



УДК (550.84/.85:552.5)(571.16)

## ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ОТЛОЖЕНИЙ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ НА ЮЖНО-МАЙСКОМ ЛОКАЛЬНОМ ПОДНЯТИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ КЕРНА СКВ. 413 (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Н. М. Недоливко, А. В. Ежова

По результатам петрографических и рентгенофазовых исследований охарактеризованы особенности отложений баженовской ( $J_3vbg$ ) свиты, вскрытой скв. 413 на Южно-Майском локальном поднятии (Томская область). На основании структурно-текстурных особенностей и вещественного состава среди пород, слагающих свиту, выделено шесть литотипов: 1) аргиллиты битуминозные кремнисто-гидрослюдистые с терригенной примесью, остатками фосфатизированной макрофауны и радиолярий; 2) аргиллиты битуминозные кремнисто-гидрослюдистые с кремнистыми линзами и прослойками, остатками радиолярий и фосфатизированной макрофауны; 3) аргиллиты битуминозные гидрослюдисто-кремнистые тонко отмученные с остатками радиолярий и фосфатизированной макрофауны; 4) радиоляриты карбонатизированные с остатками макрофауны; 5) аргиллиты битуминозные кремнисто-гидрослюдистые с радиоляриями, обломками фосфатизированной и кальцитизированной макрофауны; 6) аргиллиты битуминозные кремнисто-гидрослюдистые с линзами гидрослюд и алевритового материала, остатками радиолярий и макрофауны. Установлено, что отложения накапливались в условиях относительно глубоководного эпиконтинентального бассейна, сначала на фоне медленного опускания (литотипы 1–4), а затем – воздымания морского дна (литотипы 5–6).

**Ключевые слова:** баженовская свита, аргиллиты, битуминозные аргиллиты, радиоляриты, литотипы, Южно-Майское поднятие, Томская область.

## LITHOGENETIC DEPOSIT TYPES OF THE BAZHENOV FORMATION IN THE SOUTH-MAYA LOCAL HIGH FROM CORE DATA ACQUIRED IN THE WELL no. 413 (TOMSK REGION)

N. M. Nedolivko, A. V. Ezhova

Deposits of the Bazhenov ( $J_3vbg$ ) Formation penetrated at the South-Maya high by the well no. 413 (Tomsk Region) were characterized based on petrographic and X-ray phase analysis data. Six lithotypes were defined relying on structural and textural features and material composition: 1 – bituminous siliceous-hydromicaceous mudstones with terrigenous admixture, remains of phosphatized macrofauna and radiolaria; 2 – bituminous siliceous-hydromicaceous mudstones with silica lenses and interbeds, remains of phosphatized macrofauna and radiolaria; 3 – bituminous hydromicaceous-siliceous finely levigated mudstones with remains of radiolaria and phosphatized macrofauna; 4 – carbonized radiolarian earth with macrofauna remains; 5 – bituminous siliceous-hydromicaceous mudstones with radiolaria and fragments of phosphatized and calcitized microfauna; 6 – bituminous siliceous-hydromicaceous mudstones with hydromicaceous and silty lenses, remains of macrofauna and radiolaria. It was found out that the Bazhenov deposits were accumulated under the deep-water epicontinental basin conditions, first during slow downwarping (lithotypes one to four) and then uplift (lithotypes five to six) of the sea bed.

**Keywords:** Bazhenov Formation, mudstones, bituminous mudstones, radiolarian earth, lithotypes, South-Maya high, Tomsk Region.

Высокоуглеродистые отложения баженовской свиты в последнее время привлекают пристальное внимание в связи с перспективой добычи из них сланцевого газа и сланцевой нефти. Несмотря на более чем полувековую историю изученности (баженовскую свиту впервые выделил, указав на ее возможную нефтеносность, Ф. Г. Гурари в 1959 г.) и многочисленные публикации, посвященные особенностям состава и формирования отложений свиты [1–4 и др.], многие ее специфические черты изучены недостаточно. В статье приведена новая информация по составу отложений, их типизации и условиям формирования, полученная при изучении керна скв. 413 на Южно-Майской площади.

### Результаты исследования

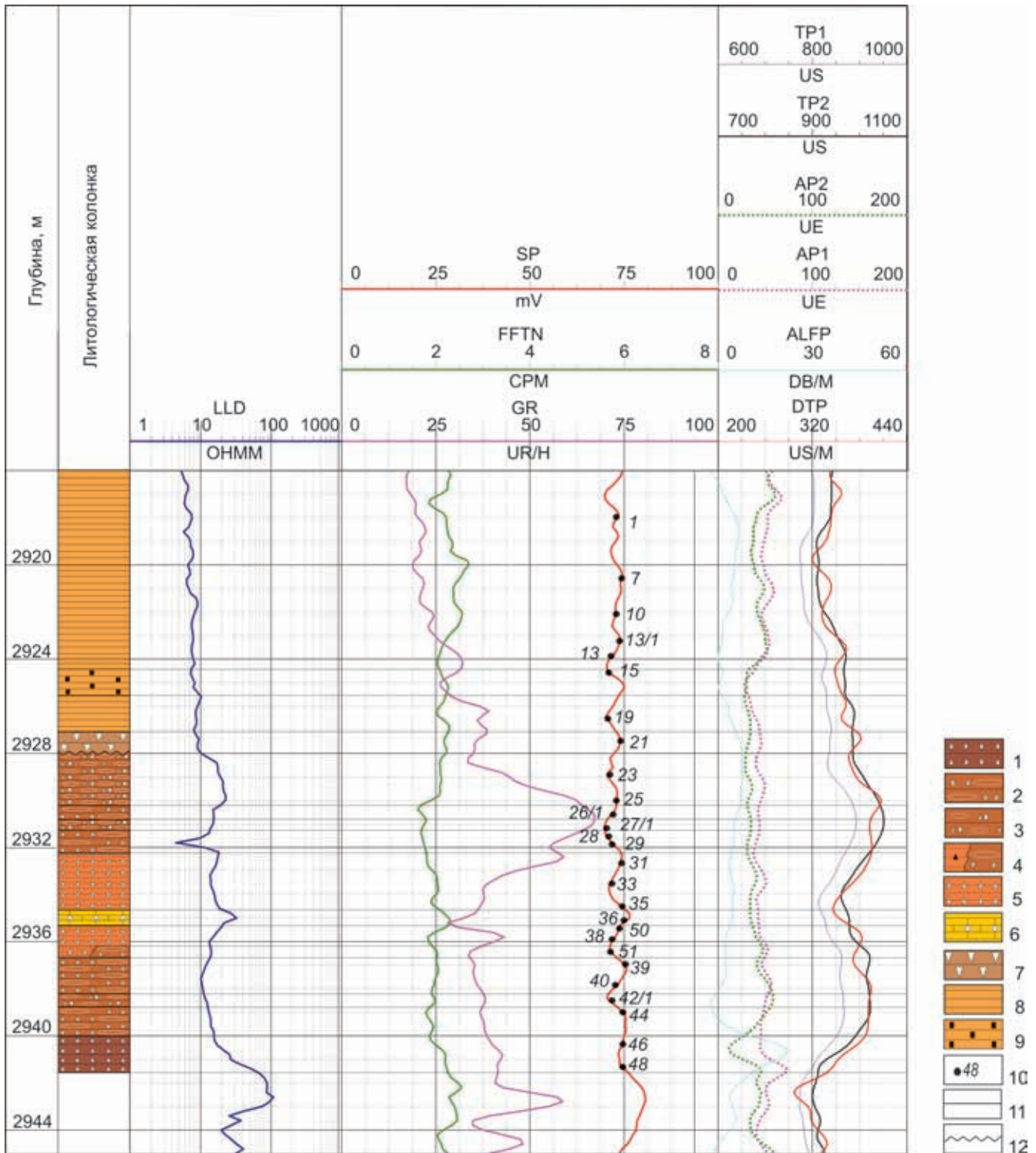
Отложения баженовской свиты, вскрытые скв. 413 в интервале глубин 2941,14–2918,0 м на Южно-Майской площади (Каргасокский район Томской области) в пределах Нюрольского фациального района, имеют волжский возраст и, по результатам макроскопического описания, представлены мощной (23,14 м) толщей аргиллитов темно-серых с буроватым оттенком, тонкоплитчатых, участками листоватых, с ровным и раковистым изломом, содержащих остатки фосфатизированной и кальцитизированной макрофауны. Они согласно залегают на глинах георгиевской свиты (кимеридж) и так же согласно перекрываются глинами куломзинской свиты (берриас).



В качестве основных методов исследования были выбраны рентгенофазовый и петрографический анализы. Шлифы (шл.) изучались в проходящем (1 ник.) и поляризованном (2 ник.) свете. По результатам анализа 27 образцов в отложениях баженовской свиты выделено шесть литотипов. Распространение их в разрезе показано на рис. 1.

**Литотип 1** – *аргиллиты битуминозные кремнисто-гидрослюдистые с терригенной при-*

*месью, остатками фосфатизированной макрофауны и радиолярий.* Распространен в нижней части разреза и сложен однородным агрегатом тонко раскристаллизованного кремнистого материала и одинаково ориентированной чешуйчато-волоконистой гидрослюды (рис. 2; все рисунки с микрофотографиями шлифов выполнены в одном масштабе). Он насыщен рассеянным органическим веществом и содержит пирит и мелкоалевритовую



**Рис. 1.** Литолого-геофизическая характеристика баженовской свиты в разрезе скв. 413 Южно-Майской площади  
Литотипы: 1 – 1, 2 – 2-1, 3 – 2-2, 4 – 3-1, 5 – 3-2, 6 – 4, 7 – 4, 8 – 6-1, 9 – 6-2; 10 – номер образца и место отбора; 11 – согласные границы; 12 – разрыв

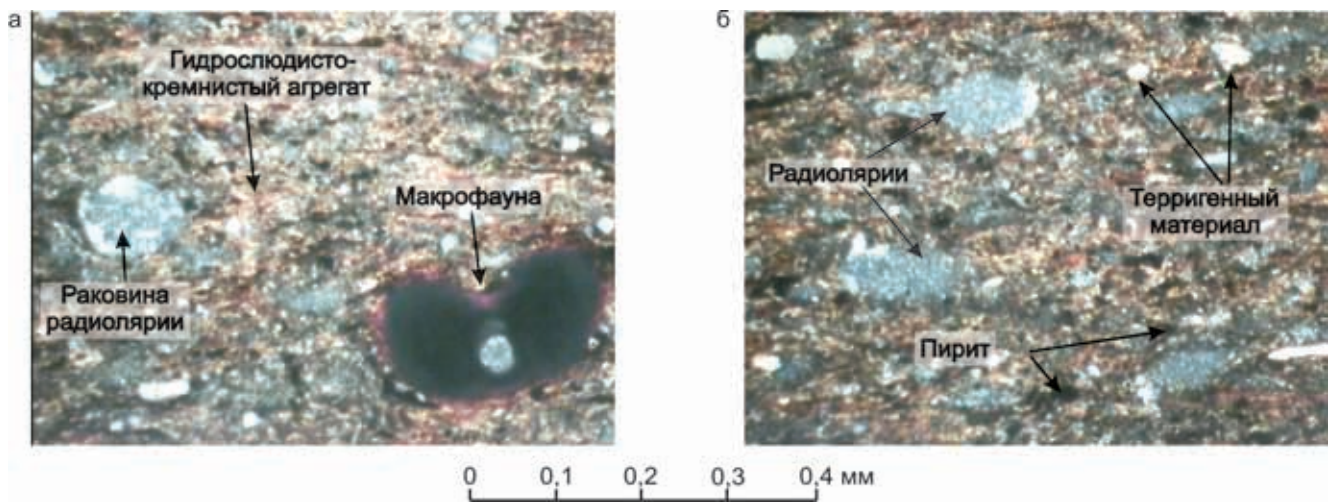


Рис. 2. Особенности строения и состав пород литотипа 1

а – гидрослюдисто-кремнистый агрегат (шл. 48М, гл. 2941,14 м, 2 ник.); б – терригенная примесь и раковины радиолярий (шл. 48М, гл. 2941,14 м, 2 ник.)

примесь полевых шпатов и кварца, составляющую до 15 % породы. В эту матрицу погружены остатки фосфатизированной макрофауны и радиолярий кремнистого состава, иногда замещенных пиритом и кальцитом.

По данным рентгенофазового анализа в составе аргиллитов отмечены кварц (50–66 %), полевые шпаты (12–20 %), глинистые минералы: иллит+хлорит (14–26 %), смектит+смешанослойные минералы типа гидрослюда-монтмориллонит (2–4 %), пирит (6–8 %), встречаются в незначительных количествах или отсутствуют каолинит (0–2 %) и кальцит (0–1 %).

**Литотип 2** – аргиллиты битуминозные кремнисто-гидрослюдистые с кремнистыми линзами и прослойками, остатками радиолярий и фосфатизированной макрофауны. В его составе выделены два подтипа: 2–1 и 2–2.

**Литотип 2–1** – аргиллиты битуминозные кремнисто-гидрослюдистые с кремнистыми линзами и прослойками, остатками фосфатизированной макрофауны и радиолярий (рис. 3). Распространен в средней части разреза. Он представлен однородным кремнисто-гидрослюдистым агрегатом, насыщенным рассеянным органическим веществом и тонко распыленным пиритом и содержащим прерывистые прослойки (толщиной 0,01–0,02 мм) и послойно уплощенные линзы кремнистого состава. Аргиллиты содержат терригенную примесь кварца и полевых шпатов, плохо сохранившиеся раковины радиолярий, сложенные кремнистым материалом и халцедоновидным кварцем, частично или полностью замещенные пиритом и кальцитом, остатки фосфатизированной макрофауны.

По данным рентгенофазового анализа породы состоят из кварца (44–49 %), полевых шпатов (18–26 %), иллита+хлорита (14–20 %), смектита+смешанослойных минералов (2–4 %), пирита (8–10 %). Периодически и в незначительных

количествах (0–1 %) в них отмечаются каолинит и кальцит.

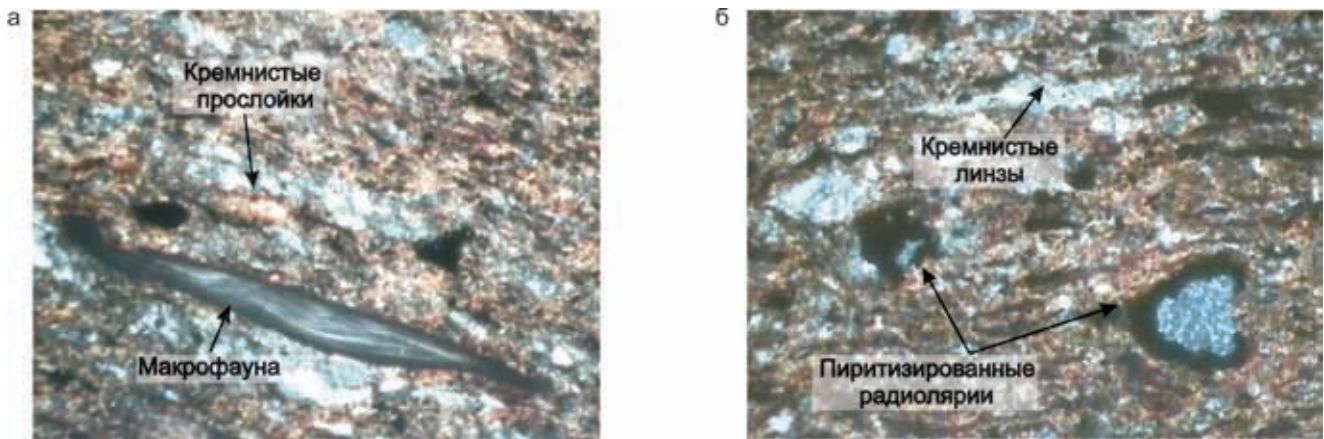
**Литотип 2–2** – аргиллиты битуминозные кремнисто-гидрослюдистые с кремнистыми прослойками, остатками радиолярий и фосфатизированной макрофауны, пиритизированные (рис. 4). Распространен в средней части разреза, чередуясь с литотипом 2–1, от которого отличается более высоким содержанием пирита, присутствующего повсеместно, а не только в виде пылеватой сыпи. Пирит практически полностью замещает раковины радиолярий, образует скопления в виде пятен, линз и прослоев.

По данным рентгенофазового анализа в составе аргиллитов отмечены кварц (30–42 %), полевые шпаты (20–24 %), иллит+хлорит (14–16 %), смектит+смешанослойные минералы (4–5 %), иногда каолинит (0–1 %) и кальцит (0–6 %); в повышенном количестве – пирит (12–18 %).

**Литотип 3** – аргиллиты битуминозные гидрослюдисто-кремнистые тонко отмученные с остатками радиолярий и фосфатизированной макрофауны. Распространен в средней части разреза. В его составе выделены два подтипа: 3–1 и 3–2.

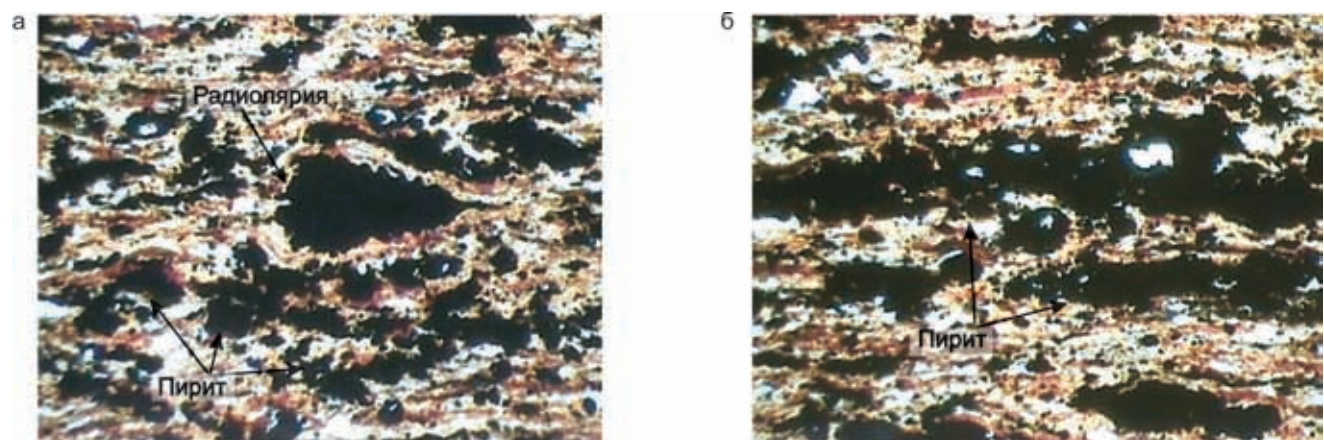
**Литотип 3–1** – переслаивание аргиллита битуминозного кремнисто-гидрослюдистого с кремнистыми прослойками, остатками радиолярий и фосфатизированной макрофауны и аргиллита битуминозного гидрослюдисто-кремнистого тонко отмученного с остатками радиолярий и фосфатизированной макрофауны (рис. 5). Границы между прослойками отчетливые. Прослойки (толщиной до 1–2 мм) и линзы кремнистого состава имеют неправильную форму и извилистые границы, разделены агрегатами из волокнистой гидрослюды. Прослойки с тонко отмученным материалом состоят из чешуйчато-волокнистого гидрослюдистого агрегата, промежутки между индивидами которого заполнены плохо раскристаллизованным





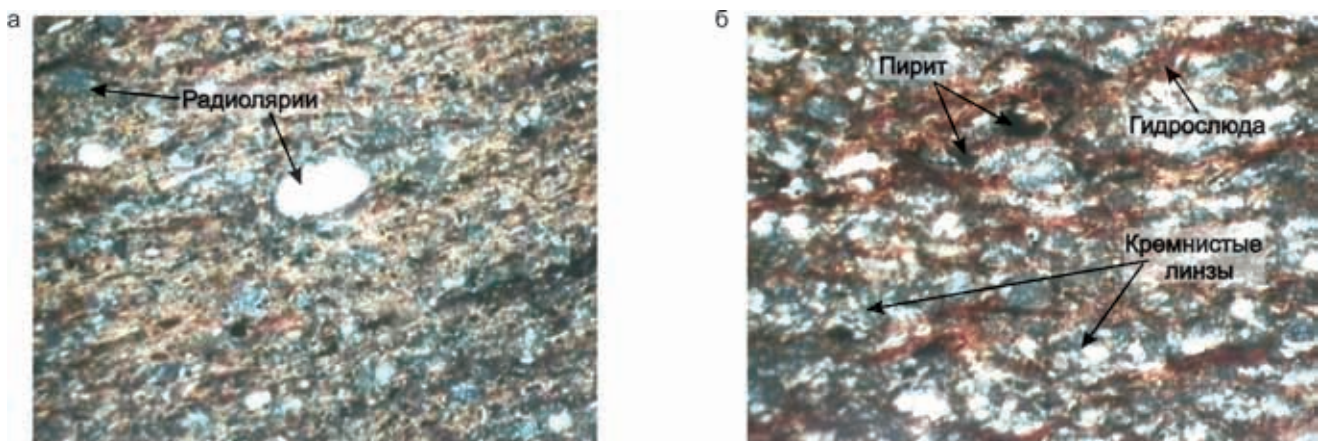
**Рис. 3.** Особенности строения и состав пород литотипа 2–1

а – кремнистые линзы и фосфатизированная макрофауна (шл. 44М, гл. 2939,10 м, 2 ник.); б – кремнистые линзы и раковины радиолярий (шл. 42 м, гл. 2938,07 м, 2 ник.)



**Рис. 4.** Особенности строения и состав пород литотипа 2–2

а – послойная сыпь и псевдоморфозы пирита по раковинам радиолярий (шл. 42/1, гл. 2938,43 м, 1 ник.); б – прослойки и линзовидные скопления пирита (шл. 27/1, гл. 2931,16 м, 1 ник.)



**Рис. 5.** Особенности строения и состав пород литотипа 3–1

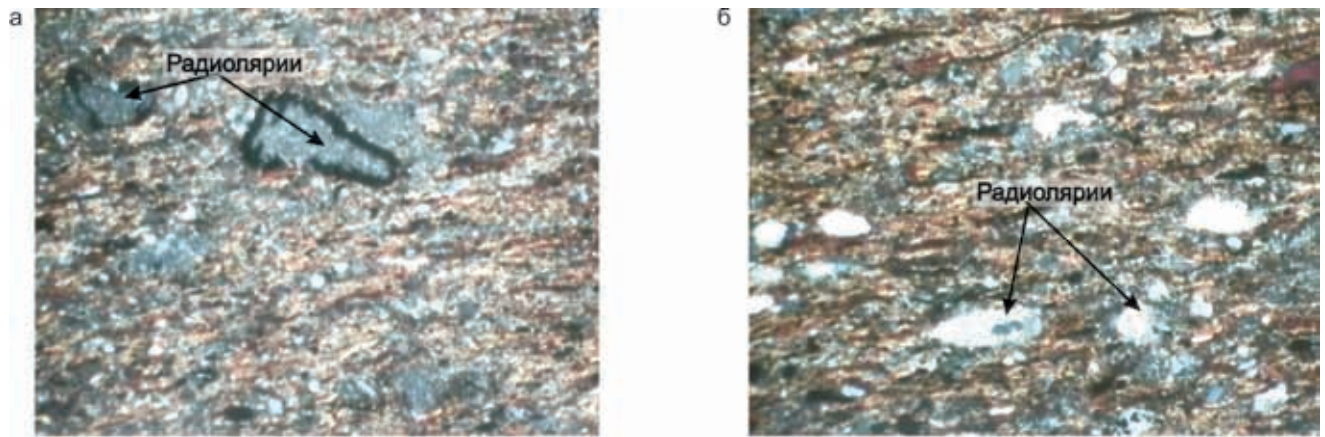
а – тонко отмученный кремнисто-гидрослюдистый агрегат с остатками радиолярий (шл. 51М, гл. 2936,45 м, 2 ник.); б – кремнистые линзы, агрегат гидрослюды (шл. 51м, гл. 2936,45 м, 2 ник.)

кремнистым веществом. Порода насыщена рассеянной органикой, содержит до 4–5 % терригенного кварца и полевых шпатов, мелкие зерна и послойные прерывистые скопления пылеватого пирита, остатки фосфатизированной макрофауны и радио-

лярий, сложенных кремнистым агрегатом, иногда кварцем.

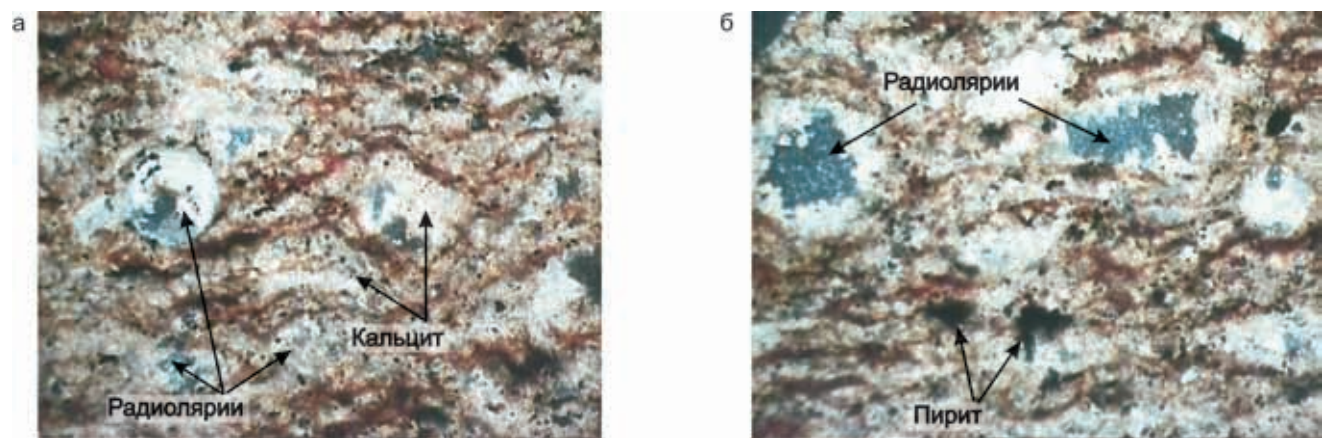
По данным рентгенофазового анализа в породах повышено количество кварца (58 %); содержатся полевые шпаты (20 %), глинистые минералы:





**Рис. 6.** Особенности строения и состав пород литотипа 3–2

Раковины радиолярий: а – сложенные кремнистым агрегатом и пиритом (шл. 38М, гл. 2936,20 м, 2 ник.); б – замещенные кальцитом (шл. 31М, гл. 2932,73 м, 2 ник.)



**Рис. 7.** Особенности строения и состав пород литотипа 4

Радиолярии: а – с концентрической скульптурой в гидрослюдисто-кальцитовой матрице (шл. 36М, гл. 2935,08 м, 2 ник.); б – сложенные кремнистым материалом и замещенные кальцитом (шл. 36М, гл. 2935,08 м, 2 ник.)

иллита+хлорита (12 %), смектита+смешанослойных минералов (5 %), а также пирит (5 %). Каолинит и кальцит не отмечены.

*Литотип 3–2 – аргиллиты битуминозные гидрослюдисто-кремнистые тонко отмученные с остатками радиолярий и фосфатизированной макрофауны* (рис. 6). Представлен однородным тонко отмученным ориентированным агрегатом, состоящим из кремнистого материала и чешуйчато-волокнутой гидрослюды, с терригенной примесью (до 5 %) кварца, полевых шпатов и мусковита. Породы насыщены тонко рассеянным органическим веществом, содержат пирит (пылеватые зерна и их послойные скопления), остатки радиолярий и фосфатизированной макрофауны.

По данным рентгенофазового анализа в составе аргиллитов преобладает кварц (52–58 %), из других компонентов отмечены полевые шпаты (16–26 %), иллит+хлорит (16 %), смектит+смешанослойные минералы (2–6 %), кальцит (0–2 %), пирит (6–8 %); каолинит отсутствует.

*Литотип 4 – радиоляриты карбонатизированные с остатками макрофауны* (рис. 7). Распространен в средней части разреза между отло-

жениями литотипа 3–2. Он представлен агрегатом чешуйчато-волокнутой гидрослюды, насыщенной органическим веществом, и кальцита (от пелитоморфной до микро-мелкокристаллической модификации), содержащим рассеянное органическое вещество и пирит (сыпь, кристаллические зерна, скопления пылеватых зерен). В эту матрицу погружены раковины радиолярий, хорошо сохранившие первичную форму и тонкую концентрическую скульптуру. Они сложены кремнистым материалом и халцедоновидным кварцем, содержат сыпь пирита и в значительной степени замещены кальцитом. Отмечаются остатки фосфатизированной макрофауны.

По данным рентгенофазового анализа породы содержат кварц (12 %), полевые шпаты (36 %), иллит+хлорит (4 %), пирит (2 %), кальцит (46 %); смектит+смешанослойные минералы и каолинит не установлены.

*Литотип 5 (аргиллиты битуминозные кремнисто-гидрослюдистые с радиоляриями, обломками фосфатизированной и кальцитизированной макрофауны)* встречается в верхней части разреза (рис. 8). Представлен агрегатом кремни-





стого и гидрослюдистого материала, содержащим рассеянное органическое вещество, тонкую сыпь пирита, раковины радиолярий, фрагменты фосфатизированной макрофауны. Раковины радиолярий послойно уплощены, растворены, сложены агрегатом кварца, часто пиритизированы. Мелкие (менее 1 мм) и крупные (до 2 см) обломки кальцитизированной фауны не окатаны, располагаются относительно наслоения беспорядочно, вдавлены в нижележащие слои, подчеркивают флюидалность. Они представлены фрагментами стеблей и чашечек морских лилий ячеистого и членистого строения, сложены кальцитом, иногда с примесью кварца и пирита.

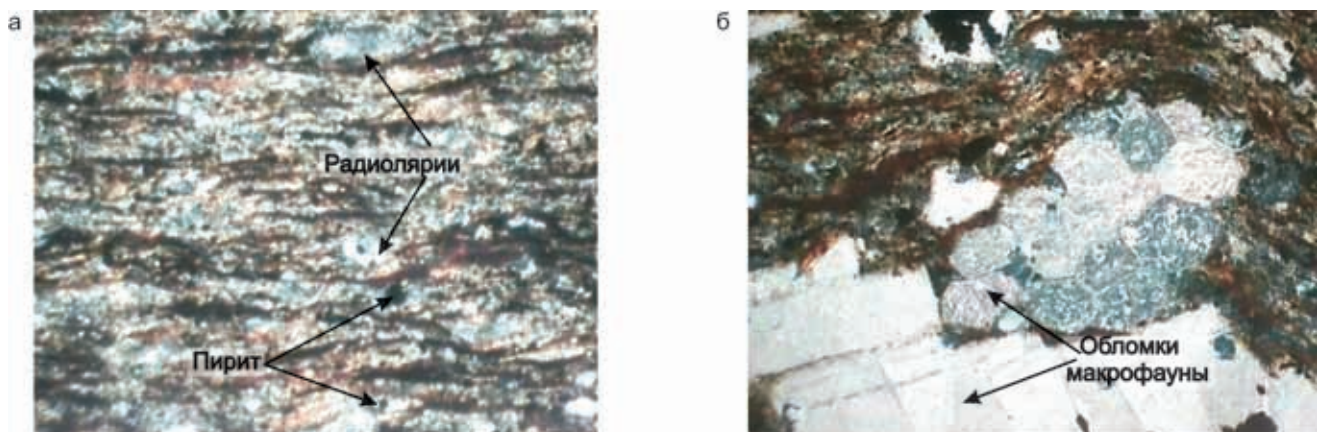
По данным рентгенофазового анализа в составе аргиллитов отмечены кварц (36 %), полевые шпаты (18 %), иллит+хлорит (14 %), смектит+смешанослойные минералы (3 %), каолинит (1 %), пирит (8 %), кальцит (20 %).

**Литотип 6** (аргиллиты битуминозные кремнисто-гидрослюдистые с линзами гидрослюда и алевритового материала, остатками радиолярий и макрофауны) венчает разрез изученных отложений. Выделены два подтипа.

**Литотип 6-1** – аргиллиты битуминозные кремнисто-гидрослюдистые с линзами гидрослюда и кремнистого материала, остатками радиолярий и макрофауны (рис. 9). Представлен тонким переслаиванием кремнистого и гидрослюдистого материала с линзовидными прослоями гидрослюда и кремнистыми линзами, содержащими пиритовую и кальцитовую сыпь. Раковины радиолярий имеют кремнистый состав и плохую сохранность (растворены, перекристаллизованы, в разной степени замещены пиритом и кальцитом). Макрофаунистические остатки встречаются в виде фосфатизированных удлиненных фрагментов. В породе присутствует рассеянное органическое вещество желтого и бурого цвета.

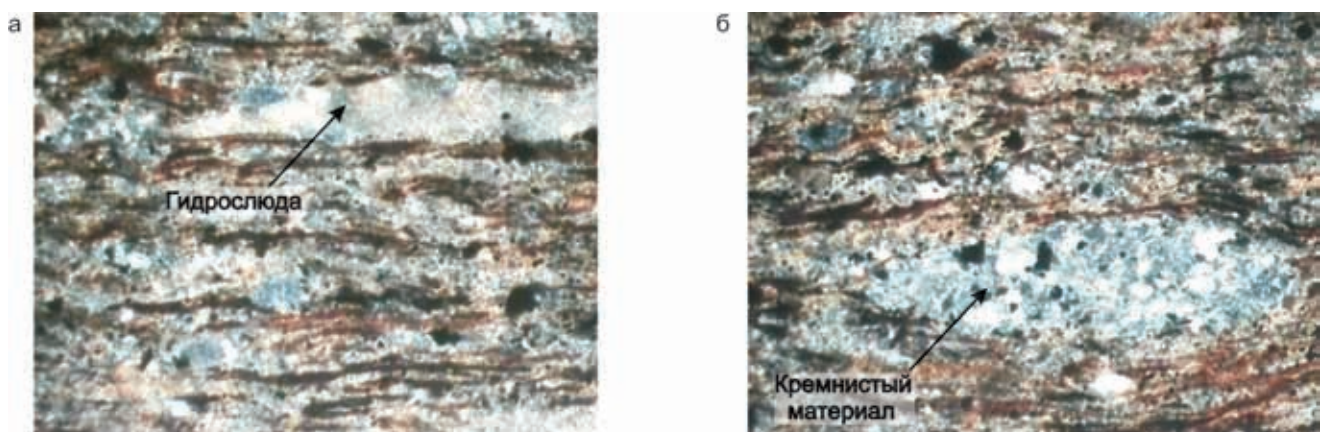
По данным рентгенофазового анализа, в составе аргиллитов отмечены кварц (38–44 %), полевые шпаты (22–25 %), иллит+хлорит (19–20 %), смектит+смешанослойные минералы (2–3 %), каолинит (2–4 %), кальцит (0–6 %), пирит (6–8 %).

**Литотип 6-2** – аргиллиты битуминозные кремнисто-гидрослюдистые с линзами гидрослюда и кремнистого материала, остатками радиолярий и макрофауны, карбонатизированные (рис.



**Рис. 8.** Особенности строения и состав пород литотипа 5

а – кремнисто-гидрослюдистый агрегат с тонко распыленным пиритом и радиоляриями (шл. 21М, гл. 2927,65 м, 2 ник.); б – обломки кальцитизированной макрофауны (шл. 21М, гл. 2927,65 м, 2 ник.)



**Рис. 9.** Особенности строения и состав пород литотипа 6-1

Линзовидные прослои: а – гидрослюда (шл. 19М, гл. 2926,54 м, 2 ник.); б – кремнистого материала (шл. 19М, гл. 2926,54 м, 2 ник.)

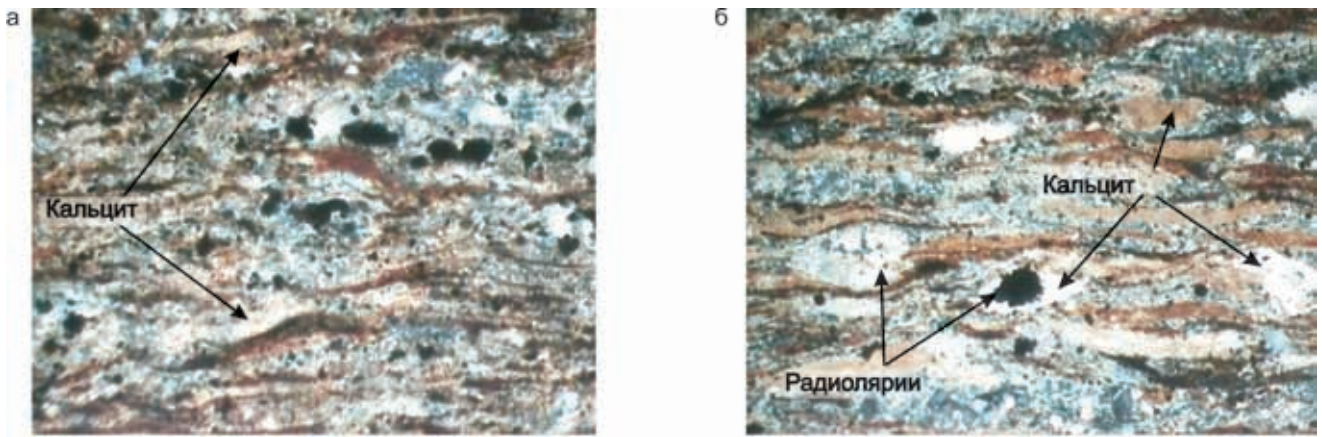


Рис. 10. Особенности строения и состав пород литотипа 6–2

а – тонко рассеянный кальцит в матрице породы (шл. 13/1, гл. 2923,1 м, 2 ник.); б – кальцитизированные раковины радиолярий (шл. 10М, гл. 2922,09 м, 2 ник.)

10). Литотип представлен лепидобластовым гидрослюдистым агрегатом, который обогащен плохо раскристаллизованным кварцем и насыщен тонко рассеянным органическим веществом. Породы содержат линзы и рассеянные зерна кварца и полевых шпатов, тонкую пиритовую и кальцитовую сыпь. Раковины радиолярий сложены халцедоновидным кварцем и послойно уплощены, раздроблены, растворены по краям, перекристаллизованы, содержат сыпь пирита и кальцита или полностью замещены ими. Послойно и несогласно со слоистостью наблюдаются фрагменты фосфатизированной макрофауны.

По данным рентгенофазового анализа в составе аргиллитов отмечены кварц (26–36 %), полевые шпаты (20–24 %), иллит+хлорит (18–20 %), смешанослойные минералы типа гидрослюда-монтмориллонит (1–2 %), каолинит (4–6 %), пирит (4–8 %), кальцит (10–22 %).

Таким образом, изученный разрез баженовской свиты представлен шестью литотипами. В нижней части разреза распространены аргиллиты кремнисто-гидрослюдистые, обогащенные терригенным материалом (литотип 1); в средней части – аргиллиты кремнисто-гидрослюдистые с кремнистыми прослойками и линзами (литотип 2), аргиллиты гидрослюдисто-кремнистые тонко отмученные (литотип 3), радиоляриты (литотип 4); в верхней – аргиллиты кремнисто-гидрослюдистые с кальцитизированной макрофауной (литотип 5) и аргиллиты кремнисто-гидрослюдистые с линзами гидрослюда и алевритового материала (литотип 6). Во всех литотипах отмечаются остатки фосфатизированной макрофауны и радиолярий, рассеянное органическое вещество, пирит.

Состав глинистых минералов в аргиллитах баженовской свиты поликомпонентный, основная часть приходится на иллит+хлорит (12–22 %); менее распространены встречающиеся повсеместно смектит+смешанослойные образования типа гидрослюда-монтмориллонит (2–6 %); каолинит (0–6 %) встречается не везде. Аргиллиты нижней ча-

сти разреза (литотип 1) характеризуются переменным количеством иллита+хлорита (14–26 %), невысоким содержанием или отсутствием каолинита (0–2 %) и невысоким – смектита+смешанослойных минералов (2–4 %). В средней части разреза аргиллиты отличаются пониженным содержанием иллита и хлорита (12–20 %) (литотипы 2 и 3), в них повышено содержание смектита+смешанослойных образований (до 4–6 %) и практически полностью отсутствует каолинит (литотипы 3 и 4 – 0 %, литотип 2–0 – 1 %). В верхней части разреза аргиллиты (литотип 6) обогащены иллитом+хлоритом (18–20 %) и каолинитом (до 4–6 %) и обеднены смектитом+смешанослойными образованиями (2–3 %).

### Выводы

Накопление осадков осуществлялось в условиях относительно глубоководного морского седиментационного бассейна, испытывающего сначала медленное опускание (во время формирования литотипов 1–4), впоследствии (литотип 5) сменившееся на медленное поднятие (во время формирования литотипов 5 и 6). Об увеличении глубины бассейна седиментации свидетельствуют уменьшение вверх по разрезу терригенной составляющей; сокращение содержания каолинита и иллита+хлорита и возрастание доли смектита+смешанослойных минералов в составе глинистой части пород; увеличение количества и более разнообразный видовой состав радиолярий; структурные изменения пород в сторону увеличения дисперсности, высокое содержание пирита. Максимальные глубины (свыше 400 м) приходились на время формирования литотипа 3, представленного более тонко отмученными аргиллитами. Породы верхней части разреза формировались в менее глубоководных условиях (от 200 до 400 м), о чем свидетельствуют увеличение содержания терригенного материала и иллита+хлорита и каолинита, а также появление фауны иглокожих (литотип 5).





## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Брадучан, Ю. В.** Баженовский горизонт западной Сибири [Текст] / Ю. В. Брадучан, Ф. Г. Гурари, В. А. Захаров. – Новосибирск ; М. : Наука, 1986. – 216 с.
2. **Гурари, Ф. Г.** Об условиях накопления и нефтеносности баженовской свиты Западной Сибири [Текст] / Ф. Г. Гурари // Тр. СНИИГГиМС. – 1979. – Вып. 271. – С. 153–160.
3. **Захаров, В. А.** Условия формирования волжско-берриасской высокоуглеродистой баженовской свиты Западной Сибири по данным палеоэкологии [Текст] / В. А. Захаров // Эволюция биосферы и биоразнообразия. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2006. – С. 552–568.
4. **О генезисе** карбонатов в составе баженовской свиты центральных и юго-восточных районов Западно-Сибирской плиты [Текст] / Е. А. Предтеченская, Л. А. Кроль, Ф. Г. Гурари [и др.] // Литосфера. – 2006. – № 4. – С. 131–148.

## REFERENCES

1. Braduchan Yu.V., Gurari F.G, Zakharov V.A. *Bazhenovskiy gorizont zapadnoy Sibiri* [The Bazhenov Horizon of Western Siberia]. Novosibirsk, Moscow, Nauka Publ., 1986. 216 p. (In Russ.).
2. Gurari F.G. [Depositional environment and petroleum potential of the Bazhenov Formation of Western Siberia]. *Trudy SNIIGGiMS* [SNIIGGiMS Proc.], 1979, issue 271, pp. 153–160. (In Russ.).
3. Zakharov V.A. [Depositional environment of the Volgian-Berriasian highly carbonic Bazhenov Formation in Western Siberia from paleoecological data]. *Evolyutsiya biosfery i bioraznoobraziya* [Evolution of biosphere and biodiversity]. Moscow, Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ., 2006, pp. 552–568. (In Russ.).
4. Predtechenskaya E.A., Krol L.A., Gurari F.G., et al. [The Genesis of carbonates within the Bazhenov Formation in the central and southeastern regions of the West-Siberian Plate]. *Litosfera – Lithosphere*, 2006, no. 4, pp. 131–148. (In Russ.).

© Н. М. Недоливко, А. В. Ежова, 2015

**НЕДОЛИВКО Наталья Михайловна**, Институт природных ресурсов, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, доцент, к. г.-м. н. *E-mail: nedolivkonm@yandex.ru*

**ЕЖОВА Александра Викторовна**, Институт природных ресурсов, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, доцент, к. г.-м. н. *E-mail: eav@tpu.ru*

**NEDOLIVKO Natalia**, PhD, Institute of Natural Resources of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia. *E-mail: nedolivkonm@yandex.ru*

**EZHOVA Aleksandra**, PhD, Institute of Natural Resources of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia. *E-mail: eav@tpu.ru*