // Литосфера. — 2012. — № 3. — с. 3–13.
62. Зорина, С. О. Основные направления и уровни секвенс-стратиграфических исследований в России и за рубежом / С. О. Зорина, А. В. Жабин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. — 2010. — № 2. — С. 83–93.
63. Зубов, Н. Н. Динамическая океанология / Н. Н. Зубов. — М.-Л., 1947. С. – 430.
64. Игнатов, Б. Ф. Биологическая продуктивность водоёмов и ее роль в накоплении нефтематеринских осадков / Б. Ф. Игнатов // Под ред. Л.А.Назаркина; Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР; Саратовский государственный университет им.Н.Г.Чернышевского. - Саратов: Издательство Саратовского университета, 1967. - 124с
65. Илясов, В. С. Роль седиментационного фактора в формировании сланценосной толщи средневолжского подъяруса на юго-востоке Волго-Уральской антеклизы / В. С. Илясов, В. Н. Староверов // Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений. — Казань : изд. ИЛХАС. — 2016. — Т. 1. — С. 176–299.
66. Илясов, В. С. Геохимическая характеристика органического вещества верхнеюрских горючих сланцев Волжского сланценосного бассейна / В. С. Илясов, В. Н. Староверов, Е. В. Воробьева // Недра Поволжья и Прикаспия. — 2018. — № 93 (февраль 2018). — С. 26–37.

67. Илясов, В. С. Модели формирования пластов горючих сланцев Волжского бассейна на примере месторождений Саратовского Поволжья / В. С. Илясов, В. Н. Староверов // Недра Поволжья и Прикаспия. — № 94 (май 2018). — С. 3–13.
68. Илясов, В. С. Построение и анализ продуктивной модели Коцебинского месторождения в связи с перспективами разработки горючих сланцев / В. С. Илясов, В. Н. Староверов, П. А. Вахрамеев // Международный научный журнал «Путь науки». — Волгоград : Научное обозрение. — 2018. — № 1(47). — С. 73–87.
69. Илясов, В. С. О влиянии литологического состава горючих сланцев Волжского сланценосного бассейна на их технологические параметры / В. С. Илясов, В. Н. Староверов, Е. В. Воробьева // Приборы и системы разведочной геофизики. —
70. Илясов, В. С. Геохимическая характеристика горючих сланцев волжской сланценосной толщи в связи с прогнозированием промышленных концентраций / В. С. Илясов, В. Н. Староверов, Е. В. Воробьева, М. В. Решетников // Известия Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. — 2017. — Т. 17, вып. 3. — С. 165–170.
71. Илясов, В. С. Закономерности распределения глинистых минералов в сланценосной толще *Dorsoplanites panderi* Коцебинского месторождения / В. С. Илясов, В. Н. Староверов // Вестник Воронежского университета. Серия: Геология. —
72. Иосифова, Ю. И. О возрасте пеплосодержащей толщи в разрезе у с. Горелка Воронежской области (левобережье р. Хопер) / Ю. И. Иосифова // Стратиграфия фанерозоя центра Восточно-Европейской платформы. — М., 1992. — 166 с.
73. Казаринов, В. В. Органическое вещество баженовской свиты Западно-Сибирской плиты / В. В. Казаринов // Сов. геология. — 1983. — № 5. — С. 25–30.
74. Калущая, С. А. Вулканогенное происхождение бентонитов палеогена и неогена Воронежской антеклизы / С. А. Калущая // Новое в современной литологии. — М.,
75. Карогодин, Ю. Н. Седиментационная цикличность / Ю. Н. Карогодин. — М. : Недра,
76. Кассин, Н. Г. Горючие сланцы Вятского района / Н. Г. Кассин // Вестн. геол. ком. — М., 1925.
77. Кашапов, Р. С. Характеристика органического вещества Баженовской свиты Юганской мегавпадины по пиролитическим данным / Р. С. Кашапов // Геология

нефти и газа. Современные методы поисков и разведки углеводородного сырья. — Томск. — С. 291–293.

78. Каширский, В. Г. Горючие сланцы Поволжья: прошлое, настоящее, будущее / В. Г. Каширский, А. А. Коваль. — Саратов: Сар. гос. техн. ун-т, 2007. — 156 с.
79. Кейн, Р. Ф. Происхождение и формирование горючих сланцев / Р. Ф. Кейн // Горючие сланцы. / Л. : Недра, 1980. — С. 34–66.
80. Короновский, Н. В. Геология России и сопредельных территорий / Н. В. Короновский. — М. : Издательский центр «Академия», 2011. — 240 с.
81. Котельников, Д. Д. Глинистые минералы осадочных пород / Д. Д. Котельников, А. И. Конюхов. — М. : Недра, 1986. — 244 с.
82. Котлуков, В. А. Формации горючих сланцев / В. А. Котлуков. — Таллин, 1973.
83. Кулёва, Г. В. Детальное стратиграфическое расчленение зоны *Dorsoplanites panderi* Волжского сланценосного бассейна по фораминиферам / Г. В. Кулёва, В. И. Барышникова // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1988. — № 7. — С. 126–128.
84. Кулёва, Г. В., Яночкина, З. А., Букина, Т. Ф. и др. Разрез верхнеюрских сланценосных отложений Волжского бассейна (зона *Dorsoplanites panderi*) / под ред. З. А. Яночкиной, А. В. Иванова. — Саратов : Научная книга, 2004. — 110 с.
85. Лопатин, Н. В. Образование горючих ископаемых / Н. В. Лопатин. — М. : Недра,
86. Лыуров, С. В. Юрские отложения севера Русской плиты / С. В. Лыуров — Екатеринбург : УрО РАН, 1996. — 140 с.
87. Малеев, Е. Ф. Вулканогенные обломочные горные породы / Е. Ф. Малеев. — М. : Недра, 1977. — 214 с.
88. Маникин, А. Г. Условия формирования отложений волжского яруса Среднего Поволжья (вост. часть Русской плиты) / А. Г. Маникин, С. В. Астаркин, А. В. Жабин // Научные материалы II Всероссийского совещания «Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии». — Ярославль, 2007. — С. 147–149.
89. Меленевский, В. Н. Методические рекомендации по применению пиролитических методов моделирования в органической геохимии / В. Н. Меленевский. — Новосибирск : СНИИГГиМС, 1991. — 48 с.
90. Милановский, Е. В. Очерк геологии Среднего и Нижнего Поволжья / Е. В. Милановский. — М.-Л. : Гостоптехиздат, 1940. — 275 с.
91. Милановский, Е. Е. Некоторые закономерности тектонического развития и вулканизма Земли в фанерозое (проблемы пульсации в развитии Земли) /

- Е. Е. Милановский // Геотектоника. — 1978. — № 6. — С. 3–6.
92. Озеров, И. М. Основы промышленной классификации горючих сланцев / И. М. Озеров, В. Ф. Полозов // Доклады на симпозиуме ООН по разработке и использованию запасов горючих сланцев. — Таллин : Валгус, 1970. — С. 167–171.
93. Озеров, И. М. Комплексное использование горючих сланцев / И. М. Озеров // СЭВ. Бюл. Постоянной комиссии хим. промышленности. — 1975. — № 1. — С. 65–71.
94. Погребнов, Н. И. и др. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Том 12. Общие данные по угольным бассейнам и месторождениям СССР / Н. И. Погребнов. — М. : Недра, 1978. — 259 с.
95. Розанов, А. Н. О распространении горючих сланцев в Европейской России / А. Н. Розанов. — М. : Изд-во Глав. нефт. комитета, 1919. — № 6–7.
96. Розанов, А. Н. Горючие сланцы Европейской части СССР / А. Н. Розанов. — М. : Геолком, 1927. — Вып. 73.
97. Ромаденкина, С. Б. Состав продуктов термического разложения горючего сланца Коцебинского месторождения / С. Б. Ромаденкина, В. А. Решетов, А. В. Кружалов, Е. В. Лобанков, Р. И. Кузьмина // Химия твердого топлива. — 2016. — № 1. — С. 22.
98. Ромаденкина, С. Б. Получение жидких органических веществ из горючего сланца Коцебинского месторождения / С. Б. Ромаденкина, В. А. Решетов // Химия твердого топлива. — 2016. — № 2. — С. 61.
99. Ромаденкина, С. Б. Теплотворная способность продуктов пиролиза горючего сланца Коцебинского месторождения / С. Б. Ромаденкина, В. А. Решетов // Химия твердого топлива. — 2016. — № 3. — С. 47–49.
100. Ренгартен, И. В. Пирокластический материал в позднеюрских осадках Русской платформы / И. В. Ренгартен, К. И. Кузнецова // ДАН СССР. — 1967. — Т. 173. — №
101. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов / под. ред. Г. Брауна; пер. с англ. В. Дрица. — М. : Мир, 1965. — 599 с.
102. Рентгенография основных типов породобразующих минералов (слоистые и каркасные силикаты) / под ред. В. А. Франк-Каменецкого. — Л. : Недра, 1983. — 359
103. Рустамов, М. И. Проблемы корней офиолитов в геодинамической модели развития мезотезиса Малого Кавказа / М. И. Рустамов // The third international conference С. 157–160.

104. Стадников, Г. Л. Ископаемые угли, горючие сланцы, асфальтовые породы, асфальты и нефти / Г. Л. Стадников. — М. : ОН-ТИНКТП, 1935. — 167 с.
105. Староверов, В. Н. Фациальная модель формирования глинистых пород акчагыла юго-востока Русской плиты / В. Н. Староверов, А. Д. Савко // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Геология. — 2004. — № 2. — С. 14–29.
106. Староверов, В. Н. Фациальные модели и палеогеография плиоцена юго-востока Русской плиты : автореф. дисс. докт. геол.-мин. наук : (25.00.06) / Староверов Вячеслав Николаевич. — М., 2005. — 32 с.
107. Страхов, Н. М. Распределение аутигенно минералогических форм железа в осадочных породах и его значение для литологии (к теории диагенеза) / Н. М. Страхов, Э. С. Залманзон // Изв. АН СССР. Сер. Геол. — 1956. — № 1. — С. 34–
108. Страхов, Н. М. Горючие сланцы зоны *Perisphinctes panderi* d'Orb / Н. М. Страхов //
109. Страхов, Н. М. Основы теории литогенеза: в 2 т. Т. 2 / Н. М. Страхов. — М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1962. — 574 с.
110. Страхов, Н. М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли / Н. М. Страхов. — М. : Госгеотехиздат, 1963. — 535 с.
111. Ступаков, А. В. Поисковые критерии нефти и газа в доманиковых отложениях Волго-Уральского бассейна / А. В. Ступаков, Н. П. Фадеев и др. // Георесурсы. — 2015. — № 2. — С. 77–88.
112. Тиссо, Б. Образование и распространение нефти / Б. Тиссо, Д. Вельте. — М. : Мир. Редакция литературы по вопросам геологических наук, 1981. — 504 с.
113. Уолкер, Р. Фациальные модели; пер. с англ. / Р. Уолкер, Н. Джейс. — М. — Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2017. — 916 с.
114. Хабарова, Т. Н. Фораминиферы юрских отложений Саратовской области / Т. Н. Хабарова // Стратиграфия и фауна юрских и меловых отложений Саратовского Поволжья. — Л. : Госнаучтехиздат, 1959. — С. 463–520.
115. Хрусталёва, Г. К. Геотектонический режим и седиментационные обстановки накопления горючих сланцев / Г. К. Хрусталёва // Эволюция осадочного процесса на континентах и океанах. — Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1981. — С. 269–270.
116. Хрусталёва, Г. К. К условиям формирования горючих сланцев / Г. К. Хрусталёва // Горючие сланцы. — 1985. — Т. 2, № 1. — С. I—II.

117. Хрусталёва, Г. К. Характеристика горючих сланцев основных рабочих пластов / Г. К. Хрусталёва, А. В. Самородов, М. В. Старокожева // Горючие сланцы. —
118. Хрусталёва, Г. К. Петрология горючих сланцев / Г. К. Хрусталёва. — М. : ВНИГРИУголь, 1999. — 253 с.
119. Шебалдин, В.П. Тектоника Саратовской области / В. П. Шебалдин. — Саратов : ОАО
120. Щепетова, Е. В. Седиментология и геохимия углеродистых толщ верхней юры и нижнего мела Русской плиты / автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук : (25.00.06). / Щепетова Елена Владимировна — М., 2011. — 24 с.
121. Юдович, Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). — Сыктывкар: Геопринт, 2011. 742 с.
122. Явхута, Г. В. Верхнеюрская формация горючих сланцев Русской платформы : дис. ... канд. геол.-мин. наук : (04.00.16) . / Явхута Галина Владимировна — Л., 1978. — 150 с.
123. Яночкина, З. А. Вещественный состав горючих сланцев Саратовского Заволжья / З. А. Яночкина, Т. Ф. Букина // Исследования в области комплексного энерготехнологического использования топлива. — Саратов : Изд-во СПИ, 1982. — С. 9—
124. Яночкина, З. А. О материнском веществе керогена верхнеюрских горючих сланцев Волжского бассейна / З. А. Яночкина, Т. Ф. Букина, Ф. И. Ковальский, А. В. Самородов // Геохимия горючих сланцев: III Всесоюз. совещ. — Таллин, 1982. — С. 220–222.
125. Яночкина, З. А. О вещественном составе горючих сланцев Перелюб-Благодаговской площади (Заволжье) / З. А. Яночкина, Т. Ф. Букина, А. В. Самородов, Ф. И. Ковальский // Геология Южного Урала и Поволжья. Минералогия, геология нефти и газа. — Саратов : изд-во Сарат. ун-та, 1983. — С. 55–64.
126. Яночкина, З. А. Минеральный состав и качество горючих сланцев / З. А. Яночкина, Т. Ф. Букина, А. В. Самородов // III Всесоюз. совещ. — Таллин : Валгус, 1982. — С. 223.
127. Яночкина, З. А. Микроэлементы в горючих сланцах Перелюбского месторождения / З. А. Яночкина, Т. Ф. Букина, В. Ф. Старцев, Р. А. Ромазанова // Геохимия, минералогия и литология черных сланцев. — Сыктывкар, 1987.

128. Arthur, M. A. Geochemical and climatic effects of increased marine organic carbon burial at the Cenomanian / Turonian boundary / M. A. Arthur, W. E. Dean, L. M. Pratt // *Nature*. — 1988. — V. 335. — P. 714–717.
129. Berner, R. A. GEOCARBSULF: A combined model for Phanerozoic atmospheric O₂ and CO₂ / R. A. Berner // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. — 2006. — 70. — P. 5653–5664.
130. Behar, F. Rock Eval 6 Technology: Performances and Developments / F. Behar, V. Beaumont, H.L. De B. Penteadó // *Oil & Gas Science and Technology*. — Rev. IFP. — 2001. — Vol. 56. — No. 2. — P. 111–134.
131. Curtis, C. D. Diagenetic alteration in black shales / C. D. Curtis // *J. Geol. Soc. of London*. — 1980. — Vol. 137. — P. 189–194.
132. Erba, E. Nannofossil carbonate fluxes during the Early Cretaceous: Phytoplankton response to nutrification episodes, atmospheric CO₂, and anoxia / E. Erba, F. Tremolada // *Paleoceanography*. — 2004. — V. 19. — PA 1008.
133. Erbacher, J. Increased thermohaline stratification as a possible cause for an ocean anoxic event in the Cretaceous period / J. Erbacher, B. T. Huber, R. D. Norris, and M. Markey // *Nature*. — 2001. — 409. — P. 325–329.
134. Espitalie, J. Geochemical logging / J. Espitalie, F. Marquis, I. Barsony // *Analytical pyrolysis — techniques and applications*. — Boston: Butterworth, 1984. — P. 276–304.
135. Espitalie, J. La pyrolyse Rock Eval et ses applications / J. Espitalie, G. Deroo, F. Marquis // *Oil & Gas Science and Technology*. — 1985. — 40,6 (a). — P. 563–579.
136. Espitalie, J. La pyrolyse Rock Eval et ses applications / J. Espitalie, G. Deroo, F. Marquis // *Oil & Gas Science and Technology*. — 1985. — 40,6 (b). — P. 755–783.
137. Espitalie, J. La pyrolyse Rock Eval et ses applications / J. Espitalie, G. Deroo, F. Marquis // *Oil & Gas Science and Technology*. — 1985. — 41,1 (c). — P. 73–89.
138. Galiakberov, A. Toxicity of High-Carbon Sediments: Case Study from Anoxic Basins of the East European and West Siberian Platforms / A. Galiakberov, S. Zorina, L. Maksyutova, R. Dzhalumukhanova, G. Zaripova, K. Nikashin // *Proceedings of Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting 2017: Advances in Devonian, Carboniferous and Permian Research: Stratigraphy, Environments, Climate and Resources*. Filodiritto Editore — Proceedings, 2018. — P. 340–343.
139. Giraud, A. Application of pyrolysis and gas-chromatography to geochemical characterization of kerogen in sedimentary rocks / A. Giraud // *AAPG Bull.*, 1970. — V.54 (3). — P. 439–455.

140. Hunt John, M. Petroleum Geochemistry And Geology / M. Hunt John. — San Francisco: Woods Hole Oceanographic Institution, 1982. — 703 p.
141. Ketris, M. P. Estimation of clarks for carbonaceous biolithes: world averages for trace elements contents in black shales and coals / M. P. Ketris, Y. E. Yudovich // International Journal of Coal Geology. — 2009. — 78. — P. 135–148.
142. Peters, K. E. Applied Source Rock Geochemistry / K. E. Peters, M. R. Cassa // The petroleum system — from source to trap. — AAPG Memoir 60. — Tulsa : The American Association of Petroleum Geologists, 1994. — P. 93–117.
143. Peters, K. E. The Biomarker Guide, Volume 1: Biomarkers and Isotopes in the Environment and Human History / K. E. Peters, C. C. Walters, J. M. Moldowan. — 2nd edition. — Cambridge University Press, 2005. — 474 p.
144. Peters, K. E. Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis / K. E. Peters // AAPG Bulletin. — 1986. — V.70. — № 3. — P. 318–329.
145. Pratt, L. M. Variable marine productivity and high eolian input recorded by rhythmic black shales in mid-Cretaceous pelagic deposits from Central Italy / L. M. Pratt, J. D. King // Paleooceanography. — 1986. — V. 1. № 4. — P. 507–522.
146. Price, G. D. An isotopic appraisal of the Late Jurassic greenhouse phase in the Russian Platform / G. D. Price, M. A. Rogov // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. — 2009. — V. 273. — P. 41–49.
147. Smith, D. J. The lipid geochemistry of a recent sapropel and associated sediments from the hellenic of ter ridge, eastern Mediter ranean sea / D. J. Smith, G. Eglinton, R. J. Morris // Phil. Trans. Pol. Soc. of London. — 1986. — Vol. A319, № 1550. — P. 375–415.
148. Schlanger, S. O. Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequences / S. O. Schlanger, H. C. Jenkyns // Geologieen Mijnbouw. — 1976. — 55. — P. 179–184.
149. Turgeon, S. Anoxic vs dysoxic events reflected in sediment geochemistry during the Cenomanian-Turonian Boundary Event (Cretaceous) in the Umbria-Marche Basin of central Italy / S. Turgeon, H.-J. Brumsack // Chemical Geology. — 2006. — V. 234. — P. 321–339.
150. Tyson, R. V. Modern and ancient continental shelf anoxia: an overview / R. V. Tyson, T. H. Pearson // Geological Society Special Publication. — 1991. — 58. — P. 1–24.
151. Wignall, P. Black shales / P. Wignall // Oxford Monographs in Geology and Geophysics. — 1994. — 30. — P. 1–127.
152. Zorina, S. O. Eustatic, tectonic, and climatic signatures in the Lower Cretaceous siliciclastic succession on the Eastern Russian Platform / S. O. Zorina // Palaeogeography,

