

DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/4\\_2023](https://doi.org/10.17353/2070-5379/4_2023)

УДК (552.52+552.55):551.763.3(571.1)

**Кудаманов А.И., Карих Т.М.**

ООО «Тюменский Нефтяной Научный Центр» (ООО «ТННЦ»), Тюмень, Россия, aikudamanov@tnnc.rosneft.ru, tmkarikh@tnnc.rosneft.ru

## **СЛЕДЫ ПРОЯВЛЕНИЯ ВУЛКАНОГЕННО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГЛИНИСТО-КРЕМНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕРХНЕГО МЕЛА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

*Статья посвящена отдельным аспектам состава, строения и особенностям формирования позднемеловых осадочных формаций Западно-Сибирской плиты. Микрзернистые отложения характеризуются небольшой мощностью (суммарно, как правило, первые сотни метров) и выдержанным составом на площади порядка 2 млн. км<sup>2</sup>. В результате детального изучения в прозрачных иллицах под микроскопом, в глинисто-кремнистых породах (от сеномана до кампана) установлены обломки вулканического стекла и остроугольных зёрен кварца и полевых шпатов тонкоалевритовой размерности. Дополнительно, по данным определения химического состава отложений рентгенофлуоресцентным методом, в разрезе верхнего мела выявлено периодическое послойное обогащение высоко-железистыми разновидностями - сидеритами или глауконитовыми глинами. Значения Модуля Страхова ((железо+марганец)/титан) для подобных слоёв обогащения превышают 25 (иногда до 100-200 и более), что свидетельствует о влиянии на осадконакопление этих пород вулканогенно-гидротермальных процессов. Широко представленная в глинисто-кремнистой толще ассоциация аутигенных минералов (сметиты, глауконит, опал, цеолиты) соответствует понятию «камуфлированная пирокластика». Кроме того, в породах сантона отмечены проявления мусковит-кварцевых метасоматитов (жильного типа, до 3-4 см). Перечисленные фактически установленные характеристики разреза верхнего мела Западной Сибири неоспоримо свидетельствуют о реальном вкладе в осадконакопление и литогенез вулканогенно-гидротермальных процессов.*

**Ключевые слова:** глинисто-кремнистые формации, вулканический пепел, мусковит-кварцевые метасоматиты, вулканогенно-гидротермальные процессы, верхний мел Западной Сибири.

### **Введение**

Отложения надсеноманской части верхнего мела Западно-Сибирской плиты (ЗСП), сформированные преимущественно в условиях глобальной трансгрессии, представлены (за редким исключением) глинисто-кремнистыми осадками, вплоть до опок хэяхинской пачки (или пласта НБ1, позднесантонского возраста) биогенно-хемогенного генезиса.

В строении надсеноманской части верхнего мела на большей части площади ЗСП установлены 4 сейсмостратиграфических комплекса (ССК): кузнецовский (турон-верхний коньяк), нижнеберёзовский (коньяк-сантон), верхнеберёзовский (кампан) и ганькинский (маастрихт) [Агалаков, 2020]. С учётом нюансов литологического состава и детальной палеонтологической характеристики на востоке и северо-востоке внутри ССК выделены

более дробные подразделения (литостратоны). Например, в составе нижнеберёзовского ССК (снизу вверх) определены пласты НБ4 (опоковидные глины, средний коньяк), НБ3 (алевролиты, верхний коньяк), НБ2 (опоковидные глины, нижний сантон; рис. 1 и 2) и НБ1 (опоки, верхний сантон) (рис. 1). А в основании кузнецовского ССК залегают лужьяхинская и мамийская пачки глин в разной степени битуминозных (дорожковская свита; нижний-средний турон), выше расположена газалинская пачка алевролитов (пласт Т1, верхний турон; рис. 1), перекрытая глауконит-сметитовыми глинами мярояхинской пачки (низы нижнего коньяка) [Агалаков, 2020].

Пласты алевролитов (Т1 и НБ3, рис. 1) локального распространения [Кудаманов и др., 2020] фиксируют в разрезе трансгрессивных глин верхнего мела периодические эпизоды кратковременных регрессий (рис. 2, в центре и справа). В составе трансгрессивных глин присутствуют маломощные прослои (как правило, 20-40 см; рис. 2, слева) с высоким содержанием глауконита (признак вулканогенно-гидротермального влияния на процессы седиментации).

### Признаки вулканогенного участия

По данным рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) установлена геохимическая индивидуальность литостратонов, например (НБ1, НБ2 и Т1; рис. 3). Значения отношения  $(Fe+Mn)/Ti$  более 25 являются индикатором влияния вулканических эксгаляций [Проблемы геохимии..., 1976]. На рис. 3 цифрами желтого цвета (справа) охарактеризованы образцы (24765, 24793, 24825, 24853 и 24877), отвечающие этому определению Н.М. Страхова. Первые 3 образца отобраны из пород с высокими долями глауконита, последние 2 образца – из пород с поликарбонатным цементом (кальцит, анкерит, сидерит; рис. 3, 4) и повышенными значениями, кроме железа, «потерь при прокаливании» (ППП).

Важно отметить, что интервалы с высокими долями глауконита характерны для глинистых толщ (автохтонного типа), а прослои и конкреции с поликарбонатным цементом встречаются спорадически только в алевролитовых (обломочных, терригенных) отложениях (аллохтонного происхождения).

В «сидеритолитах» значения модуля Страхова составляют 31,14 и 37,65 (см. рис. 2). На фото шлифов (см. рис. 4) - песчаники с глинисто-карбонатным цементом (слева) и мергель (справа); породы биотурбированные. На изображении РЭМ (рис. 5) - агрегат индивидов кальцита, сидерита и глин.

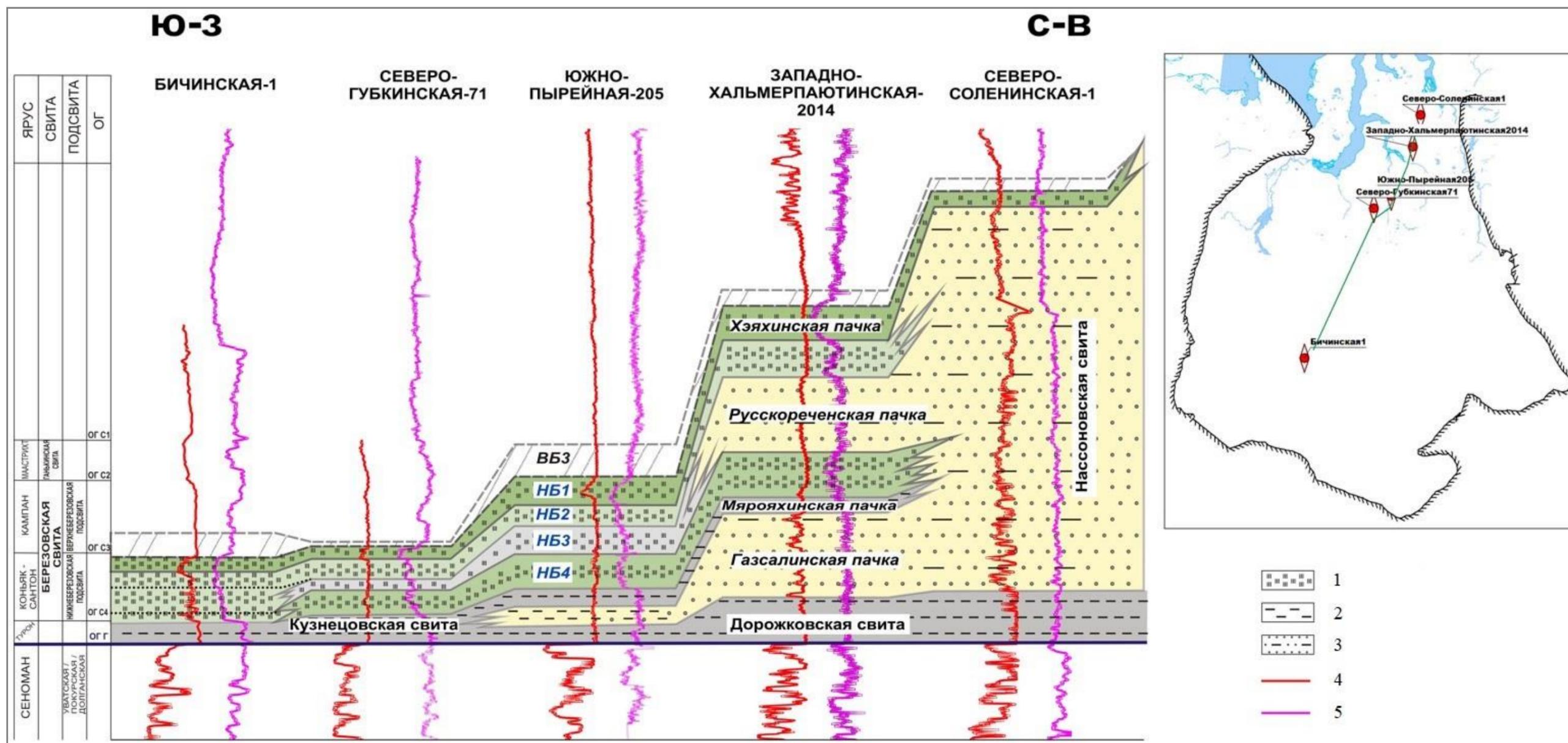
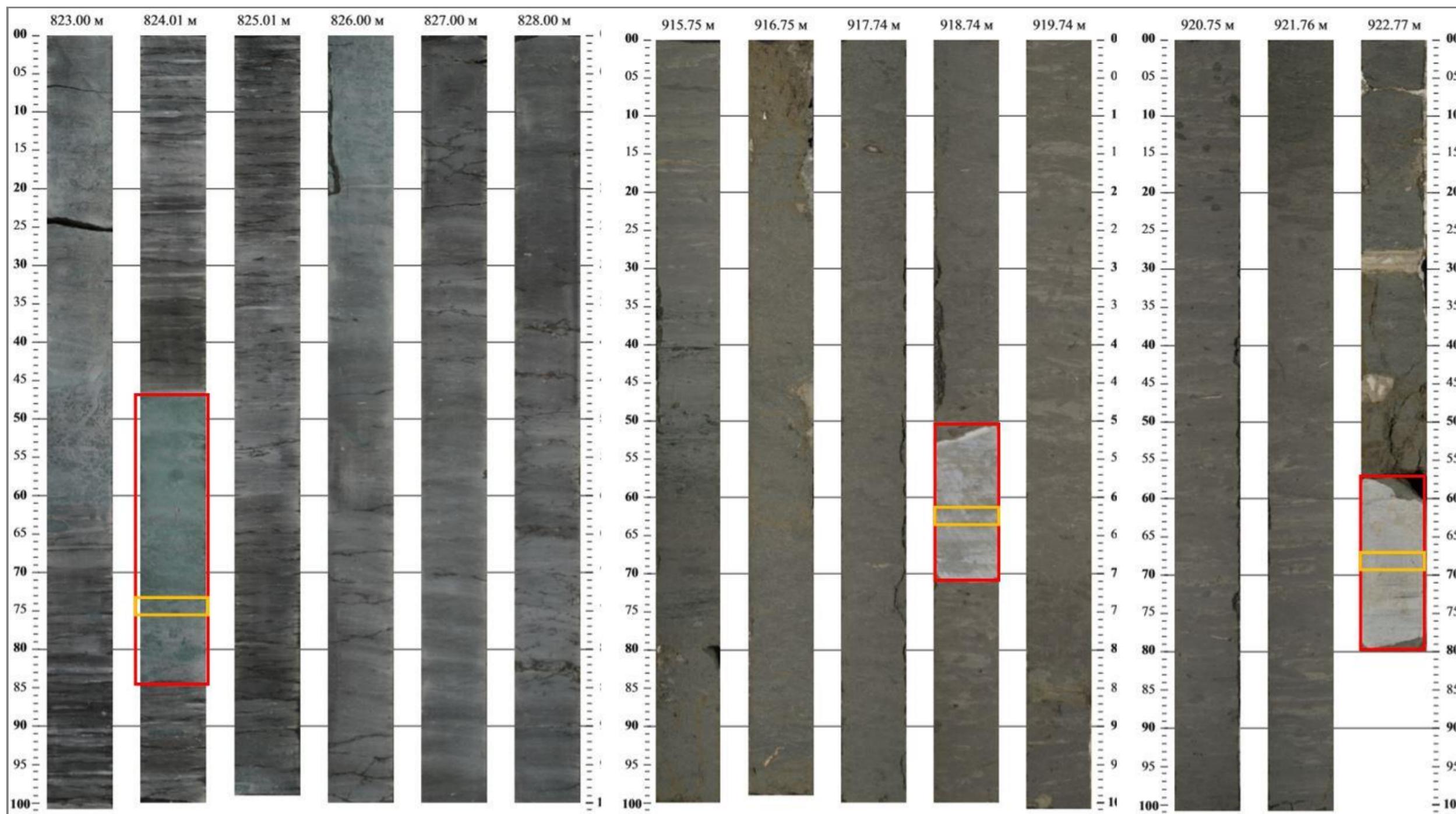


Рис. 1. Схематичный разрез по ГИС для нижнеберёзовского (коньяк-сантон) и кузнецовского сеймостратиграфических комплексов на северо-востоке Западно-Сибирской плиты [Агалаков, 2020]  
 1 - опоки, опокovidные глины; 2 - глины; 3 - переслаивание алевритов, песчаников, глин; 4 - каротажная кривая ПС; 5 - каротажная кривая ГК.



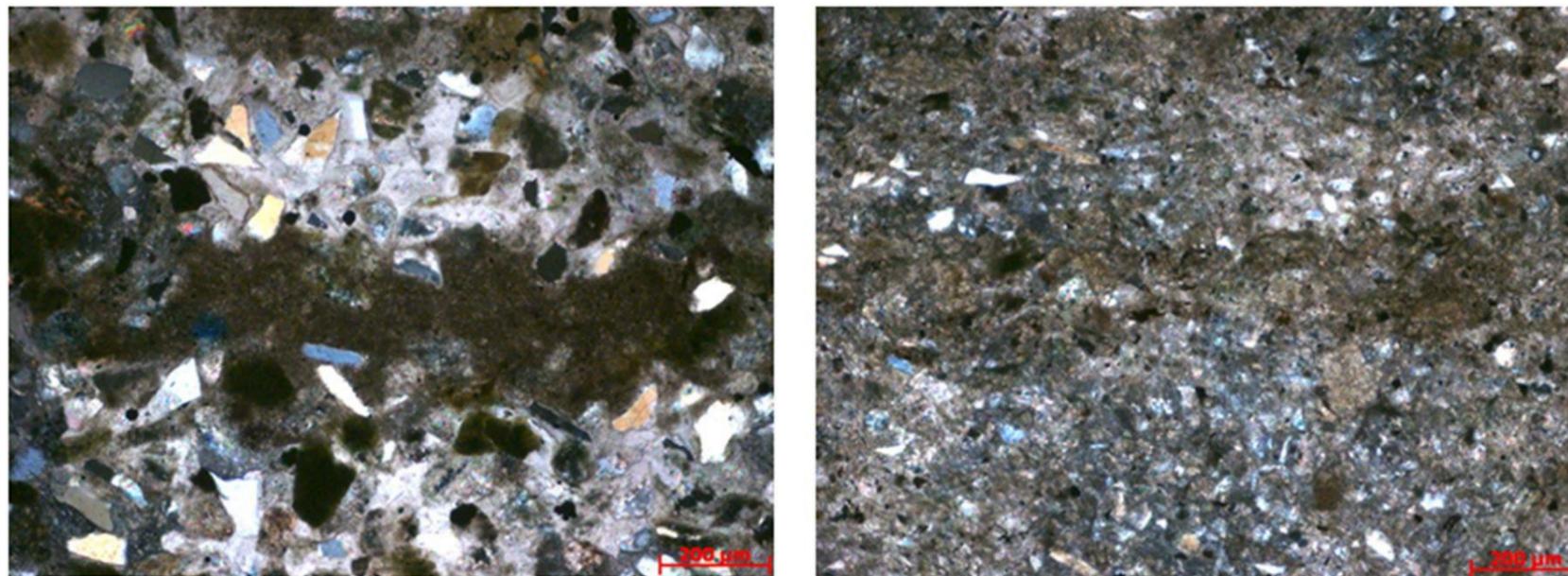
**Рис. 2. Фото керна в дневном свете Западно-Часельского лицензионного участка**

*Пласт NB2. Красным контуром выделен слой (0,36 м) глауконит-кремнево-глинистых пород; жёлтым - образец 24793 (слева). Пласт T1. Красным контуром выделены слои (0,19 и 0,23 м) песчаников с поликарбонатным цементом; жёлтым - образцы 24853 и 24877 (в центре и справа).*

Стратиграфия	Номер образца лаб.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	Ba	Cr	Cu	Zn	Pb	Ni	Sr	V	Rb	Zr	Ga	La	Nb	ППП
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
2	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
НБ1	25938/20	89,770	0,119	2,650	1,090	0,005	0,193	0,436	0,875	0,314	0,024	0,018	T	0,008	0,001	0,002	T	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	T	0,002	0,001	4,474
НБ1	24762/20	87,710	0,147	3,320	1,280	0,005	0,222	0,893	0,972	0,372	0,026	0,041	T	0,008	0,001	0,003	T	0,004	0,003	0,004	0,001	0,001	T	T	T	4,983
НБ1	24765/20	83,010	0,180	3,660	4,810	0,022	0,350	0,956	1,070	0,933	0,141	0,062	T	0,031	0,001	0,007	T	0,009	0,003	0,020	0,002	0,003	T	T	0,001	4,728
НБ1	24767/20	76,050	0,399	8,620	3,050	0,011	0,384	1,570	1,470	1,010	0,069	0,056	T	0,013	0,001	0,006	T	0,003	0,005	0,010	0,002	0,004	T	0,001	0,001	7,258
НБ1	24768/20	88,350	0,151	3,210	1,470	0,005	0,184	0,575	0,946	0,397	0,025	0,029	T	0,008	0,001	0,003	T	0,003	0,003	0,004	0,001	0,002	T	T	0,001	4,629
НБ2	24789/20	73,170	0,368	7,650	5,570	0,015	0,521	2,040	1,430	1,380	0,093	0,149	T	0,014	0,001	0,007	T	0,004	0,006	0,011	0,003	0,004	T	T	0,001	7,562
НБ2	24793/20	65,840	0,186	5,450	14,370	0,070	0,456	2,050	1,190	2,550	0,147	0,391	T	0,030	0,001	0,015	T	0,007	0,005	0,040	0,006	0,003	T	T	0,001	7,191
НБ2	24795/20	73,560	0,448	8,990	3,560	0,014	0,513	1,860	1,640	1,060	0,085	0,067	T	0,011	0,002	0,008	T	0,004	0,007	0,010	0,003	0,005	0,001	T	0,001	8,146
НБ2	24805/20	73,850	0,381	8,700	3,460	0,020	0,507	1,750	1,520	0,934	0,098	0,064	T	0,008	0,001	0,006	T	0,002	0,006	0,012	0,002	0,003	T	T	0,001	8,671
Т1	24817/20	60,380	0,793	17,690	6,470	0,038	0,581	2,640	2,300	2,510	0,121	0,132	T	0,017	0,003	0,009	T	0,007	0,005	0,021	0,003	0,009	0,001	0,002	0,001	6,258
Т1	24823/20	56,590	0,823	16,940	8,430	0,036	0,920	3,990	2,060	3,100	0,168	0,451	T	0,019	0,003	0,013	0,001	0,007	0,006	0,030	0,006	0,011	0,001	0,002	0,001	6,385
Т1	24825/20	41,100	0,557	13,980	19,730	0,223	2,250	3,040	1,780	1,790	0,120	0,360	T	0,012	0,002	0,006	T	0,006	0,004	0,015	0,002	0,006	T	T	0,001	15,012
Т1	24843/20	63,330	0,873	17,860	5,630	0,044	0,642	2,480	2,200	2,890	0,145	0,070	T	0,017	0,002	0,010	T	0,004	0,005	0,021	0,004	0,015	0,001	T	0,001	3,748
Т1	24853/20	28,430	0,502	9,460	18,680	0,218	14,460	3,730	1,240	1,190	0,136	0,506	T	0,012	0,002	0,004	T	0,006	0,006	0,011	0,002	0,005	T	0,002	T	21,389
Т1	24861/20	54,920	1,020	20,100	7,880	0,053	0,723	3,060	2,060	2,490	0,196	0,090	T	0,018	0,005	0,015	0,001	0,009	0,006	0,023	0,004	0,010	0,001	0,001	0,001	7,314
Т1	24876/20	55,480	0,928	19,770	8,740	0,048	0,577	2,860	2,100	2,690	0,115	0,085	T	0,018	0,003	0,013	T	0,009	0,006	0,029	0,004	0,011	0,001	0,001	0,001	6,502
Т1	24877/20	28,850	0,424	7,400	13,020	0,185	24,430	2,760	0,999	1,130	0,140	1,080	T	0,015	0,001	0,005	T	0,005	0,010	0,015	0,002	0,008	T	0,002	0,001	19,512
Т1	24880/20	56,170	0,974	20,270	7,300	0,052	0,635	3,050	2,070	2,460	0,133	0,113	T	0,017	0,004	0,012	0,001	0,008	0,007	0,021	0,004	0,013	0,001	0,001	0,001	6,675
Т1	25936/20	61,550	0,838	18,750	6,200	0,039	0,693	2,370	2,470	2,690	0,126	0,051	T	0,013	0,003	0,009	T	0,005	0,008	0,023	0,004	0,013	0,001	0,002	0,001	4,136

Рис. 3. Фрагмент таблицы результатов рентгенофлуоресцентного анализа некоторых литостратонов (НБ1, НБ2 и Т1) по скважине Западно-Часельского лицензионного участка

Жёлтым цветом выделены минимальные значения компонентов, розовым и красным - повышенные и максимальные значения. Жёлтыми цифрами справа - модуль Страхова.

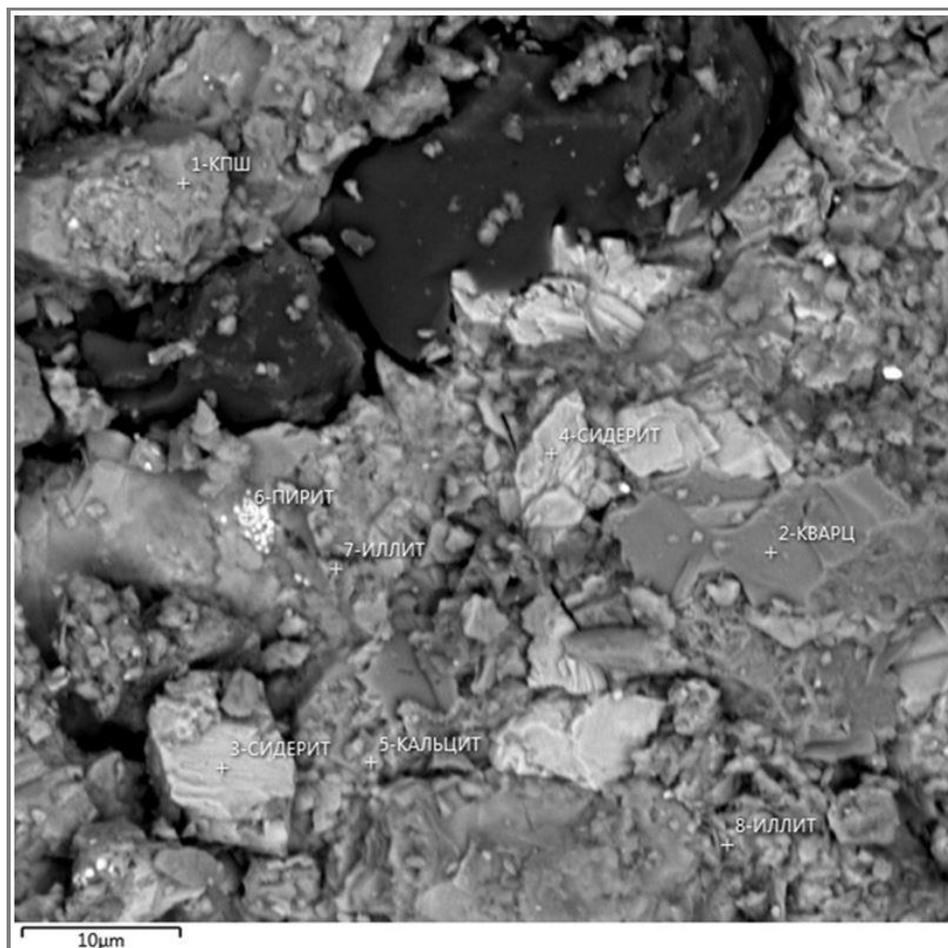


А

Б

**Рис. 4. Фото шлифов пласта Т1**

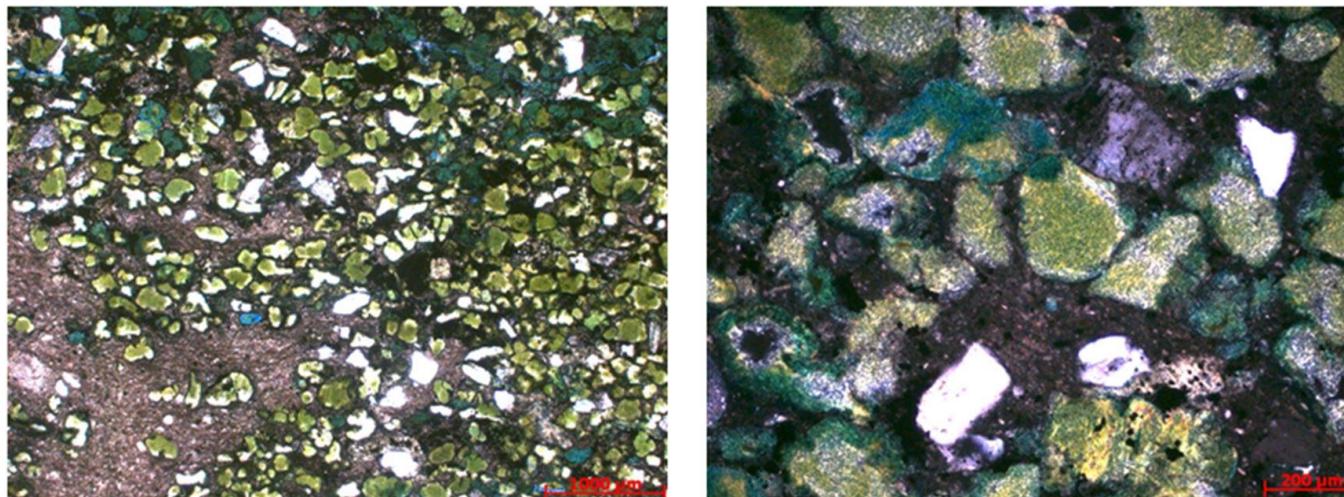
*А) обр. 24877. Песчаник мелко-тонкозернистый алевритовый, мезомиктово-кварцевый, слюдистый, с базальным глинисто-карбонатным цементом, с глауконитом и редкой примесью растительного детрита, сидеритизированный, биотурбированный. Модуль Страхова равен 31,14. Фото - с анализатором; Б) обр. 24853. Глинисто-карбонатная порода, неравномерно алевритистая, с единичными зёрнами глауконита, биотурбированная. Модуль Страхова равен 37,65. Фото - с анализатором.*



**Рис. 5. Изображение РЭМ обр. 24853 (пласт Т1)**

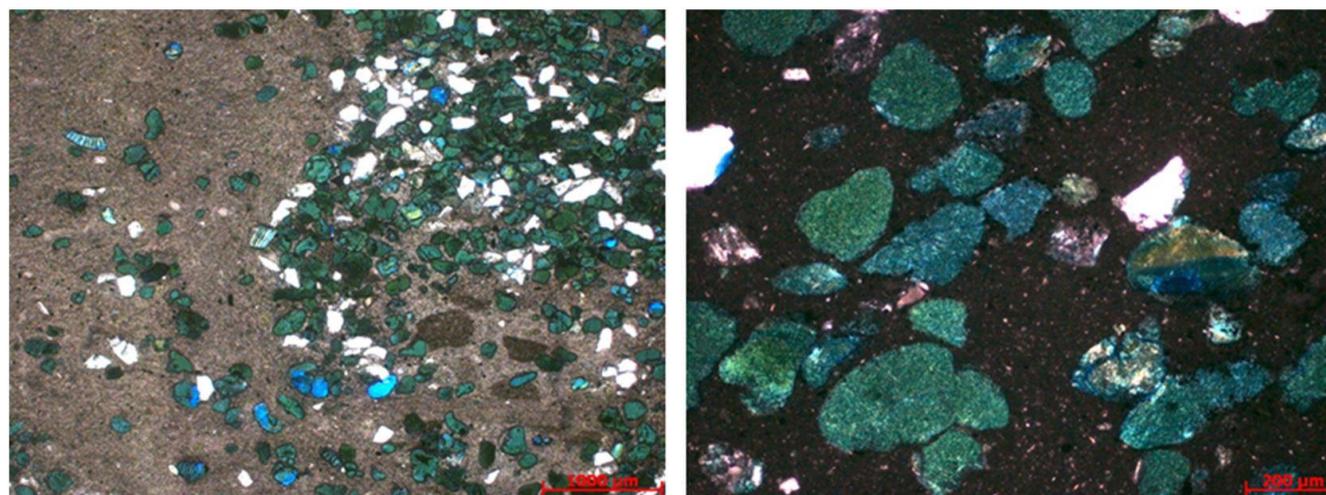
*Сидерит-кальцит-иллитовый агрегат с примесью мелкозернистого алеврита (кварц и калиевые полевые шпаты, КПШ), пирита и органического вещества. В средней части справа - зерно кварца оплавленной формы (вулканический пепел).*

В обр. 24793 (рис. 6) - опоковидные глины (пласт НБ2), неравномерно (пятнами) обогащённые глауконитом ( $\varnothing$  0,1-0,2, редко до 0,3 мм). Состав - агрегат глинисто-кремневого состава (до 45%) с обилием аутигенного глауконита (до 45%), обломочный материал (ОМ) (10%), редкие биогенные остатки (2-3%, диатомеи до 0,15 мм, единичный ихтио- и растительный детрит 0,5-0,6 мм), более поздний пирит (5-10%). Глауконит - травяно-зелёного, зелёного цвета почковидные, реже - трещиноватые микроконкреции, единично зональные (с бурой окраской в центре). ОМ - угловатой, полуугловатой формы, редкие оскольчатые туфогенные обломки алевро-псаммитовой размерности, представлены кварцем, полевыми шпатами (ПШ), редкими обломками пород кремневого состава (эффузивы, микрокварциты, серицит-кварцевые микросланцы, единично - фосфатных пород). Биогенные кремневые остатки - диатомеи (длиной до 0,15 мм, изотропный опал), спикулы губок (длиной от 0,03 до 0,15 мм), единичные агглютинированные фораминиферы плохой сохранности (длиной до 0,14 мм). Пирит (тонко рассеянный, реже глобулы  $\varnothing$  до 0,03 мм) сконцентрирован преимущественно между зёрнами глауконита.



**Рис. 6. Фото шлифа обр. 24793 из пласта НБ2**

*Глинисто-кремнево-глауконитовая порода, алевро-песчанистая, с биогенными кремневыми остатками, пиритизированная. Слева - без анализатора, справа - с анализатором. Модуль Страхова равен 77,63.*

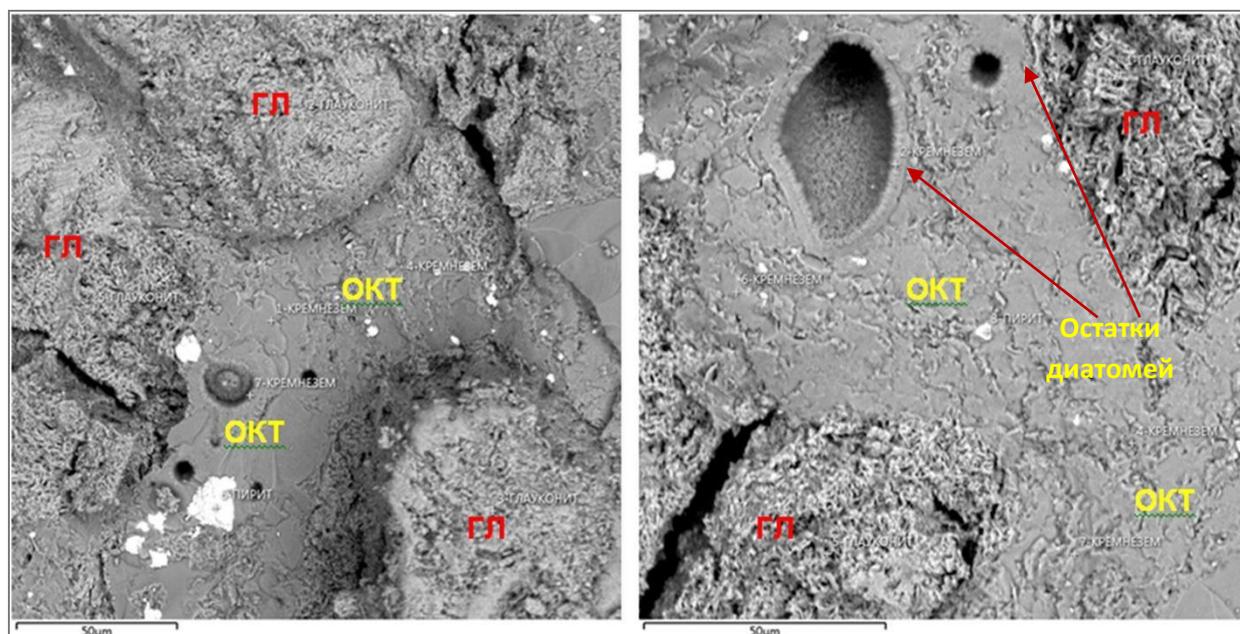


**Рис. 7. Фото шлифа обр. 24765 из пласта НБ1**

*Опока глинистая, пятнами с частым глауконитом, с зёрнами ОМ, умеренно биотурбированная. Слева - без анализатора, справа - с анализатором. Модуль Страхова равен 26,84.*

Аналогичные пятна аномальных концентраций глауконита нередко отмечаются и в опоках пласта НБ1 (обр. 24765, рис. 7). В описании керна опоки - глинистые зеленоватые пепельно-серые, неясно слоистые (чёткий прослой 0,22 м, обр. 24765). Отмечается обильная примесь микроконкреций глауконита, с пятнистым распределением, частично по ходам илоедов. Характерна умеренная степень биотурбации (отвесные и горизонтальные ходы). Под микроскопом (см. рис. 7) - опока глинистая, с пятнами сгущения микроконкреций глауконита (15-20%, до 0,5 мм), с примесью ОМ (5-7%, мелкий псаммит) - кварца, ПШ, умеренно биотурбированная. Пирит (2%) - глобулы (Ø до 0,05 мм), микрокристаллы, по растительным остаткам.

На фото РЭМ (рис. 8) - микроконкреции глауконита в цементирующей массе аморфного кремнезёма (опал-кristобалит-тридимит, ОКТ). Основная масса породы имеет чешуйчатую, хлопьевидную микроструктуру, сложена неиндивидуализированными агрегатами кремнезёма. Встречаются полуугловатые зёрна кварца (до 115 мкм). Неравномерно распределены частые округло-изометричные микроконкреции глауконита (70-320 мкм); скелетные остатки диатомей трубчатой и округло-изометричной формы (до 126 мкм). Частые глобулярные стяжения и скопления микрокристаллов пирита. Хорошо видно, что рыхловатые микроконкреции глауконита (а также скелеты диатомей, обломки кварца) сформировались раньше, чем произошло затвердевание кремневых илов (коллоида).



**Рис. 8. Изображения РЭМ обр. 24765**

*Опока глинистая, слабо песчанистая, пятнами с частым глауконитом, с обломочными зёрнами, с остатками диатомей (справа). ОКТ - кремнезём; ГЛ - глауконит.*

В дополнение можно сказать, что широко представленная (в отложениях коньяк-сантон-кампанского возраста Русской Плиты и ЗСП) ассоциация «смектиты-ОКТ-глауконит-цеолиты» («камуфлированная пирокластика») [Зорина, Афанасьева, 2015].

В процессе изучения пород верхнего мела ЗСП под микроскопом, описаны обломки изотропного вулканического стекла, остроугольных обломков кварца, реже ПШ (мелкоалевритовой размерности) [Карих и др., 2020]. Вклад вулканизма в накопление мезоканозойских отложений ЗСП до сих пор не имеет ясной однозначной оценки. Одним из основных источников разно-обломочной пирокластики в пределах ЗСП являлись вулканы Центрально-Азиатского складчатого пояса [Воронцов, 2007], расположенные к югу от Сибирской платформы. В течение этапа вулканической активизации позднего мезозоя - раннего кайнозоя они поставляли пирокластический материал разнообразного состава.

Особое значение имеют аномальные доли кремнезёма в составе высокодисперсных осадочных толщ коньяка-сантона. Установлено, что формирование высоко кремнистых пород ЗСП (литостратоны НБ4...НБ1) проходило синхронно активизации трёх крупных провинций кремнекислого вулканизма - Охотско-Чукотский вулканический пояс (ОЧВП, *поздний мел*), Юго-Восточно-Китайская (*ранний-поздний мел*) и Восточно-Сихотэ-Алинская (*сеноман-палеоцен*) [Тихомиров, 2018]. В области Северного Ледовитого Океана (СЛО) в позднем мелу интенсивно «работала» базальтовая вулканическая провинция HALIP (Высокая Арктика) [Парначёв, 2021], пеплы которой, видимо, периодически участвовали в формировании толщ высоко-железистых глауконит-смектитовых глин и слоёв сидеритолитов верхнего мела. Напротив, образование осадочных формаций с высоким содержанием аморфного кремнезёма (особенно опок НБ1), с большой вероятностью, связано с активизацией трех, названных выше, крупных провинций кремнекислого вулканизма.

В отношении тонкой размерности находок вулканического стекла (а также кварца и ПШ) можно добавить следующее. Происхождение мелких пеплов (с переносом на большие расстояния) связано с выпадением их из горячего облака пара (400-450°C над жерлом). При охлаждении из облака пара выделяются растворённые вещества в виде частиц (в размере молекул). Частицы способны удерживаться в воздухе неограниченное время. По мере удаления от кратера (более длительное пребывание в облаке) из облака выпадают пеплы различного химического состава. Заметны изменения долей *железа, магния, марганца, олова, ванадия* и других элементов, которые увеличиваются по мере удаления от кратера. Это связано с сорбцией элементов на поверхностной плёнке (толщиной  $10^{-4}$ - $10^{-6}$  см) каждой частицы пепла [Григорьев, 1971]. Химический состав пеплов и особенно их поверхностных сорбционных плёнок отличается от среднего состава пород коры суши и океана присутствием и повышенным содержанием многих элементов, таких как Ga, V, Cu, Co, Ni,

Cr, Sr, Ba, Zr, U, Th и др. [Григорьев, 1971], что, видимо, может объяснить повышенные концентрации ряда элементов в опоковидных глинах литостратонов НБ4, НБ2 и кремнистых глинах верхнеберёзовского ССК.

Попадая в воду, пеплы тонкой размерности разлагаются и преобразуются в более устойчивые формы, так называемую «камуфлированную пирокластику» [Коссовская, 1975; Зорина, Афанасьева, 2015]. Слои с «камуфлированной пирокластикой» установлены в современных и древних толщах Русской плиты (РП).

Таким образом, вклад вулканических процессов в осадконакопление верхнего мела ЗСП подтверждается рядом фактически установленных признаков (находки вулканических стёкол, пирокластических зёрен кварца и ПШ; ассоциация минералов «камуфлированной пирокластики»; значения модуля Страхова более 25; и пр.).

### Следы гидротермального влияния

Кроме этого, установлены следы влияние низкотемпературных гидротермальных растворов на уже сформировавшиеся (литифицированные) отложения верхнего мела [Карих, Кудаманов, 2021]. В керне некоторых скважин на северо-востоке ЗСП отмечены трещины тектонического и смешанного (литогенетическое расслоение + тектоника) характера (рис. 9), залеченные метасоматическими кварцитами (рис. 9, 10).

Текстура пород (рис. 10) - биотурбационная (ходы биотурбаторов Ø 0,4-3,0 мм). Литокласты (10%) - глинисто-кремневого состава хаотичные, удлинённые (от 0,25 до 12 мм); в скрещенных николях полностью изотропные, не содержат ОМ и микроконкреций глауконита. Отмечаются структуры внедрения материала вмещающей опоки в литокласты, другими словами, на время образования глауконита и осаждения ОМ кремневый материал литокластов, видимо, еще не литифицирован (пластичный коллоид).

На изображении РЭМ (рис. 10) порода имеет хлопьевидную структуру, с уплощёнными и червеобразными валиками кремневого состава (не биогенного происхождения; не более 5 мкм). По данным рентгеноспектрального анализа кремневый материал повсеместно содержит незначительную изоморфную примесь алюминия. Неравномерно распределены чешуйчатые микроагрегаты смектита-иллита. Отмечаются редкие скелетные остатки диатомей (до 20×102 мкм), полые внутри, с внутриформенными изолированными порами (до 17 мкм); фрамбоиды пирита (до 18 мкм).

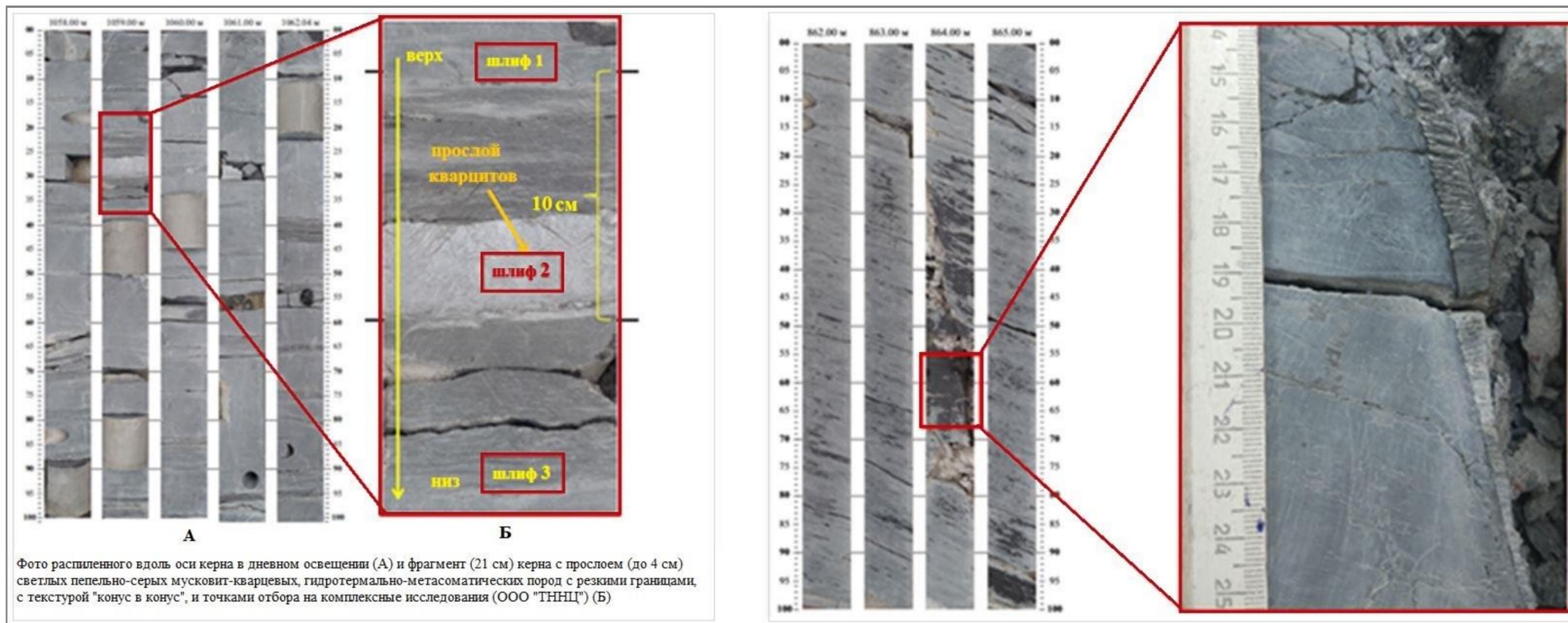
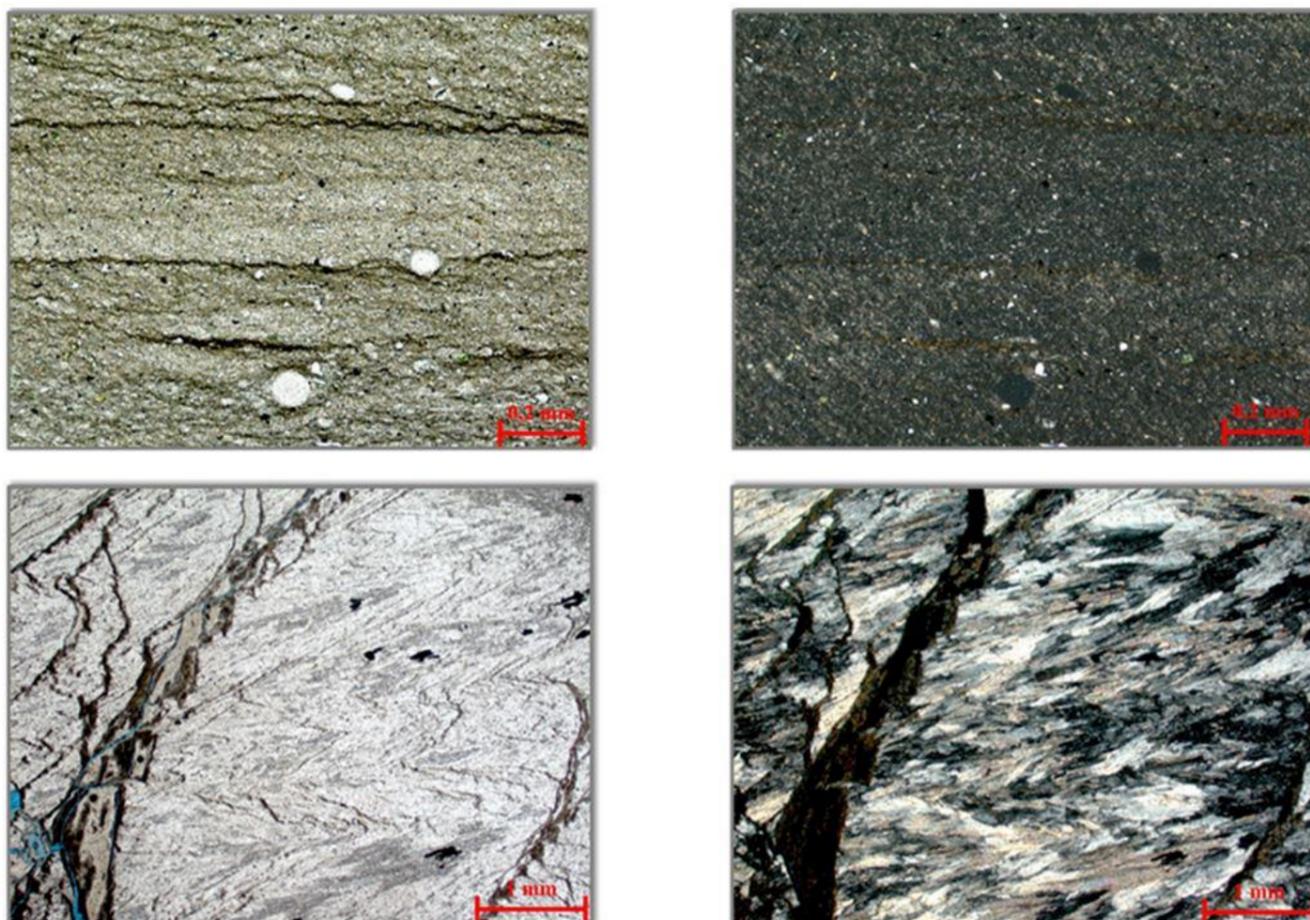
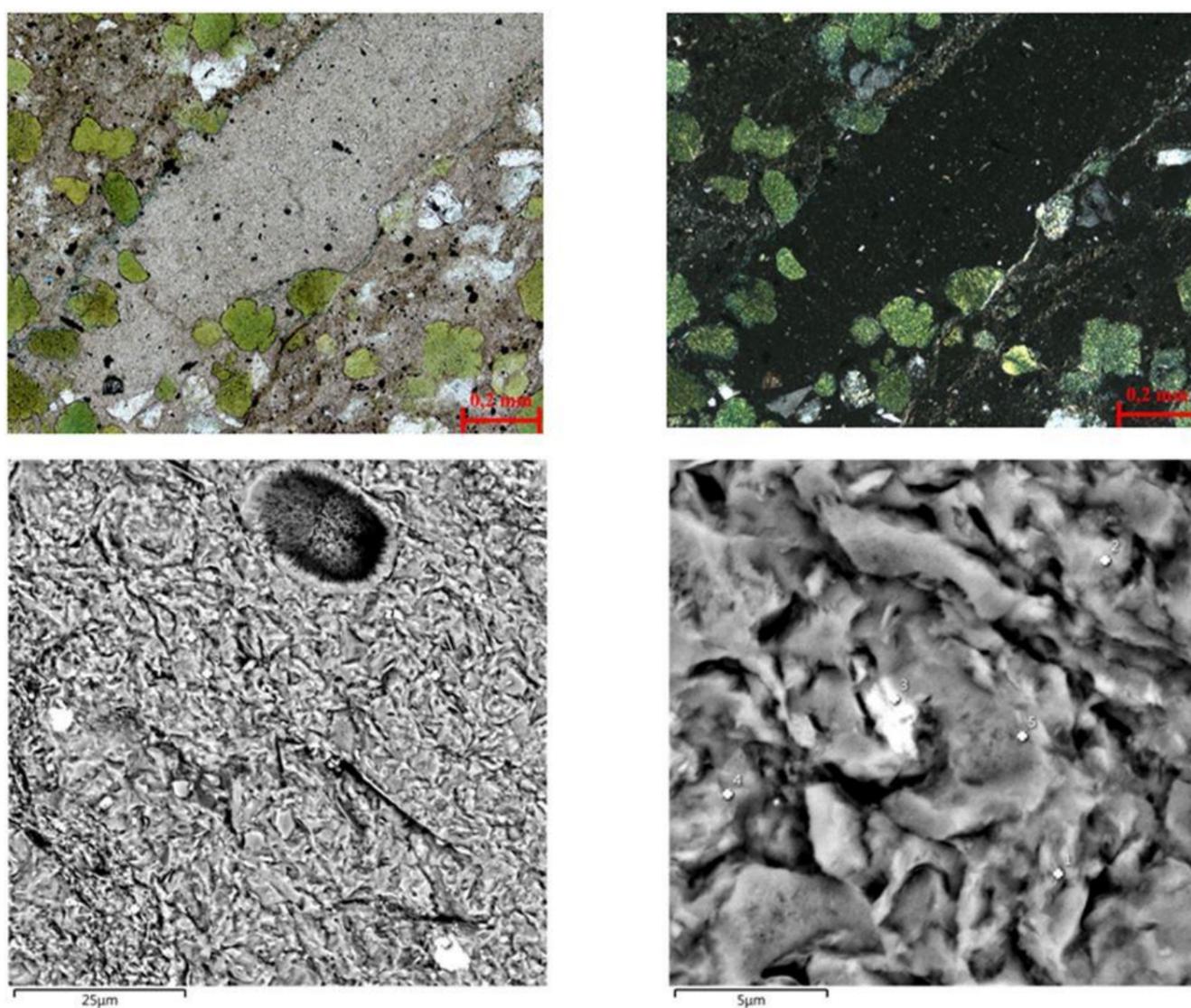


Рис. 9. Примеры трещин усыхания по наслоению (усиленных тектоническими процессами; в опоках пласта НБ1, слева) и ортогональных тектонических трещин (в опоковидных глинах пласта НБ2, справа), залеченных мусковит-кварцевыми метасоматитами жильного типа с фунтиковой текстурой конус-в-конус



**Рис. 10. Фото шлифов**

Вверху - (обр. 1 на рис. 9) опока глинистая с незначительной примесью алеврита, глауконита, кремневых органических остатков. Слева - без анализатора, справа - с анализатором. Внизу - (обр. 2 на рис. 9) мусковит-кварцевая гидротермально-метасоматическая порода с фунтиковой текстурой «кон-ин-кон». Слева - без анализатора, справа - с анализатором.

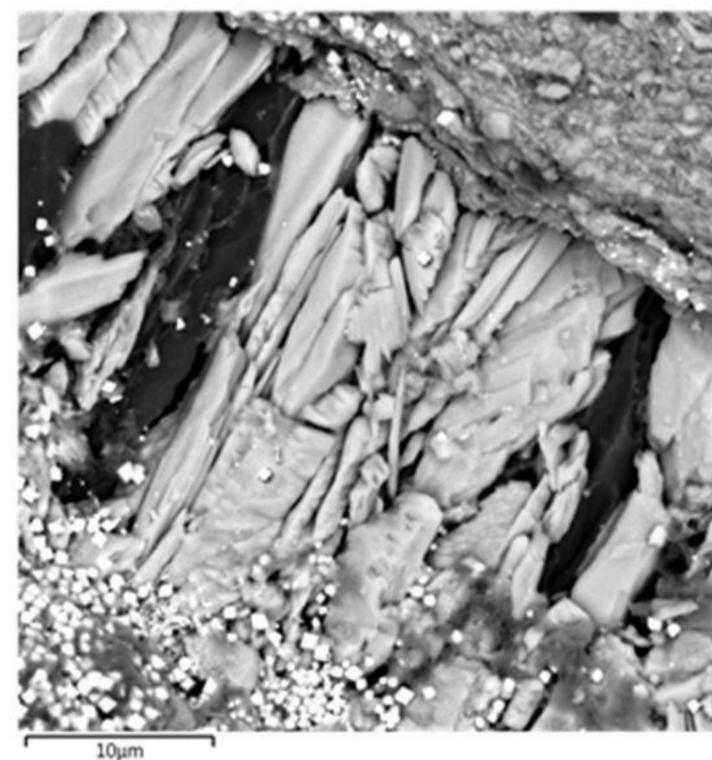


**Рис. 11. Фото шлифов**

Вверху фото шлифа - (обр. 3 на рис. 9) опока глинистая, песчаная, с частью глауконитом, пиритизированная, с кремневыми литокластами, биотурбированная. Слева - без анализатора, справа - с анализатором. Внизу изображение РЭМ - (обр. 3 на рис. 9) редкие остатки диатомей (слева); скопления валиков и хлопьевидных агрегатов кремнезёма (справа).



А



Б

**Рис. 12. Фото шлифов**

*А) опоковидные глины с примесью диатомей, ОМ и глауконита, с трещиной (основание нижнеберёзовского ССК; средний коньяк). Стенки трещины резкие, ширина не выдержанная, изменчивая, растворением частично расширена до щелевидных каверн, покрыты прерывистыми пиритовыми корочками. Без анализатора; Б) изображение РЭМ (увеличение 3000 раз) – столбчатые выделения гипса (перпендикулярно к стенке трещины) с мелкими кристаллами пирита (сыпь белого цвета внизу слева); чёрного цвета – пропитка эпоксидной смолой (для скрепления образца и демонстрации пустотного пространства, аналогично шлифу слева).*

Уплотнение поликомпонентных илов/коллоидов при погружении и перекрытии более молодыми осадками происходит постепенно. Основная часть воды отжимается на первых метрах погружения. При этом, вероятно, формируется своеобразная слоистость - распад первичного коллоида на составляющие компоненты и образование пачек чередования более глинистых (часто с глауконитом) и более кремневых (опаловых) прослоев. Дальнейшее уплотнение прослоев обогащения кремневыми компонентами (с относительно прочным минеральным скелетом) проходит с меньшей интенсивностью, относительно более глинистых разновидностей, - смектитовые глины в породах керна до сих пор «охотно» разбухают при контакте с водой и характеризуются высокой способностью к пластичной деформации при нагрузках. На границе слоёв с разной способностью к уплотнению появляются зоны напряжённого состояния – с течением времени напряжённость только усиливается - вплоть до микротрещинного разрыва по наслоению. На этапах тектонической активизации микротрещины могут раскрыться (с усилением степени разрыва), образуя каналы продвижения пластовых флюидов и гидротерм, или, наоборот, «притереться» («зеркала скольжения», «глинки трения» и пр.).

Приведённые примеры трещин (см. рис. 9) демонстрируют разновидности варианта раскрытия (вдоль наслоения и по диагонали к наслоению) с движением низкотемпературных гидротермальных растворов с частичным растворением стенок трещин и неравномерным заполнением вторичными минералами (гипс, пирит) (например, рис. 12). Отмечены микротрещины, залеченные вторичным опалом - светлой, почти белой окраски, изотропным в скрещенных николях.

В крупных тектонических трещинах, по мере перенасыщения и/или постепенного снижения температуры растворов, формируются жилы метасоматических мусковитовых кварцитов с фунтиковыми текстурами «конус-в-конус» (кон-ин-кон) (см. рис. 9, 10).

Несколько слов о текстуре «конус в конус», часто встречающейся в природе, преимущественно в глинистых и глинисто-карбонатных отложениях. Находки подобных текстур в породах другого состава являются экзотической редкостью и характеризуются весьма низкой степенью изученности. В публикации [Колокольцев, 2015] приведён подробный (насколько позволяет объём журнальной статьи) обзор истории изучения таких текстур и предложена оригинальная авторская модель формирования «фунтиковых» текстур в «термодинамически неравновесных системах».

На основании личных наблюдений и результатов анализа доступных публикаций сделан логичный вывод: *«связь кон-ин-кон и особенно их некарбонатных морфогенетических аналогов с определенными стратиграфическими горизонтами ... позволяет рассчитывать на возможность их использования при решении некоторых задач*

событийной стратиграфии. В геологии нет универсальных инструментов для ретроспективных построений. Не являются таковыми и кон-ин-кон с некарбонатными морфогенетическими аналогами, однако их идентификация может существенно расширить представления о геологическом прошлом изучаемого региона» [Колокольцев, 2015].

В заключение необходимо отметить, что следы гидротермально-метасоматического изменения верхнеюрских пород ЗСП и результаты их изучения неоднократно показаны в публикациях раньше (например, [Сердюк и др., 2008; Коробов и др., 2015, 2017]), но подобную информацию для верхнемеловой части разреза ЗСП авторам обнаружить не удалось.

### Выводы

1. В разрезе верхнего мела ЗСП установлено синхронное влияние вулканических провинций (тонкоразмерное вулканическое стекло, ассоциация минералов «камуфлированной пирокластики»), значения модуля Страхова более 25).

2. С учётом выявленных признаков, ритмичное проявление активных извержений с интенсивным разносом вулканических пепловых туч, синхронное формированию осадочных глинисто-кремнистых формаций ЗСП, очевидно, является отражением закономерности и взаимной обусловленности этих процессов.

3. Установленные в глинисто-кремневых породах верхнего мела ЗСП жилы мусковитовых кварцитов, аналогично зонам силицитов на границе юра-мел, свидетельствуют о периодическом проявлении активизации гидротермально-метасоматического процессов.

### Литература

*Агалаков С.Е.* Геология и газоносность верхнемеловых надсенноманских отложений Западной Сибири // Дисс. на соискание уч. ст. д.г.-м.н.: 25.00.12. - Тюмень, 2020. - 221 с.

*Воронцов А.А.* Эволюция фанерозойского рифтогенного магматизма Центральной Азии (на примере полихронной северо-Монгольско-Забайкальской рифтовой области): геохимия, источники, геодинамика // Автореферат дисс. на соискание уч. ст. д. г.-м. н. - Иркутск, 2007. - 45 с.

*Григорьев С.Н.* Роль воды в образовании земной коры (Дренажная оболочка земной коры). - М.: Недра, 1971. - 263 с.

*Зорина С.О., Афанасьева Н.И.* «Камуфлированная» пирокластика в верхнемеловых-миоценовых толщах юго-востока Русской плиты // Доклады Академии Наук. - 2015. - Т. 463. - № 4. - С. 443-445. DOI: [10.7868/S0869565215220235](https://doi.org/10.7868/S0869565215220235)

*Карих Т.М., Кудаманов А.И.* Гидротермально-метасоматические процессы в глинистых опоках сантона (верхний мел) на севере Западной Сибири // Геология нефти и газа. - 2021. - № 2. - С. 81-89. DOI: [10.31087/0016-7894-2021-2-81-89](https://doi.org/10.31087/0016-7894-2021-2-81-89)

*Карих Т.М., Кудаманов А.И., Агалаков С.Е., Маринов В.А.* Новые находки пирокластики в верхнемеловых отложениях Западной Сибири // Геология нефти и газа. - 2020. - № 4. - С. 19-28. DOI: [10.31087/0016-7894-2020-4-19-28](https://doi.org/10.31087/0016-7894-2020-4-19-28)

*Колокольцев В.Г.* Загадочная текстура конус-в-конусе // Природа. - Москва, 2015. - №11. - С. 27-36.

*Коробов А.Д., Ахлестина Е.Ф., Заграновская Д.Е., Коробова Л.А., Логинова М.П., Колотухин А.Т., Мухин В.М.* Роль тектоногидротермальной активизации рифтогенного седиментационного бассейна в создании вторичных терригенных экранов и сохранении продуктивности баженовской свиты // Недра Поволжья и Прикаспия. - 2017. - № 92. - С. 29-44.

*Коробов А.Д., Коробова Л.А., Морозов В.П., Ахлестина Е.Ф., Федорова М.Д.* Особенности гидротермального минерагенеза верхнеюрских продуктивных толщ Тевлинско-Русскинского месторождения // Эволюция осадочных процессов в истории Земли: материалы 8-го Всероссийского литологического совещания (г. Москва, 27-30 октября 2015 г.). - М.: РГУ нефти и газа им. Н.М. Губкина. - 2015. - Том I. - С. 251-254.

*Коссовская А.Г.* Генетические типы цеолитов стратифицированных формаций // Литология и полезные ископаемые. - 1975. - № 2. - С. 23-44.

*Кудаманов А.И., Агалаков С.Е., Маринов В.А., Новосёлова М.Ю., Карих Т.М., Глухов Т.В.* Следы тектонического контроля осадконакопления в туроне Западной Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. - 2020. - № 10. - С.12-21.

*Маринов В.А., Агалаков С.Е., Глухов Т.В., Кудаманов А.И., Новосёлова М.Ю.* Строение комплекса верхнемеловых отложений Западной Сибири // Известия ВУЗов. Нефть и газ. - 2021. - № 5. - С. 51-68.

*Парначёв В.П.* Арктический бассейн. Геоморфология, геологическое строение и история становления: учеб. пособие. - Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2021. - 60 с.

*Проблемы геохимии современного океанского литогенеза / Н.М. Страхов.* - М.: Наука, 1976. - 299 с.

*Сердюк З.Я., Кудаманов А.И., Исаев Г.Д., Микуленко И.К., Сайфутдинов А.Р.* Особенности постседиментационного преобразования верхнеюрских отложений Западной Сибири // Георесурсы. - 2008. - № 5. - С. 24-26.

*Тихомиров П.Л.* Меловой окраинно-континентальный магматизм Северо-Востока Азии и вопросы генезиса крупнейших фанерозойских провинций кремнекислого вулканизма // Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. д. г.-м. н. - Москва, 2018. - 43 с.

**Kudamanov A.I., Karikh T.M.**

Tyumen Petroleum Research Center LLC, Tyumen, Russia, aikudamanov@tnnc.rosneft.ru, tmkarikh@tnnc.rosneft.ru

## TRACES OF VOLCANOGENIC-HYDROTHERMAL PROCESSES IN UPPER CRETACEOUS CLAY-SILICEOUS STRATA OF WESTERN SIBERIA

*The article is devoted to certain aspects of the composition, structure and others features of the formation of the Late Cretaceous sedimentary rocks of the Western Siberian Plate. Microgranular levels are characterized by low thickness (in total, as a rule, a few hundreds of meters) and consistent composition over an area of about 2 million km<sup>2</sup>. As a result of a detailed study in thin sections, in clay-siliceous rocks (from Cenomanian to Campanian), fragments of volcanic glass and acute-angled grains of quartz and feldspars of silty granulation were found. Additionally, according to the determination of the chemical composition of the rocks by the X-ray fluorescence method, in the Upper Cretaceous section, periodically layer-by-layer enrichment with high-ferruginous varieties - sideritolic or glauconitic clays was revealed. The values of the Strakhov's Modulus ((iron + manganese)/titanium) for such enrichment layers exceed 25 (sometimes up to 100-200 or more), which indicates the influence of volcanogenic-hydrothermal processes on the sedimentation of these rocks. The association of authigenic minerals (smectites, glauconite, opal, zeolites) widely represented in the clay-siliceous sequence corresponds to the concept of "camouflaged pyroclastics". In addition, manifestations of muscovite-quartz metasomatites (vein type, up to 3-4 cm) were found in the Santonian rocks. The listed actually established characteristics of the Upper Cretaceous section of Western Siberia undeniably testify to the real contribution to sedimentation and lithogenesis of volcanogenic-hydrothermal processes.*

**Keywords:** clay-siliceous rock, muscovite-quartz metasomatite, volcanogenic-hydrothermal processe, Upper Cretaceous of Western Siberia.

### References

Agalakov S.E. *Geologiya i gazonosnost' verkhnemelovykh nadsenomanskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri* [Geology and gas content of the Upper Cretaceous over-Cenomanian section of Western Siberia]. Diss. na soiskanie uch. st. d.g.-m.n. Tyumen', 2020, 221 p.

Grigor'ev S.N. *Rol' vody v obrazovanii zemnoy kory (Drenazhnaya obolochka zemnoy kory)* [The role of water in the formation of the earth's crust (Drainage shell of the earth's crust)]. Moscow: Nedra, 1971, 263 p.

Karikh T.M., Kudamanov A.I. *Gidrotermal'no-metasomaticheskie protsessy v glinistyykh opokakh santona (verkhniy mel) na severe Zapadnoy Sibiri* [Hydrothermal-metasomatic processes in the clay flasks of the Santonian (Upper Cretaceous) in the north of Western Siberia]. *Geologiya nefti i gaza*, 2021, no. 2, pp. 81-89. DOI: [10.31087/0016-7894-2021-2-81-89](https://doi.org/10.31087/0016-7894-2021-2-81-89)

Karikh T.M., Kudamanov A.I., Agalakov S.E., Marinov V.A. *Novye nakhodki piroklastiki v verkhnemelovykh otlozheniyakh Zapadnoy Sibiri* [New findings of pyroclastics in the Upper Cretaceous section of Western Siberia]. *Geologiya nefti i gaza*, 2020, no. 4, pp. 19-28. DOI: [10.31087/0016-7894-2020-4-19-28](https://doi.org/10.31087/0016-7894-2020-4-19-28)

Kolokol'tsev V.G. *Zagadochnaya tekstura konus-v-konuse* [Mysterious cone-in-cone texture]. *Priroda*, Moscow, 2015, no. 11, pp. 27-36.

Korobov A.D., Akhlestia E.F., Zagránovskaya D.E., Korobova L.A., Loginova M.P., Kolotukhin A.T., Mukhin V.M. *Rol' tektonogidrotermal'noy aktivizatsii riftogennogo sedimentatsionnogo basseyna v sozdanii vtorichnykh terrigennykh ekranov i sokhranenií produktivnosti bazhenovskoy svity* [The role of tectonohydrothermal activation of the rift sedimentary basin in the creation of secondary terrigenous screens and the preservation of the productivity of the Bazhenov Formation]. *Nedra Povolzh'ya i Prikaspiya*, 2017, no. 92, pp. 29-44.

Korobov A.D., Korobova L.A., Morozov V.P., Akhlestina E.F., Fedorova M.D. *Osobennosti gidrotermal'nogo minerageneza verkhneyurskikh produktivnykh tolshch Tevlinsko-Russkinskogo*

*mestorozhdeniya* [Peculiarities of hydrothermal mineral genesis of the Upper Jurassic productive strata of the Tevlin-Russkin field]. *Evolyutsiya osadochnykh protsessov v istorii Zemli: materialy 8-go Vserossiyskogo litologicheskogo soveshchaniya* (Moscow, 27-30 Oct 2015). Moscow: RGU nefti i gaza im. N.M. Gubkina, 2015, vol. I, pp. 251-254.

Kossovskaya A.G. *Geneticheskie tipy tseolitov stratifitsirovannykh formatsiy* [Genetic types of zeolites of stratified formations]. *Litologiya i poleznye iskopaemye*, 1975, no. 2, pp. 23-44.

Kudamanov A.I., Agalakov S.E., Marinov V.A., Novoselova M.Yu., Karikh T.M., Glukhov T.V. *Sledy tektonicheskogo kontrolya osadkonakopleniya v turone Zapadnoy Sibiri* [Traces of tectonic control of sedimentation in the Turonian of Western Siberia]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2020, no. 10, pp. 2-21.

Marinov V.A., Agalakov S.E., Glukhov T.V., Kudamanov A.I., Novoselova M.Yu. *Stroenie kompleksa verkhnelovoykh otlozheniy Zapadnoy Sibiri* [Upper Cretaceous structure of Western Siberia]. *Izvestiya VUZov. Neft' i gaz*, 2021, no. 5, pp. 51-68.

Parnachev V.P. *Arkticheskiy basseyn. Geomorfologiya, geologicheskoe stroenie i istoriya stanovleniya: ucheb. posobie* [Arctic basin. Geomorphology, geological structure and history of formation]. Tomsk: Izd-vo Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 2021, 60 p.

*Problemy geokhimii sovremennogo okeanskogo litogeneza* [Problems of geochemistry of modern oceanic lithogenesis]. N.M. Strakhov, Moscow: Nauka, 1976, 299 p.

Serdyuk Z.Ya., Kudamanov A.I., Isaev G.D., Mikulenko I.K., Sayfutdinov A.R. *Osobennosti postsedimentatsionnogo preobrazovaniya verkhneyurskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri* [Peculiarities of postsedimentary transformation of the Upper Jurassic strata of Western Siberia]. *Georesursy*, 2008, no. 5, pp. 24-26.

Tikhomirov P.L. *Melovoy okrainno-kontinental'nyy magmatizm Severo-Vostoka Azii i voprosy genezisa krupneyshikh fanerozoyskikh provintsiy kremnekislogo vulkanizma* [Cretaceous continental marginal magmatism in Northeast Asia and questions of the genesis of the largest Phanerozoic provinces of silicic volcanism]. Avtoreferat diss. na soisk. uch. st. d. g.-m. n., Moscow, 2018, 43 p.

Vorontsov A.A. *Evolyutsiya fanerozoyskogo riftogennogo magmatizma Tsentral'noy Azii (na primere polikhronnoy severo-Mongol'sko-Zabaykal'skoy riftovoy oblasti): geokhimiya, istochniki, geodinamika* [Evolution of the Phanerozoic rift magmatism in Central Asia (on the example of the polychronous north-Mongolian-Transbaikalian rift area): geochemistry, sources, geodynamics]. Avtoreferat diss. na soiskanie uch. st. d.g.-m.n., Irkutsk, 2007, 45 p.

Zorina S.O., Afanas'eva N.I. *"Kamuflirovannaya" piroklastika v verkhnelovoykh-miotsenovykh tolshchakh yugo-vostoka Russkoy plity "Camouflaged" Pyroclastics in the Upper* [Cretaceous-Miocene Sequences of the South-East of the Russian Plate]. *Doklady Akademii Nauk*, 2015, vol. 463, no. 4, pp. 443-445. DOI: [10.7868/S0869565215220235](https://doi.org/10.7868/S0869565215220235)

© Кудаманов А.И., Карих Т.М., 2023

