

УДК 551.3.051+552.122(571.1)

ЭПИЗОДЫ ИСТОРИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ОБРАЗЦАХ КЕРНА

© 2016 г. В. П. Алексеев, Е. А. Аверьянова, А. В. Грачев, А. Ю. Караев,
А. В. Липянина, А. В. Павлова

Уральский государственный горный университет
620219, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
E-mail: igg.lggi@ursmu.ru

Поступила в редакцию 26.06.2015 г.

Принята к печати 09.07.2015 г.

В статье охарактеризованы пять интервалов разреза по керну скважин, пробуренных на территории Западной Сибири, в возрастном диапазоне от нижней юры до нижнего мела включительно. Детальное изучение отдельных образцов керна позволило уточнить существующие представления об условиях формирования отложений. Реализован голографический принцип, рекомендуемый для использования в наглядно-практических целях. Для двух интервалов определена скорость седиментации, составляющая 3.5–5 мм/год.

Ключевые слова: нефтегазовая литология, Западная Сибирь, колонки скважин, образцы керна, скорость осадконакопления, голографический принцип.

В одном мгновенье видеть вечность,
Огромный мир – в зерне песка,
В единой горсти – бесконечность
И небо – в чашечке цветка.
У. Блейк (пер. С. Маршака)

ВВЕДЕНИЕ

Геология нефти и газа является достаточно специфической отраслью знания, в которой преобладающее и постоянно увеличивающееся значение имеют дистанционные методы изучения земных недр. К ним прежде всего относятся геофизические исследования скважин, а также сейсморазведка, сопровождающиеся неуклонно усложняющимся геостатистическим моделированием. В этом плане роль непосредственно наблюдаемых геологических объектов, почти исключительно представленных кернам поисковых и разведочных скважин, уменьшается и часто сводится лишь к предоставлению необходимых сведений по физическим параметрам продуктивных интервалов. В то же время вопросы, связанные с геологическим строением изучаемых горизонтов, неизбежно усложняются как по мере вовлечения эксплуатации новых, более глубоко залегающих этажей, так и по мере освоения новых технологий, предъявляющих повышенные требования к базе геологических данных. Это делает актуальным более детальное изучение извлекаемого керна, причем не только с применением новых (прежде всего прецизионных) методик, но и путем более тщательного его рассмотрения в рамках традиционных для геологии оценок, имеющих описательный характер.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Использованы результаты изучения керна нескольких разведочных скважин, пробуренных на территории деятельности ОАО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь». Их положение на площади, а также места отбора образцов в стратиграфическом разрезе показаны на рис. 1.

Изученные интервалы, при диаметре керна 100 мм, характеризовались его почти 100%-м выходом и первично ненарушенным состоянием. Отдельные образцы при необходимости проваривались в канифоли и обязательно шлифовались без применения дополнительных реагентов. Исследуемые плоскости сканировались с максимально возможным разрешением на обычном сканере.

Основным объектом наших работ явился керн, а методом исследования – его характеристика, выполненная посредством визуального описания, включая небольшое увеличение, полученное при помощи лупы и обычной компьютерной техники (сканирование). Выскажем некоторые соображения относительно изображения получаемых результатов.

Фотографирование керна в настоящее время входит в обязательный комплекс работ, осуществляемых практически всеми специализированными

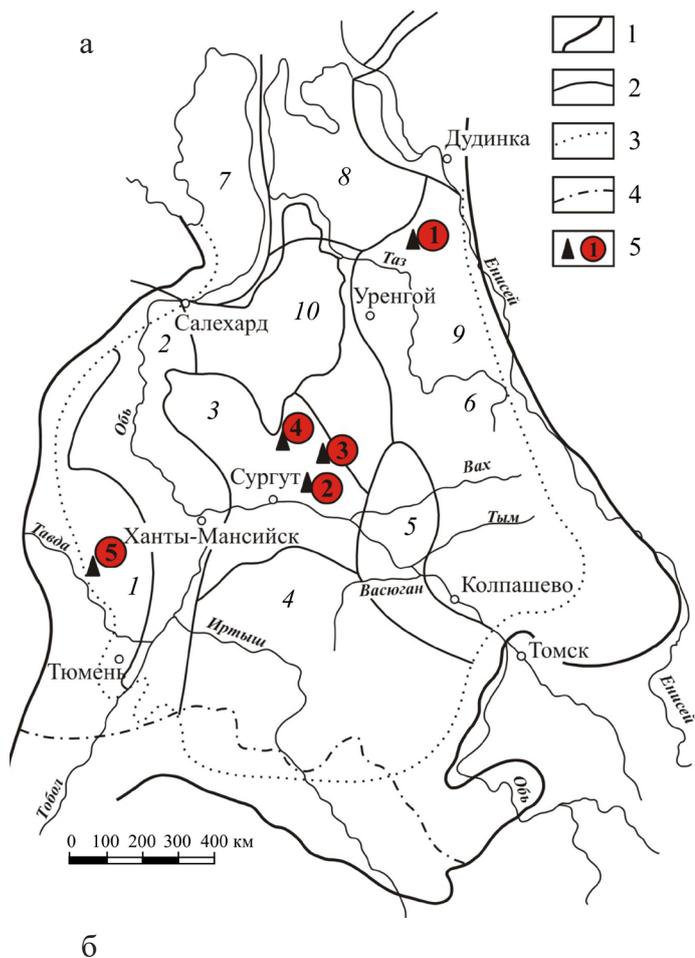


Рис. 1. Положение изученных объектов на площади (а) и в разрезе (б).

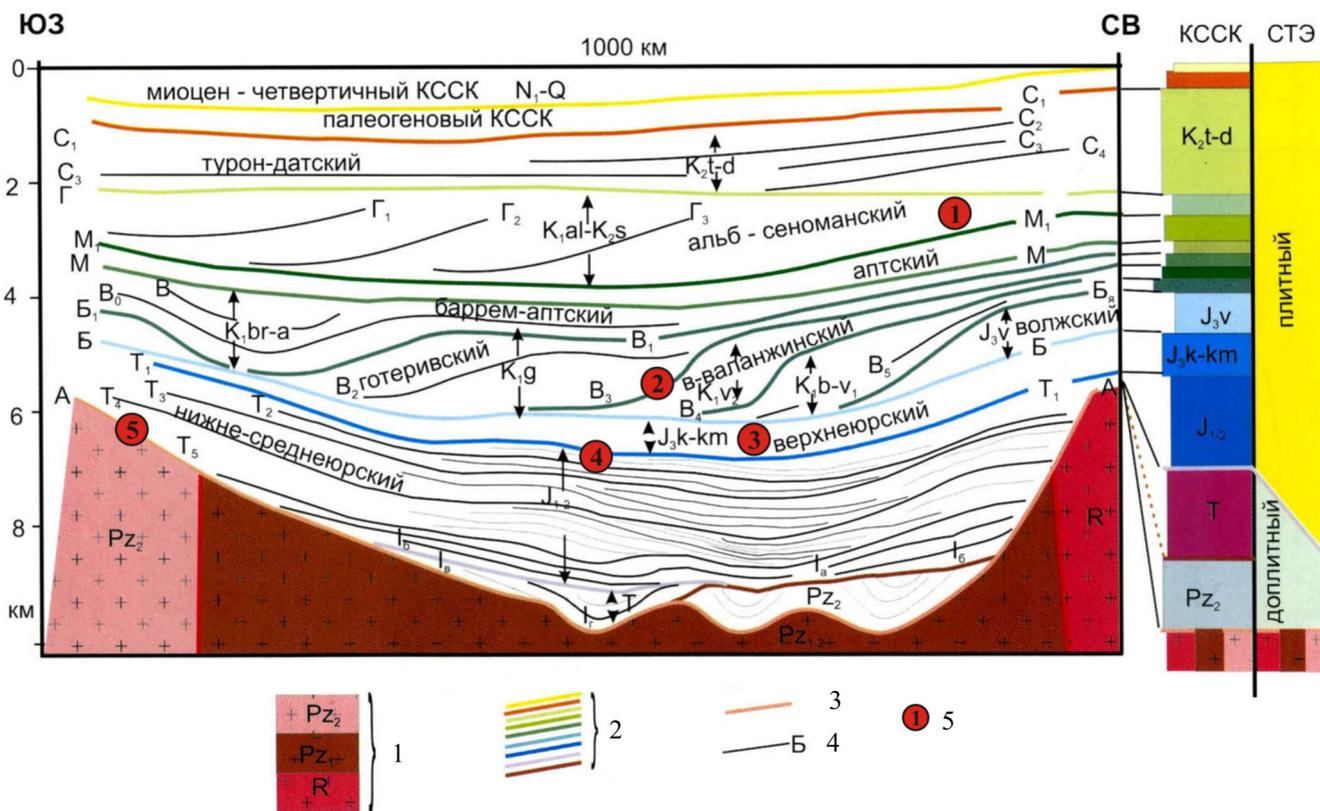
а – нефтегазоносные области Западно-Сибирского бассейна [22]: 1–4 – границы: 1 – бассейна, 2 – нефтегазоносных областей, 3 – перспективных для поисков нефти и газа площадей в отложениях мезозоя, 4 – государственная граница Российской Федерации; 5 – скважины и их условные номера. Нефтегазоносные области: 1 – Приуральская, 2 – Фроловская, 3 – Среднеобская, 4 – Каймысовская, 5 – Васюганская, 6 – Пайдугинская, 7 – Ямальская, 8 – Гыданская, 9 – Пур-Тазовская, 10 – Надым-Пурская;

б – сеймостратиграфический разрез осадочного чехла (по линии расположения скважин на карте “а”) [16], с дополнениями по [23]: 1 – консолидированная кора разного возраста, 2 – границы квазисинхронных сеймостратиграфических комплексов (КССК), 3 – поверхность консолидированной коры, 4 – отражающие горизонты и их индексы, 5 – положение изученных горизонтов с отбором образцов (соответствует условным номерам скважин на карте “а”).

Fig. 1. The position of studied objects on the area (a) and in section (б).

а – oil and gas fields of West Siberian Basin [22]: 1–4 – borders of: 1 – basin, 2 – oil and gas fields, 3 – prospective for oil and gas lands in the Mesozoic sediments, 4 – state border of the Russian Federation; 5 – holes and their conditional numbers. Oil and gas fields: 1 – Pre-Uralian, 2 – Frolovskaya, 3 – Sredneobskaya, 4 – Kaymysov, 5 – Vasyugan, 6 – Paydugin, 7 – Yamal, 8 – Gydan, 9 – Pur-Taz, 10 – Nadym-Pur;

б – seismostratigraphic sectional sedimentary cover (the line indicated by the holes on the map “a”) [16] with the additions of [23]: 1 – consolidated crust of different ages, 2 – boundaries of quasi-synchronous seismostratigraphic complexes (QSSC), 3 – the surface of the consolidated crust, 4 – reflectors and codes, 5 – position of the studied horizons with sampling (equivalent to a conditional number of wells on the map “a”).



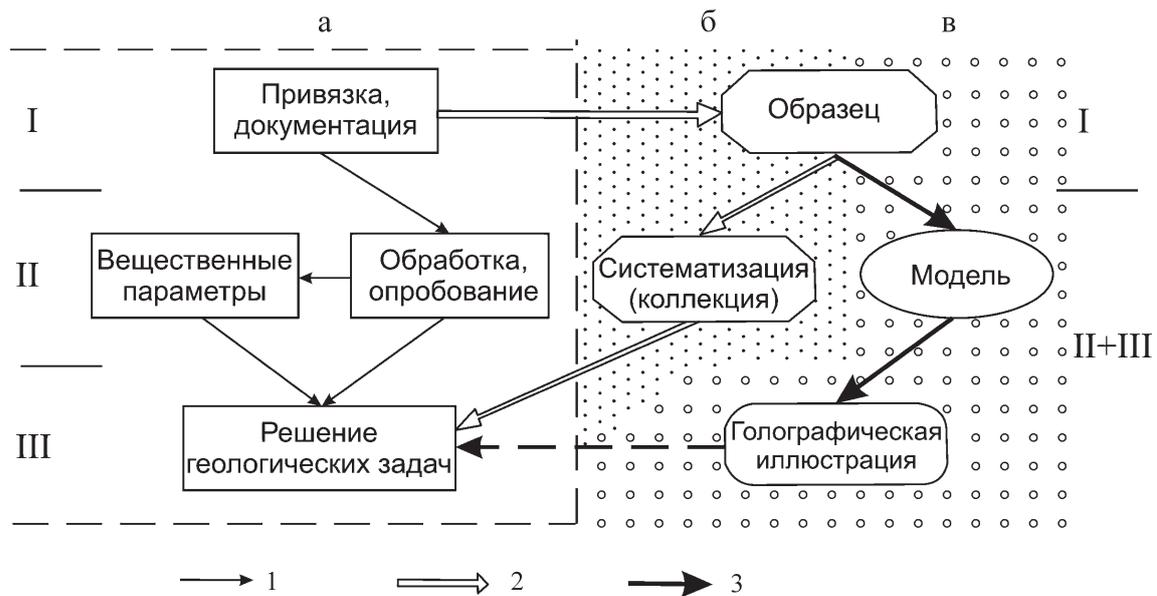


Рис. 2. Работа с керном в нефтегазовой литологии.

1 – стандартная, 2 – специальная, 3 – рассмотренная в статье; а – обычная схема, применяемая в организациях производственного и научно-исследовательского профиля; б – специализированные работы, прежде всего фациальные исследования; в – особый, “штучный” подход, освещенный в предложенной статье. I–III – уровни, отражающие последовательность выполнения исследований. Дополнительные пояснения см. в тексте.

Fig. 2. Working with a core in oil and gas lithology.

1 – standard, 2 – special, 3 – considered in the article of the way of exploration. а – common way used in the production and research works; б – specialized works primarily facies studies; в – special, “individual” approach shown in the proposed article. I–III – the levels, reflecting the sequence of studies. Additional thesis see in the text.

ми организациями, выполняющими его изучение и хранение. Однако чаще всего эти данные “оседают” в соответствующих отчетах, которые недоступны для общего ознакомления. Тот же материал, который публикуется в статьях и монографиях, как правило, имеет обобщенную графическую форму. Действительно, отобразить, к примеру, 10–20-метровый интервал керна на листе формата А4 даже в виде пакета его колонок метровой длины – это значит и уменьшить их исходные размеры как минимум в 5–10 раз. В таком случае информативными будут только интервалы и слои с контрастными формами (плотчатые, будинированные и пр.) – подобные примеры приводят специалисты “СургутНИПИнефть” в ряде публикаций [33 и др.]. Обычно же для иллюстрации того или иного явления приводятся изображения конкретных образцов как в систематизированном виде, так и в довольно случайном порядке.

В общем виде основные пути работы с керном показаны на рис. 2. При этом обычную схему (рис. 2а) особо пояснять нет необходимости. Она в основном стандартизирована и по большей части нацелена на установление конкретных параметров, характеризующих промысловые характеристики изучаемых горизонтов. Прежде всего, к ним отно-

сятся фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) пород. Отбор и изучение образцов ведется по заранее заданной схеме, в основном ориентированной на равномерный охват объектов получаемыми сведениями.

Параллельно с этими работами, имеющими рутинный или “технический” характер, проводятся и собственно геологические исследования, заключающиеся в систематизации выделяемых типов (рис. 2б). Это составление эталонных коллекций, приложений к отчетам и пр. “Венцом” таких исследований является фациальный анализ с составлением специальных атласов и карт. В целом к настоящему времени скопился довольно большой массив работ, в котором конкретными образцами иллюстрируются геологические разрезы, строение и особенности коллекторов, а также иные аспекты. По мере возможности здесь соблюдается принцип равномерности, когда все типы пород, выделяемые по тому или иному признаку, должны быть одинаково представлены и охарактеризованы.

Мы склонны выделять еще один путь, состоящий в детальном изучении конкретных образцов, который может представлять интерес в ракурсе моделирования геологических объектов (рис. 2в). Он изначально присущ геологическим исследовани-

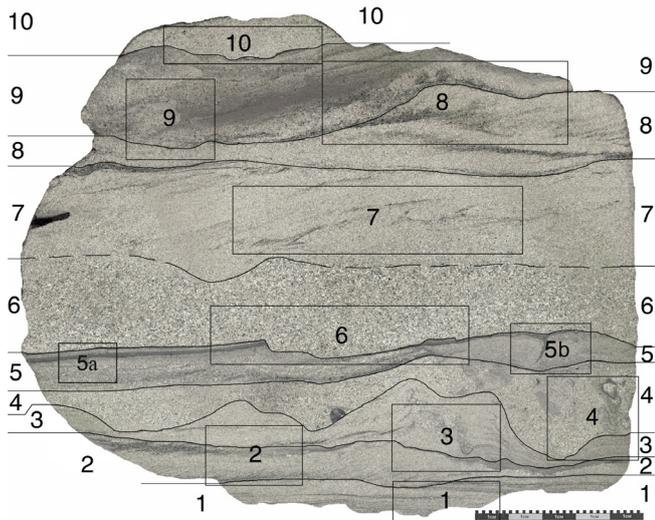


Рис. 3. Сканированное изображение образца из Коркинского угольного разреза [1].

Выделены линиями и показаны цифрами слева и справа от образца интервалы, подробно описанные по отдельности. Прямоугольниками выделены фрагменты, особо охарактеризованные при более детальном исследовании соответствующих интервалов.

Fig. 3. The scanned image of a sample of the Korkino coal quarry [1].

The intervals are described separately in detail are selected by lines and shown by the numbers on the left and right of the sample. The rectangles marked fragments, especially characterized by detailed coverage of the corresponding intervals.

ям, но при изучении глубоких горизонтов возможность его использования появилась только благодаря достижениям технологии бурения последних десятилетий, обеспечивших ненарушенное состояние керна. В качестве иллюстрации внимательного и детального изучения одного, причем весьма невзрачного, образца приведем одну из работ известного ученого-углехимика Г.Л. Стадникова (1880–1973). В 1938–1955 гг. он находился в заключении по обвинению в антисоветской деятельности на комбинате “Воркутауголь”, где числился лаборантом. Вскоре после освобождения им была издана монография [28]. Заключительная глава этой книги, занимающая более 50 страниц (с. 318–373), имеет символическое название “Жизнь аргиллита из скв. К-32 глуб. 154.0–154.5 м”. В ней всесторонне проанализирован состав образца керна из скважины, пробуренной на Воркутинском каменноугольном месторождении Печорского бассейна. Привлекает один из выводов по данной главе (с. 372): “... “мертвая” глина по своей природе стоит очень близко к “живому” белку..., как и всякий живой коллоид, вечно меняется, борется с окружающими явлениями, приспосабливается, устает, почти погибает, оправляется от удара,

знает молодость и старость: *она живет*” (курсив наш. – Авт.).

Отметим, что подобная детальность работы с исходным материалом не является экстраординарным событием. К примеру, ровно 100 лет назад известный геолог М.Д. Залесский в обстоятельной брошюре [10] описал фактически по одному “куску” сапромиксита массой менее 70 г новый вид водородоселевого угля с первоначальным названием “томит” (по месту его отбора из обнажения по р. Томь в Кузбассе). Подобные примеры можно было бы и продолжить.

Указанные (и не только) примеры послужили основанием к тому, что один из авторов представленной статьи в монографии [1] также выполнил достаточно подробное “Жизнеописание образца” (с. 11–24), отобранного в Коркинском разрезе Челябинского бурогоугольного бассейна. В образце размером 20 × 20 см было выделено 10 слоев, каждый из которых описывался автономно, включая отдельные фрагменты (рис. 3). Кроме того, сделано общее заключение об условиях седиментации как непосредственно для образца, так и для его “ближайшего окружения”.

Приведенные примеры, собственно, и определяют методику тщательно выполненных исследований, которая всегда была присуща геологическим работам, основанным на натуральных наблюдениях. Добавим однако, что, будучи по своей сути аксиоматичной, для керна (тем более глубоких скважин) она стала реально осуществимой только в последние 10–20 лет в связи с широким использованием двойных колонковых снарядов, позволяющих извлечь его в ненарушенном состоянии. Особенно это относится к контактам слоев и их комплексов, которые при “обычном” бурении почти никогда не наблюдались в извлеченном керна. Они разрушались в связи с несоответствием физических характеристик (прежде всего прочности) уже в процессе бурения и прямому изучению доступны не были.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе выполнения работ получены оригинальные результаты по пяти изучаемым объектам, положение которых на площади и в разрезе показаны на рис. 1. Отметим, что представленные сведения, базирующиеся на изучении керна, достаточно разнообразны как по своему выполнению, так и по характеру полученных результатов. Этим подчеркивается широкий диапазон применения макроскопического описания образцов, произведенного с позиции реконструкции условий их образования.

Описание полученных результатов производится “сверху вниз” по стратиграфической колонке, т.е. по мере удреждения возраста отложений. С одной стороны, это соответствует принятой в Западной

Сибири индексации коллекторов, с другой – такой подход соответствует одному из двух возможных вариантов документации керна. Его положительным моментом является неизбежная дополнительная, причем постоянная, проверка определяемого генезиса отложений. При другом описании (“снизу вверх”) мы легко и незаметно можем оказаться как бы в плену некоторой модели седиментационного процесса, которая будет “диктовать” генезис каждого последующего слоя. Описание же “сверху вниз” такую “диктовку” практически полностью исключает, поскольку вектор фаций становится неоднозначным. Соответственно, более непредвзятым становится и определение генезиса. Конечно, указанное положение относится к документации керна по отдельным *непрерывным* интервалам. В то же время в какой-то степени непредвзятость именно такого подхода к описанию (“сверху вниз”) можно транслировать и на осадочную толщу в целом.

Мезозойские отложения северных районов

В своих исследованиях – как сугубо научно-практических, так и учебных – литологи-нефтяники УГГУ уже много лет используют прием, который образно можно назвать “вывешивание изображений образцов (“картинок”) на колонки скважин”. В частности, такой подход реализован при оценке строения верхнеюрско-нижнемеловых отложений Хальмерпаутигского и Западно-Вадинского месторождений, где при помощи многочисленных образцов проиллюстрирован генезис изученных интервалов глубоких скважин [36, 37].

Фрагмент колонки скважины с таким подходом приведен на рис. 4. Здесь изображены кривые геофизических исследований скважин (ГИС) и результаты документации керна. Для кривой самопроизвольной поляризации (PS) **приведено ее расчленение по параметру $\alpha_{ПС}$, отмечающему условное расстояние от нулевого значения или “чистой линии” при максимальном значении показателя удельного электрического сопротивления (Ом·м) до его минимальной величины, соответствующей породам с максимальной проницаемостью.** Как широко известно, данный параметр, совместно с анализом формы кривой ПС, лежит в основе определения *электрометрических моделей фаций (ЭМФ)* (рис. 5).

В отечественной нефтегазовой литологии широкой известностью пользуется классификация, разработанная В.С. Муромцевым для юрских отложений Манглышлака с толщинами выделяемых ЭМФ 5–20 м [22]. В таких рамках и для достаточно “трусбой пристрелки” методика выделения ЭМФ и последующего их использования в разных целях, безусловно, работает. Это и иллюстрирует сравнение результатов выделения ЭМФ и установления генезиса отложений по документации керна, пока-

занное на рис. 4. Видно, что в ряде случаев строение кривой PS **даже более детально отражает характер осадконакопления, чем ее описание по керну (слой 4 колонки “а”). Однако в основном изучение керна дает более точные результаты.** Это выражается как в более детальном расчленении разреза (слои 1–3 на колонке “а”), так и в соответствующем и существенном уточнении генезиса. Последнее следует из информации, приведенной на рис. 4 и *проиллюстрированной сканированными изображениями образцов (часть “г”)*. Главным здесь является то, что только керн позволяет установить текстуру отложений (главным образом слоистость), без чего подлинный фациальный анализ осуществить невозможно [6 и мн. др.].

В приведенных сведениях заключается особая важность совместного использования результатов ГИС и сведений по керну, особенно с учетом постоянного дефицита последнего для нефтегазоносных толщ. Высокая перспективность таких совместных интерпретаций, подобно показанным на рис. 4, по нашему мнению, заключается в расширении ареала используемых методов ГИС. Кстати, в зарубежных исследованиях в литологических реконструкциях широко используются кривые гамма-каротажа ГК. **Примеры успешного совместного использования кривых PS и ГК для фациальных реконструкций** приведены в работе [39], а комплексного подхода к проблеме, охватывающего несколько методов, в статьях [18, 24].

Неокомские отложения Широтного Приобья

В настоящее время понятие “неокомские клиноформы” стало нарицательным уже не только для Западной Сибири. Как видно из самого определения, в стратиграфическом отношении оно охватывает четыре нижних яруса нижнего мела. В собственно геологическом плане данное понятие характеризует центральную часть достаточно специфического геологического тела сигмоидной формы, описанного Дж. Ричем в 1951 г. В настоящее время в мировой литературе оно практически не употребляется. История изучения неокомских клиноформ (кстати, правильнее их называть клинотемами) приводится в работе [9], а их общий облик хорошо виден на рис. 1б.

Из этих отложений взят образец, сканированное изображение которого приведено на рис. 6. На нем видна постепенная смена (снизу вверх) достаточно типичной полого-волнистой слоистости (этап 1) на столь же обычную однонаправленную косо-волнистую с четкими S-образными слоями, подчеркивающими рябь течения (ripple cross-lamination) со смещениями знаков ряби по латерали (ripple-drift) (этап 2). Выше, также постепенно, текстура вначале переходит в довольно пологую (этап 3), а затем и крутопадающую (этап 4) восходящую рябь (climbing ripples). **Завершается нако-**

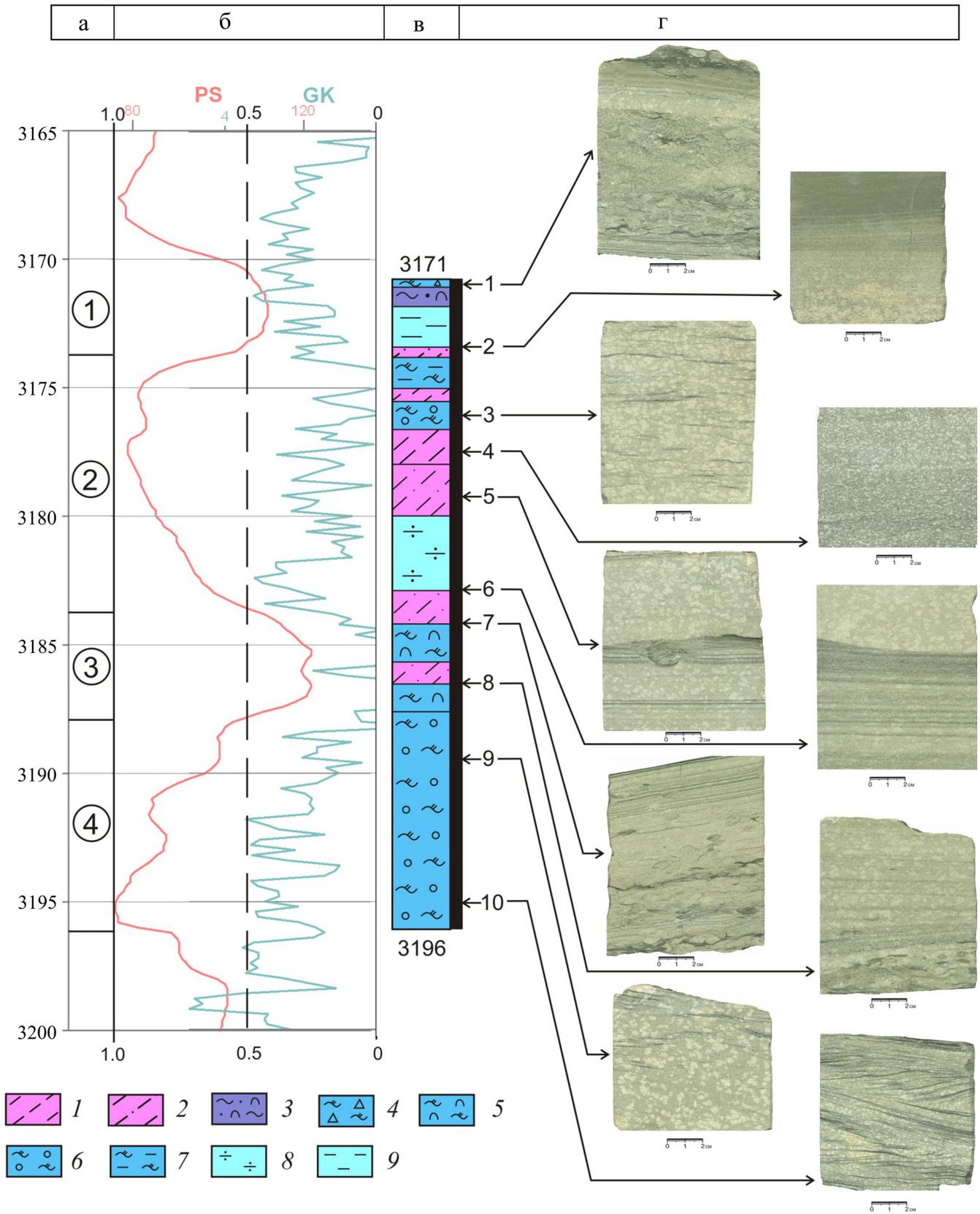


Рис. 4. Фрагмент колонки скважины, пробуренной на Пякяхинском месторождении (коллектор БУ₁₆; положение скважины и горизонта см. на рис. 1, точка 1).

а – электрометрические фации (ЭМФ), по интерпретации кривой PS (цифры в кружках): 1 – открытого моря и крупных мор-

ских заливов, 2 – морского края дельтового комплекса, 3 – открытого моря и крупных морских заливов, 4 – вдоль береговых баров (трансгрессивных) и прибрежных валов [20]; 6 – кривые ГИС и линии значений $\alpha_{ПС}$ (от 0 – “чистая линия”, выходящая за пределы кривой PS в изученном интервале, до максимального значения 1.0.); в – фашии по керну [4]: 1 – песчаных осадков конусов выноса рек (БДД), 2 – алеврито-песчаных осадков передовой части дельты (БДА); 3 – алеврито-песчаных осадков малых аккумулятивных форм малоподвижного бассейнового мелководья (БПА); 4 – переслаивания глинисто-алеврито-песчаных осадков подвижного приберегового мелководья (БММ), 5 – алеврито-песчаных осадков активного подвижного мелководья (БМА), 6 – песчаных осадков сильноподвижного мелководья (БМБ), 7 – алеврито-песчаных осадков дальней зоны подвижного мелководья (БМП); 8 – песчаных осадков зерновых потоков (БУЗ); 9 – алеврито-глинистых осадков (БУГ) открытой части бассейна; г – сканированное изображение образцов с указанием места их отбора.

Fig. 4. Fragment of the column well drilled in Pyakyakhinskoye field (collector BU₁₆; the position of the well and the horizon see in Fig. 1, point 1).

а – electrometrical facies (EMF), in the interpretation of the curve PS (circled numbers): 1 – seas and large gulfs, 2 – marine edge of the deltaic complex, 3 – seas and large gulfs, 4 – along the shorebars (transgressive) and coastal shafts [20]; 6 – GIS curves and lines of values α_{PS} (from 0 – “clean line” that extends beyond the curve of PS in the studied range, to a maximum of 1.0.); в – facies in cores [4]: 1 – sandy sediments of alluvial fans of rivers (БДД), 2 – silty-sandy sediments of the advanced part of the delta (БДА); 3 – silty-sandy sediments of small accumulative forms of sedentary Basin shallow water (БПА); 4 – interbedded clay and silty-sandy sediments rolling shallow water (БММ), 5 – silty-sandy sediments of active rolling shallow water (БМА), 6 – sandy sediments strongly rolling shallow water (БМБ), 7 – silty-sandy sediments of the far zone of shallow water rolling (БМП); 8 – sandy sediments grain flows (БУЗ); 9 – silty-clay sediments (БУГ) of the open pool; г – The scanned image of the sample with the location of their selection.

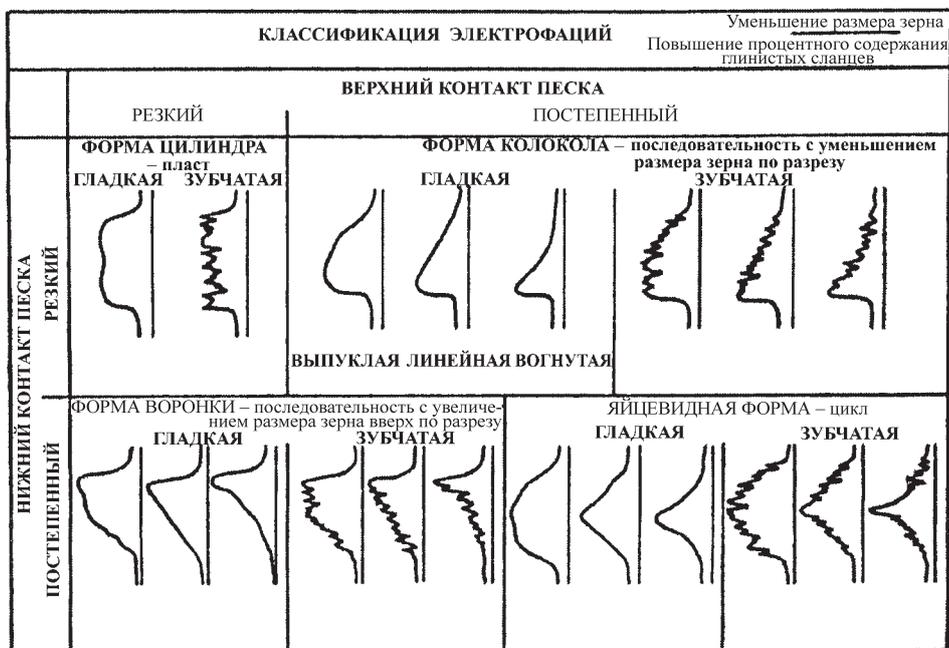


Рис. 5. Классификация электрофаций по форме кривых ГИС [51].

Fig. 5. Classification electrofacies according to the curves GIS [51].

пление осадков в наблюдаемой плоскости форми-рованием косой слоистости (cross-bedding) (этап 5).

Естественно, на примере лишь одного образца рискованно делать какие-то обобщения. Между тем мы думаем, что именно при таком подходе вполне реализуется *голографический принцип*, который заключается в соответствии самой крошечной части изображения общей гигантской голограмме [30]. Кстати, отметим, что такой принцип вполне соответствует общеизвестной сентенции об отражении океана в капле воды. Исходя из этого, изложим не-

которые представления, базирующиеся на рассмотрении текстурной характеристике образца, представленного на рис. 6.

В нижней части образца хорошо выделяется линза, увеличенное изображение которой приведено на рис. 6г. Сравнение этого фрагмента с рис. 1б легко позволяет увидеть почти полное тождество изображенных текстур на образце и клиноформ неоконца. Вслед за образным выражением Н.А. Головкинского, их можно назвать “чечевичными”. Конечно, следует учитывать гигантское различие в раз-

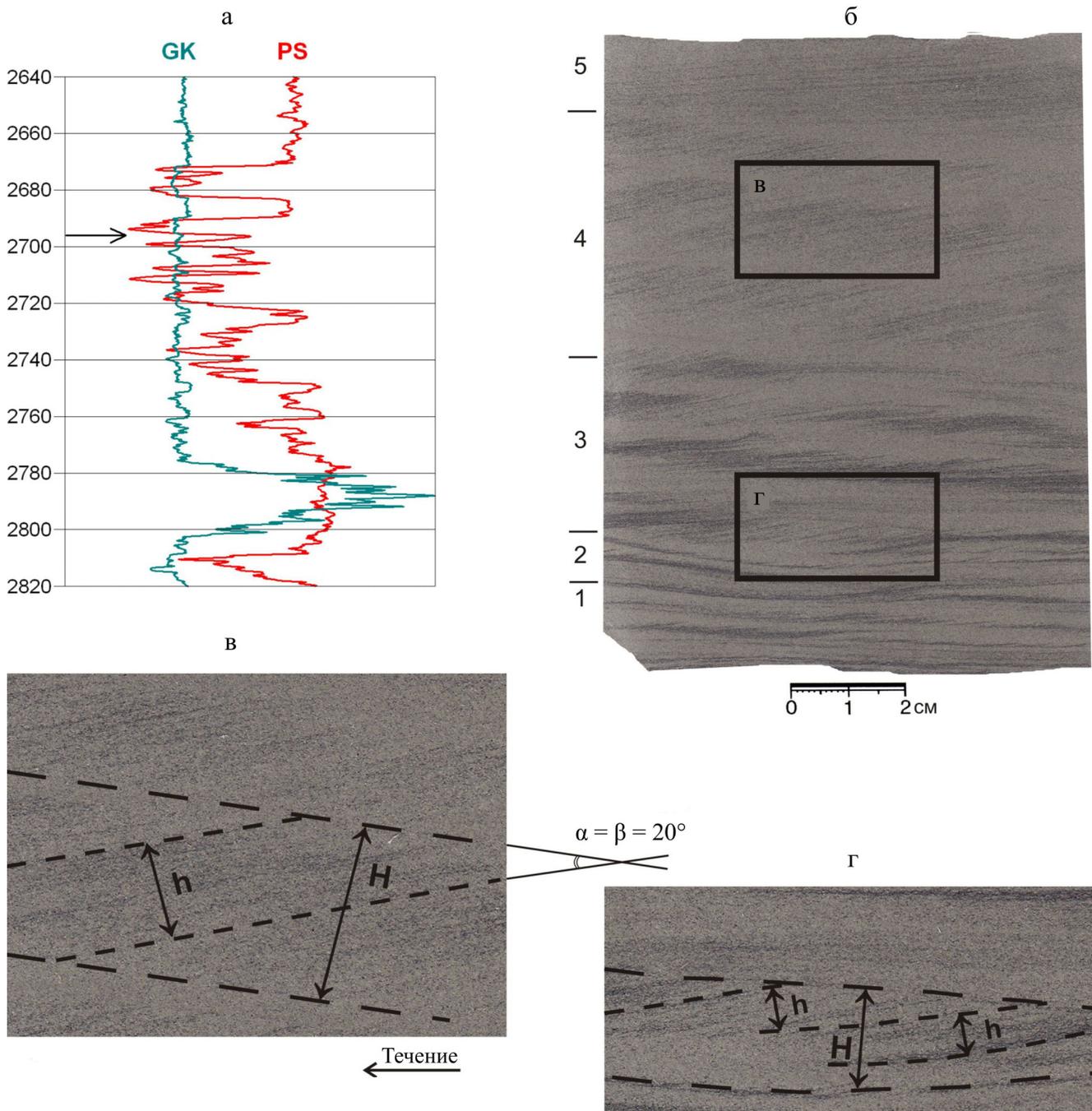


Рис. 6. Образец керн, отобранный из неокомских отложений (положение скважины и горизонта см. на рис. 1, точка 2).

а – фрагмент колонки скважины и место отбора образца (показано стрелкой); б – сканированное изображение образца: песчаник тонкозернистый в верхней части с примесью мелкозернистого материала, сортировка зерен достаточно хорошая, отчетливая слоистость подчеркнута тонким растительным детритом, снизу вверх наблюдается смена следующих типов (по интервалам обозначенных на левом срезе образца): 1 – полого-волнистая, 2 – полого-волнистая с переходом в косо-волнистую слабо срезанную, 3 – косо-волнистая слабо срезанная в начальный этап формирования восходящей ряби, 4 – восходящей ряби, 5 – косяя; направление течения справа налево; в – увеличенный вдвое фрагмент с текстурой восходящей ряби (climbing-ripple): α – угол наклона слойков, β – угол “взбегания” ряби, h – толщина пакета слойков, H – толщина на серии слойков (характеристика в тексте); г – увеличенный вдвое фрагмент с текстурой однонаправленной ряби течения (ripple cross-lamination), создающий ламинарное смещение знаков ряби (ripple-drift).

Fig. 6. The core sample selected from the Neocomian deposits (the position of the well and the horizon see in Fig. 1, point 2).

a – fragment of the column well and the sampling location (arrow); б – scan of the sample: thin-grained sandstone in the upper part with an admixture of fine-grained material, sorting is good enough, distinct layering is stressed by a thin plant detritus, there is a change from bottom to top the following types (in intervals marked on the left slice sample): 1 – gently undulating, 2 – gently undulating with transition to oblique wavy poorly cut, 3 – oblique wavy poorly cut, in the initial stage of formation of the ascending ripples, 4 – rising ripples, 5 – oblique; the flow direction from right to left; в – doubled fragment of texture ripples ascending (climbing-ripple), α – angle of the laminas, β – angle “run up” of ripple, h – thickness of the lamina package, H – thickness of series laminas (characteristics in the text); г – doubled fragment with a texture of unidirectional ripple current (ripple cross-lamination), creating a laminar displacement ripple marks (ripple-drift).

мерах (по латерали это 10^5 – 10^6 , а по вертикали или наклонно $\approx 10^8$). Естественно, огромные различия есть и в углах падения. Если в образце это несколько градусов, то в клиноформах углы, как правило, не превышают и одного. Однако в целом образ, ассоциирующийся с бегущей волной (рис. 7), вполне распознаваем как для натурального изображения (см. рис. 6г), так и для геологической модели (см. рис. 1б).

В приведенной модели реализован закон Головкинского или Вальтера, обязательный для миграционного типа осадконакопления. Он описан во множестве работ, в том числе в [1], поэтому не будем останавливаться на расшифровке данного механизма. Отметим лишь, что достижение предельного значения на “латеральной” координате Z при полнокомпенсированном режиме осадконакопления будет знаменовать переходом на уровень, располагающийся выше пунктирной линии на рис. 7. Для образца это заключается в формировании следующей серии слоев, а для нижнемеловых отложений Широкого Приобья – следующей клиноформы. Кстати, именно в таком переходе и заключается механизм саморегулирования системы, которая при жесткой потере устойчивости скачком переходит в иной режим движения. Это детально описывается в теории катастроф и для седиментологии охарактеризовано в работе [3].

Значительно реже встречается текстура восходящей ряби (climbing-ripple), в увеличенном виде представленная на рис. 6в. Первые ее исследования выполнены ровно полвека назад [48]. Несколько позднее они систематизированы Р. Хантером [45], чьи представления и терминология используются и в настоящее время (рис. 8). Сравнивая с ними исследуемый образец, определим, что восходящая рябь этапа 4 (см. рис. 6) относится к критическому, полно законченному (complete) типу, с одинаковыми углами наклона слоев (β – ripple stoss slope) и соответственно “взбегания” их серий (α – ripple climb): $\alpha \approx \beta \approx 20^\circ$.

Из приведенных сведений несложно увидеть главную особенность анализируемой текстуры. Она заключается в особой наглядности скольжения во времени (диахронности) конкретных слоев (translatent strata), при изохронности формирующихся знаков ряби в соседних сериях (rippleform laminae). Именно в этом кроется крайне “неприятное открытие для стратиграфов” (по образному

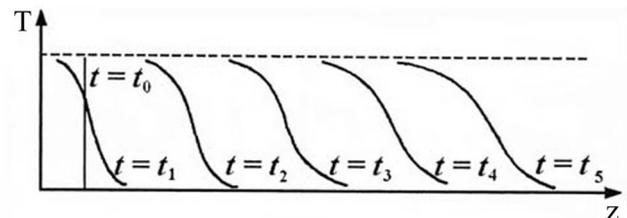
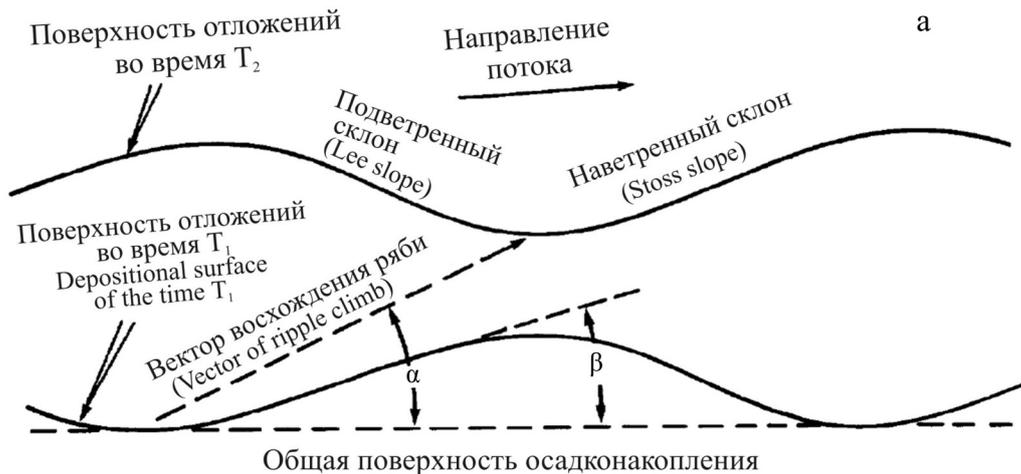


Рис. 7. Трансформация профиля бегущей волны плотности популяции с течением времени для нелинейного уравнения диффузии [25, с. 90].

Fig. 7. The transformation of the profile of a traveling wave of population density over time for a nonlinear diffusion equation [25, p. 90].

выражению С.И. Романовского) и не менее озорчивый “кризис бассейновой стратиграфии” (по столь же образному высказыванию Ю.Н. Карогдина). Проблема в целом слишком велика и обширна, чтобы включаться здесь в ее обсуждение. Однако, исходя из голографического принципа (см. выше), сделаем небольшое замечание, которое может способствовать ее решению. Так, “снятая с разрезов” скорость формирования (правильнее – закрепления) неоконских отложений может быть оценена в 30–75 м/млн лет, или единиц Бубнов (Б) [13]. Данное значение соответствует накоплению 30–75 мм/тыс. лет, или 0.03–0.075 мм/год. С большой натяжкой такую скорость можно было бы признать для нижней части “нашего” образца, обговаривая значительную потерю времени на его серийных швах, фиксирующих диастемы. Кстати, таковые хорошо видны на схеме скольжения (см. рис. 7), соответствуя пунктирным линиям. Однако “разворот” слоев во временной шкале, фиксируемой восходящей рябью, непременно фиксирует значительно большую скорость осадконакопления, чем та, которая определяется простым делением наблюдаемой толщины интервала на геологическое или “сняемое с разрезов” время его формирования (см. выше).

Вообще, каждый раз, переходя к оценке скоростей древнего осадконакопления, “запечатленных в немых свидетелях прошлого”, приходится констатировать, что конкретные измерения сделать здесь весьма затруднительно. Это легко объясняется тем, что четких критериев для определения длительности формирования того или иного слоевого элемен-



б

		Поступательное наслоение (Translatent strata)	Знаки ряби (Rippleform laminae)	
Угол взбегания ряби (α) по отношению к наклону слоёв наветренной стороны (β)	Субкритический ($\alpha < \beta$)		Неполные (срезанные) знаки ряби (серии косої слоистости)	
	Критический ($\alpha = \beta$)			
	Суперкритический ($\alpha > \beta$)		Полная слоистость ряби	

Рис. 8. Характеристика восходящей ряби [45].

а – эскиз, определяющий вектор взбегания ряби (α) и углы падения слоёв по отношению к поверхности осадконакопления (β) (изображение перпендикулярно к знакам ряби); б – типизация восходящей ряби (крапом показаны слоики одного гранулометрического состава).

Fig. 8. Characteristics of rising ripples [45].

а – sketch defined the vector run up ripple (α), and the angles of incidence stratum to the surface sediment (β) (image perpendicular to the ripple marks); б – rising ripples typing (specks show lamina of identical particle size).

та (слойка, серии слойков) в общем-то нет. Действительно, очень трудно определить, чему обязательно его формирование: мгновенному импульсу (нагонной волне), суточному колебанию (прилив–отлив), лунной (месячной), сезонной или годичной ритмичности и др. Естественно, следует учитывать уплотнение отложений при эпигенезе, их переработку и прочие факторы.

Тем не менее одним из авторов статьи делались попытки определения скорости осадконакопления для отдельных образцов терригенных пород. Так, скорость осадконакопления 2 мм/год, или 2000 Б, была определена для образца озерного алевролита с тонкой слоистостью, отобранного в позднетриасовых отложениях Челябинского бурогоугольного бассейна [1]. При этом достаточно уверенно уста-

новлена 11-летняя цикличность, что позволило верифицировать выполненные вычисления.

Продолжая эти рассуждения применительно к образцу, изображенному на рис. 6, и его фрагменту (см. рис. 6в), определим следующее. В натуральных экспериментах текстурные характеристики восходящей ряби, идентичные представленным на описываемом образце, были получены за весьма непродолжительное время [40]. К примеру, последовательность слоев толщиной 20 см была сформирована потоком со скоростью 1.5–4 м/с за 1.5–3 ч. Однако в геологическом отношении такой эксперимент позволяет судить лишь о возможности моделирования (т.е. воспроизводства) подобных текстур. Длительности формирования пар слоев, широко представленных в образце (светло-темное), иначе, чем суточными (полусуточными?) приливами–отливами, объяснить затруднительно. Меньшая длительность, к примеру часовая, а тем более секундная, малореальна, а большая, скажем сизигийная или квадратурная, не обеспечила бы стабильность осадконакопления в течение длительного времени. Базируясь на этом “суточном” предположении, определим, что лунно-месячными процессами обеспечено формирование пачек слоев, обозначенных на рис. 6в интервалом h. В основном они состоят из 15–30 (!) пар слоев, что соответствует именно лунному месяцу. Наконец, продвижение восходящей ряби в плоскости образца по серийным швам, зафиксированным интервалом H (см. рис. 6в), вполне можно сопоставить с обычным календарным годом. Несложно заметить, что скорость осадконакопления для отдельных этапов, показанных на левом срезе образца (см. рис. 6), существенно менялась, в основном в диапазоне от 1 до 10–12 мм/год. В среднем она составила 5 мм/год, или $5 \cdot 10^3$ Б. Как видно, это значение весьма близко к полученному ранее и составляющему $2 \cdot 10^3$ Б (см. выше, [1]). Еще раз подчеркнем приблизительность и спорность выполненных расчетов. Однако накопление банка данных, полученных разными способами и на разных объектах, несомненно, будет способствовать решению непростой проблемы, обозначаемой как различие в скоростях современного и древнего осадконакопления.

Аномальные разрезы баженовской свиты

Отложения баженовской свиты Западной Сибири относятся к типичным доманикитам (domanicite), являющимся тонкозернистыми, нередко тонкоплойчатыми породами различного состава с черным цветом, обусловленным повышенным содержанием сапропелевого органического вещества. Благодаря перечисленным свойствам они легко выделяются как в керне, так на каротажных диаграммах. На многих участках весьма выдержанный разрез баженовской свиты толщиной 15–25 м рассла-

ивается, расщепляется светлоокрашенными алевролитами и песчаниками с увеличением толщины до 40–50 м, иногда более. Эти части, в силу своей специфики, и получили образное название “аномальных разрезов” баженовской свиты (АРБ).

Вопросам формирования как баженовской свиты, так и АРБ посвящено огромное количество работ, что вызвано ее высокой значимостью как в научном, так и в практическом отношении. Укажем только на два источника последних лет, имеющих обобщающий характер. Это, во-первых, весьма подробный анализ отложений баженовской свиты как примера формации “черных сланцев” (black shales), выполненный в сводке [38]. В данной работе представлена модель образования АРБ “за счет формирования толщ внедрения турбидно-оползневых потоков и соответствующих процессов”. Во-вторых, это статья В.А. Волкова, обобщающая многочисленные сведения о палеоглубинах баженовского и неокомских морей [7]. В ней автор приходит к выводу о том, что преимущественные глубины баженовского моря на основной территории его распространения составляли не более 200 м. Одновременно с этим он допускает глубины осадконакопления в последующее неокомское время до 300 и даже 400 м. Здесь отметим, что, по мнению большинства исследователей, глубина баженовского моря составляла около 400 м [11 и мн. др.].

Рассмотрение инъекций песчаного материала в черносланцевую толщу (см. выше) предполагает их турбидитовую природу, согласно концепции турбидных потоков. Формирование же последних в классическом варианте связано с весьма значительными глубинами, что либо обходится вниманием, либо требует искусственного увеличения данной глубины.

Определенным паллиативом для различных взглядов является признание небольшой глубины формирования части турбидных потоков, что в общем-то предусматривалось уже в схеме Р. Уолкера [52]. В ней, наряду с турбидитами подножий континентального склона (Classical Turbidites) или второго уровня лавинной седиментации А.П. Лисицына [17], предусматривалось и выделение турбидитов “верхнего конуса” (Upper Fan), приуроченных к дельтовым областям или первому уровню лавинной седиментации [17]. Они получили название тонкослоистых прирусловых или намывных турбидитов (Thin Bedded Turbidites on Levee). Именно с этими, мелководными, турбидитами связали изменения в строении черносланцевой толщи исследователи североамериканских объектов. При этом большое внимание уделено базису влияния штормовых волн (Stormwavebase), а также действию пикноклина (Pycnocline), что особенно важно для рассмотрения анаэробной среды. Указанные представления приведены на рис. 9. Принципиальная схема формирования “дельтовых тур-

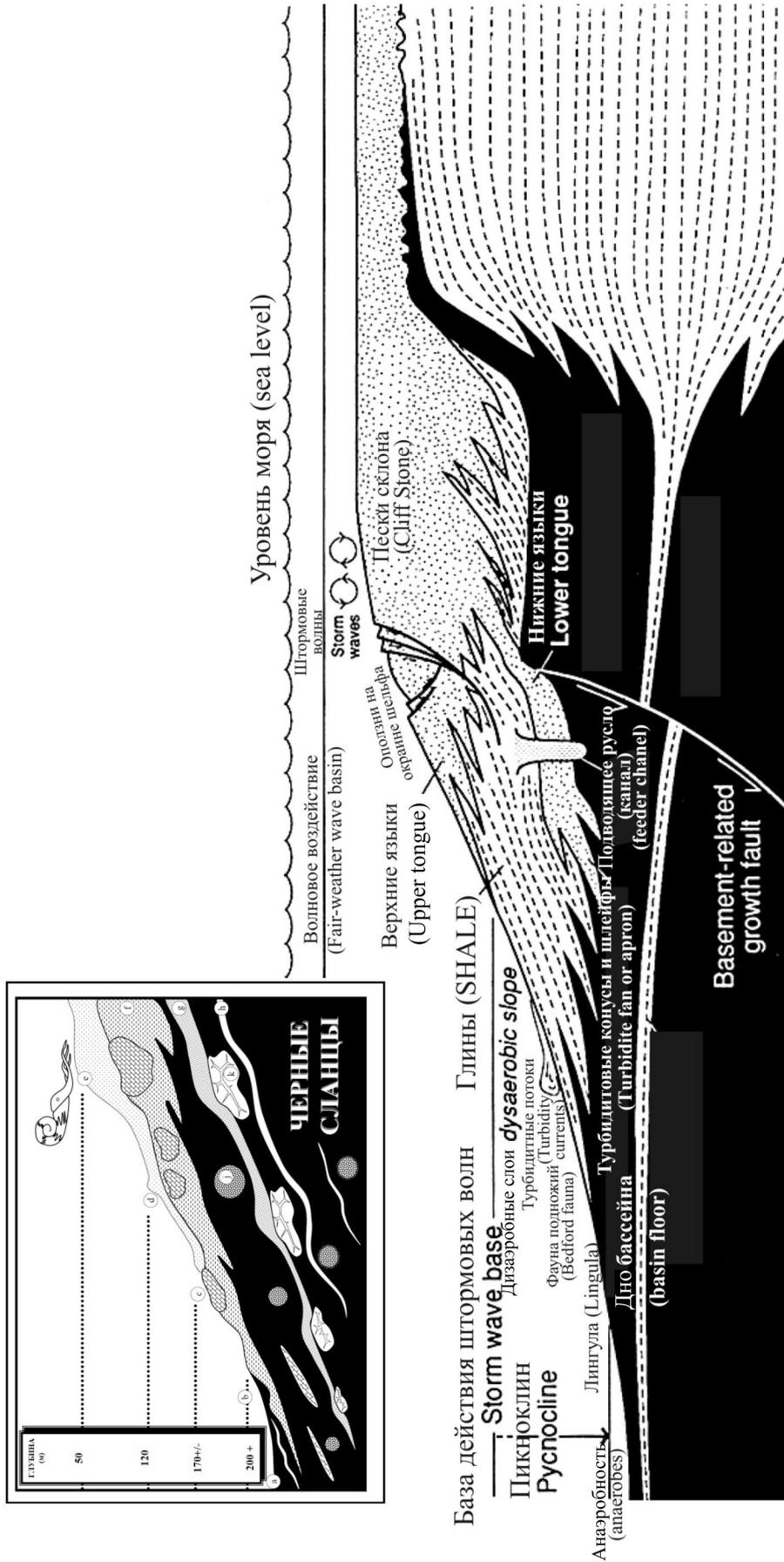


Рис. 9. Модель осадконакопления для секвенции Бэдфорд в восточном Кентукки и Западной Вирджинии [43, с. 23]. В левом верхнем углу – врезка со схемой из работы [41], заимствовано из [38].

На врезке: а – сапропелевое вещество; б – основание пикноклина; с – коррозия пирита и переработка карбонатных конкреций; д – внутренняя волновая эрозия склона, покровы, сложенные обломками известняков и пирита; е – абразия палеосклона, возможно развитие кораллов и других организмов; ф – известковистые глины; г – алевро-песчаные и глинистые турбидиты; и – кремнистые силициты; j – пиритовые конкреции; k – карбонатно-глинистые стяжения с синерезисом и секреции; масштаб на рисунке не соблюден.

Fig. 9. The model of deposition of the Bedford sequence in eastern Kentucky and West Virginia [43, p. 23]. In the upper left corner – inset map with the diagram of the work [41], it borrowed from the [38].

On the inset: a – sapropel substance; б – pycnoclinebase; c – pyrite corrosion and processing of carbonate nodules; d – internal wave erosion of the slope, veils, composed of limestone and pyrite debris; e – abrasion paleoslope may develop corals and other organisms; f – calcareous clay; g – silty sand and clay turbidites; h – siliceous silicites; j – pyrite nodules; k – carbonate-clay nodules from syneresis and secretion; the scale of the figure was not observed.



Рис. 10. Модель проградации дельты в формации Минтурн [50].

Fig. 10. Model of progradation of the delta in Minturno formation [50].

бидитов” (возможно, правильнее было бы называть их квази-турбидитами) приведена на рис. 10. Отметим, что для них присуща “обратная” схема увеличения размерности песчаного материала, т.е. его накопление с *наветренной* стороны. По данному признаку отложения принципиально сходны с осадками восходящей ряби, рассмотренными в предыдущем разделе.

Приведенной моделью существенно “сглаживается” откровенное неприятие концепции “классического” турбидитообразования, связанного со вторым уровнем лавинной седиментации, применительно к АРБ. Между тем в ней безусловный приоритет отводится внешним *воздействиям* на доманикиты, реализованным во *внедрении* в сформированную толщ турбидитовых конусов и шлейфов (Turbidite fan or apron). Правомерность такой постановки вопроса для баженовской свиты была рассмотрена в “Атласе...” [4]. Теперь попробуем дополнить ее, основываясь на рассмотрении конкретных образцов керн, которые приведены на рис. 11.

Общий анализ приведенных на рис. 11 изображений позволяет наглядно проиллюстрировать представление о генезисе отложений на участках АРБ, подробно изложенных в упомянутом “Атласе...” [4]. Во-первых, песчаный материал “внедряющийся” в бажениты, в значительной степени привнесен *зерновыми потоками* (фация БУЗ). Их хорошо иллюстрирует нижняя часть образца на рис. 11в. Данные отложения формировались на относительно небольших (!) глубинах и в общем не имеют общих черт с турбидными потоками. Во-вторых, благодаря синседиментационному размыву окружающих, уже уплотненных баженитов эти потоки и формируют специфический и характерный облик “пудинговых” песчаников, которые представлены в средней части образца и полностью отражены на рис. 11в. Обращает на себя внимание локальный перенос “взломанных” обломков, имеющих преимущественно остроугольную форму. Одновременно частично имел место и более дальний перенос. Это рассеянные частицы раздробленных баженитов, перенесенные во взвеси для средней части об-

разца 11в, и полуокатанная линза L в образце 11г. Наконец, в-третьих, различная комплектность двух контрастных типов пород различается причиной широкого развития постседиментационных текстур смятия, внедрения и иных, что иллюстрирует образец на рис. 11г.

В общем принципиальном виде модель формирования АРБ приведена на рис. 12. Как видно из него, мы склонны объяснять их генезис сугубо конседиментационными причинами. При этом вполне логичен вопрос: откуда взялся весьма контрастный и вполне хорошо сортированный материал, являющийся матриком “пудинговых” песчаников (см. рис. 11)? Возможный ответ на него имеется в схеме, предложенной известным исследователем турбидитов Э. Мутти [49]. На рис. 13 приведена модель формирования дельтовых лопастей, отделенных областью *транзита* (bypass) от области сноса. Наличие такого латерального перерыва, во-первых, легко объясняет бимодальность (“пудинговый” облик) отложений, особенно четко наблюдаемый на рис. 11б. Кстати, быстрая смена “чистого” песчаника в нижней части образца на рис. 11в на его верхнюю, собственно доманикитовую, часть вполне объяснима с позиции формирования средней части образца в режиме пикноклина (см. рис. 9). Во-вторых, эфемерность области транзита, не запечатленной в геологической летописи, дает достаточный ответ на вопрос об отсутствии каналов, подводящих песчаный материал в зону АРБ (см. рис. 12б).

В целом отметим, что, хотя дельтовый генезис для разрезов отложений, подобных рассматриваемому, детально разобран во многих работах, например [46], мы не склонны связывать формирование АРБ именно с конусами выноса рек. Выше уже отмечено, что здесь имели место специфические *зерновые потоки*, в настоящее время прямых аналогов, скорее всего, не имеющие [4]. Наконец, укажем, что по ряду позиций можно выделить как бы “стыкующиеся” аспекты изложенных сведений. Они заключаются в следующем.

1. Принципиальные подходы к седиментологии в режиме геострофических течений рассмотрены уже

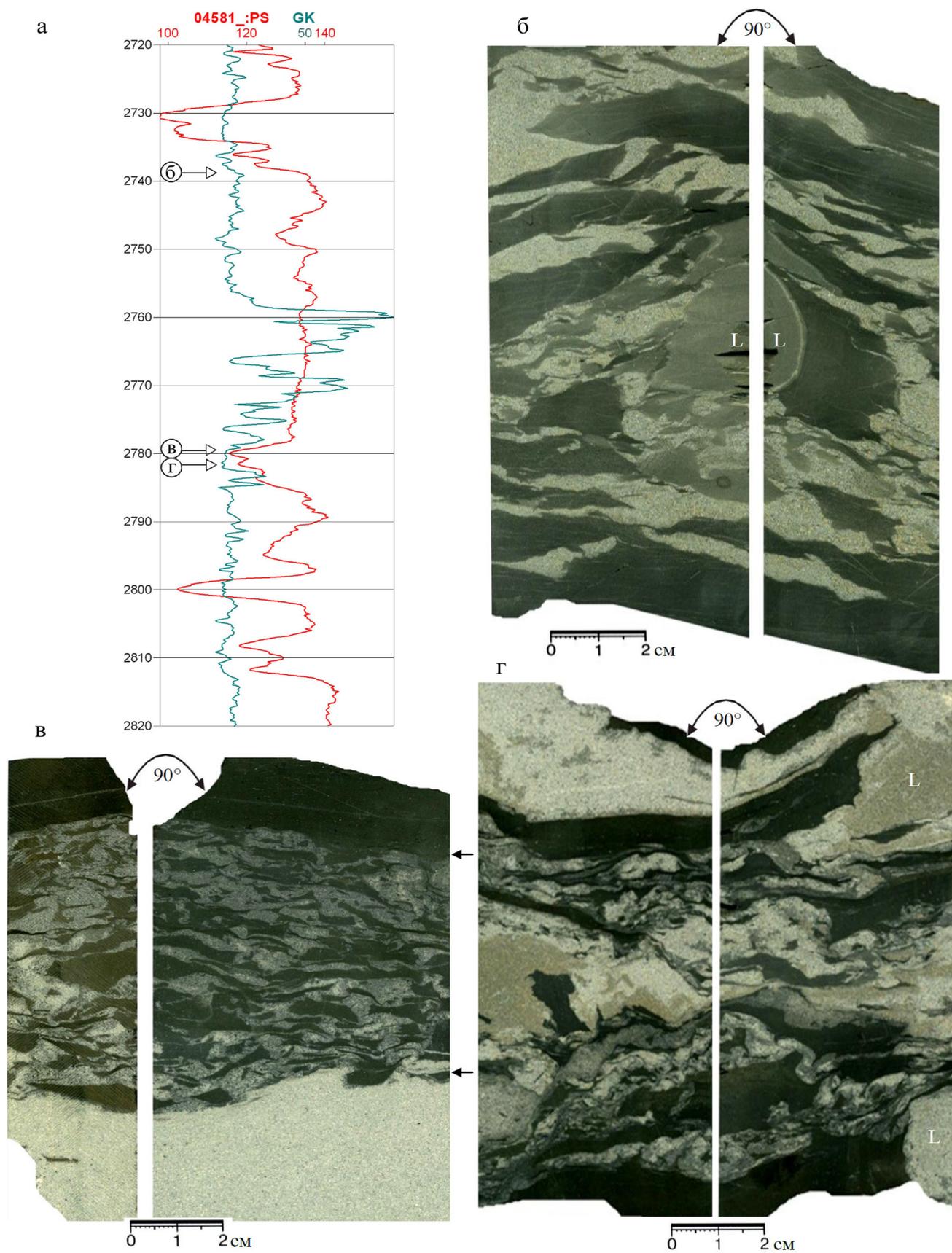


Рис. 11. Сканированное изображение образцов керн, отобранных из аномального разреза баженовской свиты (положение скважины и горизонта показано на рис. 1, точка 3).

а – фрагмент колонки скважины с указанием места отбора образцов; б – “пудинговый” песчаник: достаточно однородная основа (matrix) представлена мелкозернистым сравнительно хорошо сортированным песчаником, содержащих до 40% линз и обломков битуминизированных алевроаргиллитов, при сильно меняющихся размерах они в основном уплощенные (соотношение осей от 1 : 3 до 1 : 10) с неровными, остроугольными окончаниями; в центре – округлая линза серого цвета (L) более дальнего переноса, со светлым окаймлением (карбонатизацией), хорошо заметным в правом срезе; в – нижняя часть образца: тонко-мелкозернистый хорошо сортированный массивный песчаник с единичными литокластами (на левом срезе); фация песчаных зерновых потоков удаленной части бассейна (БУЗ); верхняя часть – известково-алевроаргиллитовая органогенная порода (баженит), между стрелками – собственно отложения АРБ, в песчаном матриксе (от нижнего слоя отличается серым цветом в силу “зараженности” тонким алевроитовым материалом) содержит значительное количество (до 20%) уплощенных линз и обломков баженитов близкой размерности (1–3) × (5–20) мм и остроугольной формы; г – меланжевый песчаник, фиксирующий подводное обрушение некоего уступа в слабоконсолидированном рельефе; песчаник мелкозернистый, довольно плохо сортированный в результате смешения слабосцепленных частиц, что подчеркнуто пятнистой текстурой песчаных квази-колобков, имеющих размер 1.5–2 см (L); обрывки алевроаргиллитов черного и темно-серого цвета занимают до 30% объема, имеют причудливые “махровые” контакты, частично сохраняя уплощенную форму.

Fig. 11. The scanned image of core salvages picked from Bazhenov suite anomalous section (location of well and stratum are show in Fig. 1, position 3).

а – a fragment of a column of the well with the location of sampling; б – pudding sandstone: fairly uniform matrix is represented by fine-grained relatively well-sorted sandstone, contained up to 40% of lenses and bituminous silt-rich mudstone debris, with strongly varying sizes they are mostly flattened (the ratio of the axes of 1 : 3 to 1 : 10), with uneven, angled ends; in the center there are rounded gray lens (L) a long-range transport, bordering with light (carbonatization), clearly visible to the right of the cut; в – the lower part of the sample: fine-grained massive well-sorted sandstone with single lithoclasts (on the left cut); sand grain flows remote part of the basin facies (БУЗ); upper part is carbonat-silt-rich organogenic mudstone (bazhenit), between arrows is own APB deposits: in sandy matrix (different from the lower layer dimmed because it contains fine silt material) a significant amount (20%) of flattened lenses and bazhenite debris of equal dimension (1–3) × (5–20) mm and acute forms; г – melange sandstone that capture the fragments of collapse of a ledge in weakly consolidated relief: actually it is the fine-grained sandstone, rather poorly sorted as a result of mixing weakly linked particles that stressed by spotted texture sandy quasi-balls, having a size of 1.5–2 cm (L); scraps of black and dark gray silty mudstones occupy 30% of the total, have fancy “terry” contacts, partially preserving the flattened shape.

в предыдущем разделе, при анализе текстуры *восходящей ряби*. Последняя “развертывает во времени” происходящие процессы.

2. Особенно наглядно анализируемые процессы отражаются в закреплении осадков на *обратной стороне форм рельефа* (будь то мелкая рябь либо достаточно крупная площадь).

3. Этот механизм присущ *дельтовым лопастям выноса*, в которых формируются мелководно-морские осадки *турбидной природы* (см. рис. 13).

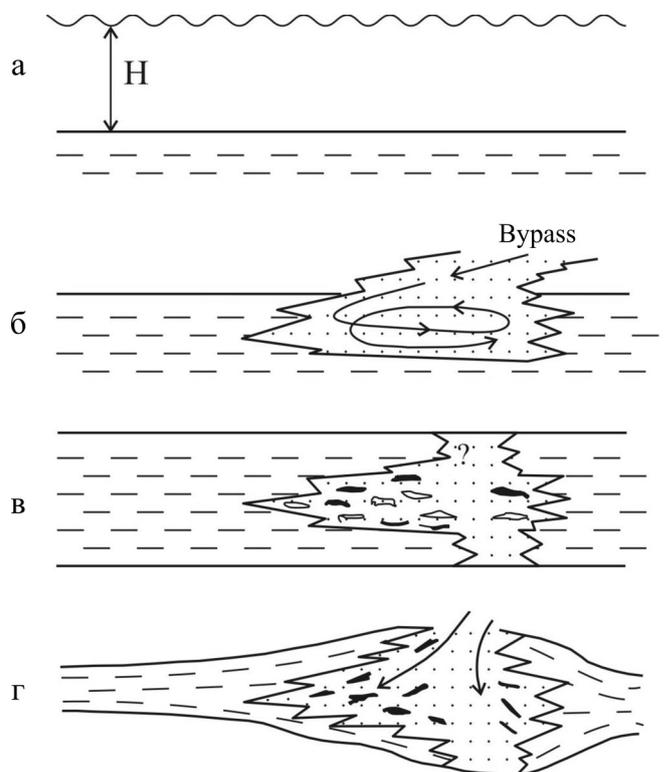
Рис. 12. Принципиальная последовательность формирования аномальных разрезов баженовской свиты (АРБ).

а – накопление отложений баженовской свиты в анаэробной среде при глубине дна бассейна (Н) около 200 м; б – привнос песчаного материала, распределяемого геострофическими течениями (показано спиральной стрелкой); в – синседиментационное положение АРБ; г – постседиментационные нарушения, в том числе за счет различий в уплотнении осадков.

Fig. 12. The basic sequence of formation of Bazhenov suite anomalous section (ASB).

а – accumulation of of Bazhenovo suite deposit in an anaerobic environment at the bottom of the basin depth (H) of about 200 m; б – brings of the sandy material distributed by geostrophic currents (shown by spiral arrow); в – syn-sedimentary position of ASB; г – post-sedimentation deformations, including those due to differences in the compaction of sediments.

4. В формировании отложений могут принимать участие несущие потоки различной плотности,



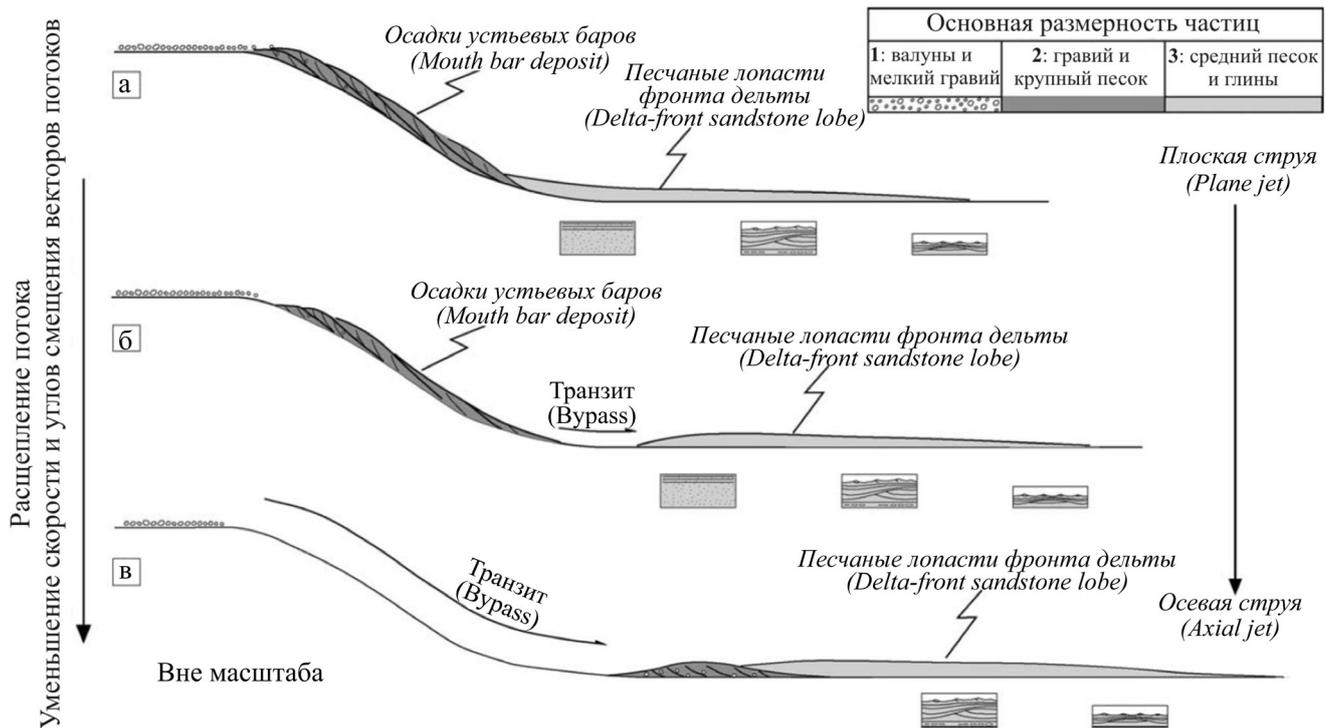


Рис. 13. Отношения между осадками устьевых баров и песчаниками лопастей фронта дельты в динамике смены характера потока [49].

Fig. 13. The relationship between precipitation stream-mouth bar and sandstones of the delta front blades in the dynamics of flow pattern change [49].

дифференцируемые по вертикали вследствие реализации *пикноклина*.

Предлагаемая нами модель (см. рис. 12) необходима для понимания механизмов формирования аномальных разрезов в нижней части баженовской свиты. Относительно ее верхней части (где они характеризуются большим распространением) уместно будет напомнить о принципиально разной механической компетентности битуминозных глинисто-карбонатных пород собственно баженовской свиты и генетически сопутствующих им “жестких” алевропесчаников. Их сонахождение в условиях неравномерного уплотнения неизбежно должно приводить к интенсивной разрушенности разреза (см. рис. 12г) и в итоге к формированию вторичных структур, называемых *дуплеками* [8]. На рис. 14 приведены некоторые типы дуплеков. Кстати, на данный механизм ссылаются и сотрудники СургутНИПИнефть, которые по керну восстанавливают достаточно сложную конфигурацию отложений баженовской свиты, нарушенную послонной тектоникой [32]. В рассмотренном ракурсе нетрудно увидеть тот факт, что тектоническими смещениями микшируется первичная седиментогенная природа АРБ. В частности, сочетанием именно этих двух факторов и обусловлена текстура образца, изображенного на рис. 11г.

Контакт тюменской и васюганской свит

Важнейшая процедура при изучении осадочных толщ состоит в ее разделении на отдельные (самостоятельные) слои, что подразумевает установление *границ* между таковыми. Эта процедура достаточно проста при наличии *резких изменений* между какими-либо параметрами, т.е. нарушения сплошности или плавности некоего поля (“резкостные” границы Ю.А. Косыгина [14]). Она значительно усложняется при плавной смене признаков, переходя в ряд “условных”, а также “произвольных” [14], и зависит при этом и от детальности выполняемого описания (это хорошо было видно в первом примере (см. рис. 4)).

Как правило, резкий контакт между слоями и (или) их комплексами, констатируется, по возможности детально изучается и служит хорошим индикатором для дальнейших реконструкций. В некоторых случаях тщательное изучение контактов между выделяемыми слоями позволяет реконструировать последовательность формирования отложений, т.е. восстановить седиментационный процесс по косвенным признакам. Полученная таким образом история одного из конкретных разрезов приведена на рис. 15. Конечно, подобная реставрация конкретных разрезов требует особенно детальных исследо-

Рис. 14. Формирование тектоногенного облика АРБ.

а – модель, иллюстрирующая влияние уплотнения: а – наблюдаемый разрез (M_6 – бажениды, M_n – песчаники); б – его реконструкция с учетом эпигенетического уплотнения при коэффициенте для песчаников 1.0 ($M'_n = M_n$), а баженидов – 2.0 ($M'_6 = 2M_6$); 1 – георгиевская свита, 2 – кровля баженовской свиты, 3 – битуминозные породы (бажениды), 4 – песчаники; б–г – моделирование процессов перемещения блоков [8, с. 342–344]; б – принципиальная схема перемещения аллохтона вдоль сместителя, пунктирная линия (а) – потенциальная поверхность сместителя, сплошная (б) – реализованная; в – компьютерная модель последовательного формирования складчато-надвиговой структуры (дуплекса) с тремя смыкающимися надвигами; а–г – этапы деформации; г – некоторые типы дуплеков, полученные с помощью компьютерного моделирования.

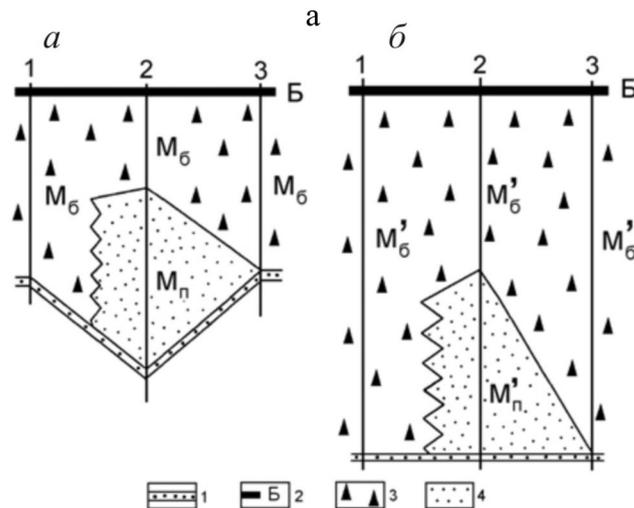
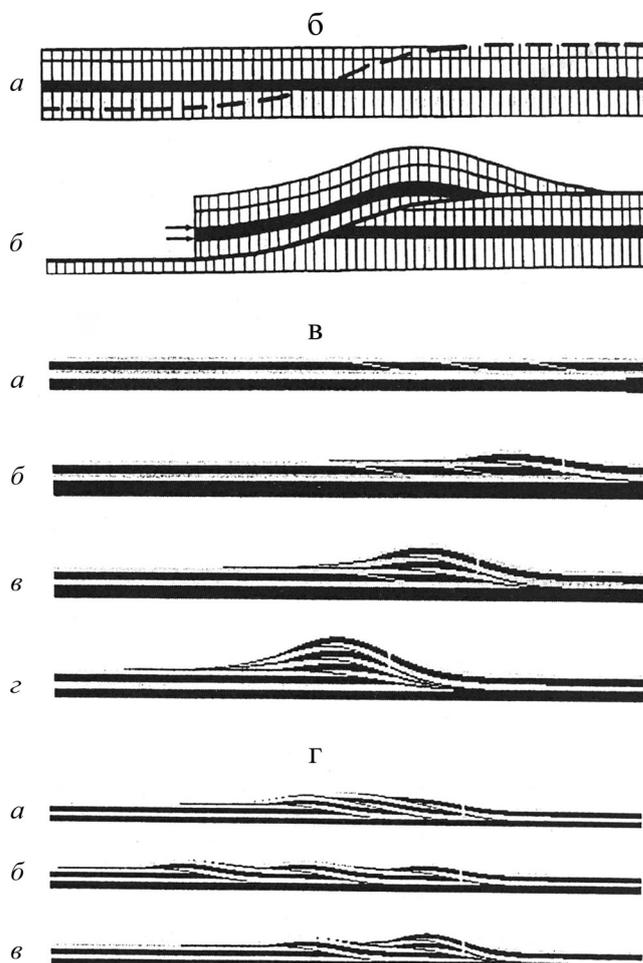


Fig. 14. Forming tectonogenic image of ASB.

а – model illustrating the effect of the compression: а – the observed column (M_6 – bazhenite, M_n – sandstones); б – its reconstruction with the sealing at the epigenetic factor 1.0 for sands ($M'_n = M_n$) and bazhenite – 2.0 ($M'_6 = 2M_6$); 1 – Georgievskaya suite, 2 – roof of Bazhenovo suite, 3 – bituminous rocks (bazhenite), 4 – sandstones; б–г – simulation of moving blocks [8, p. 342–344]; б – concept movements of allochthone along the fault plane, the dotted line (а) – a potential fault plane surface, solid (б) – implemented; в – computer model of the successive formation of fold-thrust structure (duplex) with three ganging thrusts; а–г – deformation steps; г – some types of duplexes obtained by computer simulation.



ваний и может реализовываться не в любых условиях (в рассматриваемом случае существенную помощь оказал конденсированный характер разреза).

Как было указано в разделе “методы исследования”, огромный положительный импульс изучение контактов получило при новых технологиях бурения нефтегазовых скважин, позволяющих получить полный выход керна в ненарушенном состоянии. Большое количество таких контактов, имеющих отчетливую стратиграфическую “нагрузку”, мы привели в работе по тюменской свите Шаимского нефтегазоносного района Западной Сибири [27]. В продолжение этих исследований приведем новые сведения, переводящие “точечную” характеристику контакта в полноценно объемный вид.

На рис. 16 приведено сканированное изображение образца, отобранного из контакта тюменской и васюганской свит (его положение см. на рис. 1). Здесь же выполнена реконструкция процесса накопления осадков, насчитывающая несколько этапов (а–з).

Этап а. Изначально тот осадок, который ныне наблюдается в нижней части образца, накапливался в значительно большем объеме, занимая не только его современное положение, но и продолжаясь существенно выше (что показано стрелкой). Он представлен мелкозернистым алевритом с примесью крупнозернистого алевритистого материала, с тонкой пологоволнистой, отчасти линзовидной слоистостью.

Можно предположить, что первоначальная толщина накопившихся и уничтоженных последующим срезанием осадков составляла около 5 м, что соответствовало завершению стадии раннего диагенеза.

Подобные представления основаны на результатах исследований отложений Сургутского свода,

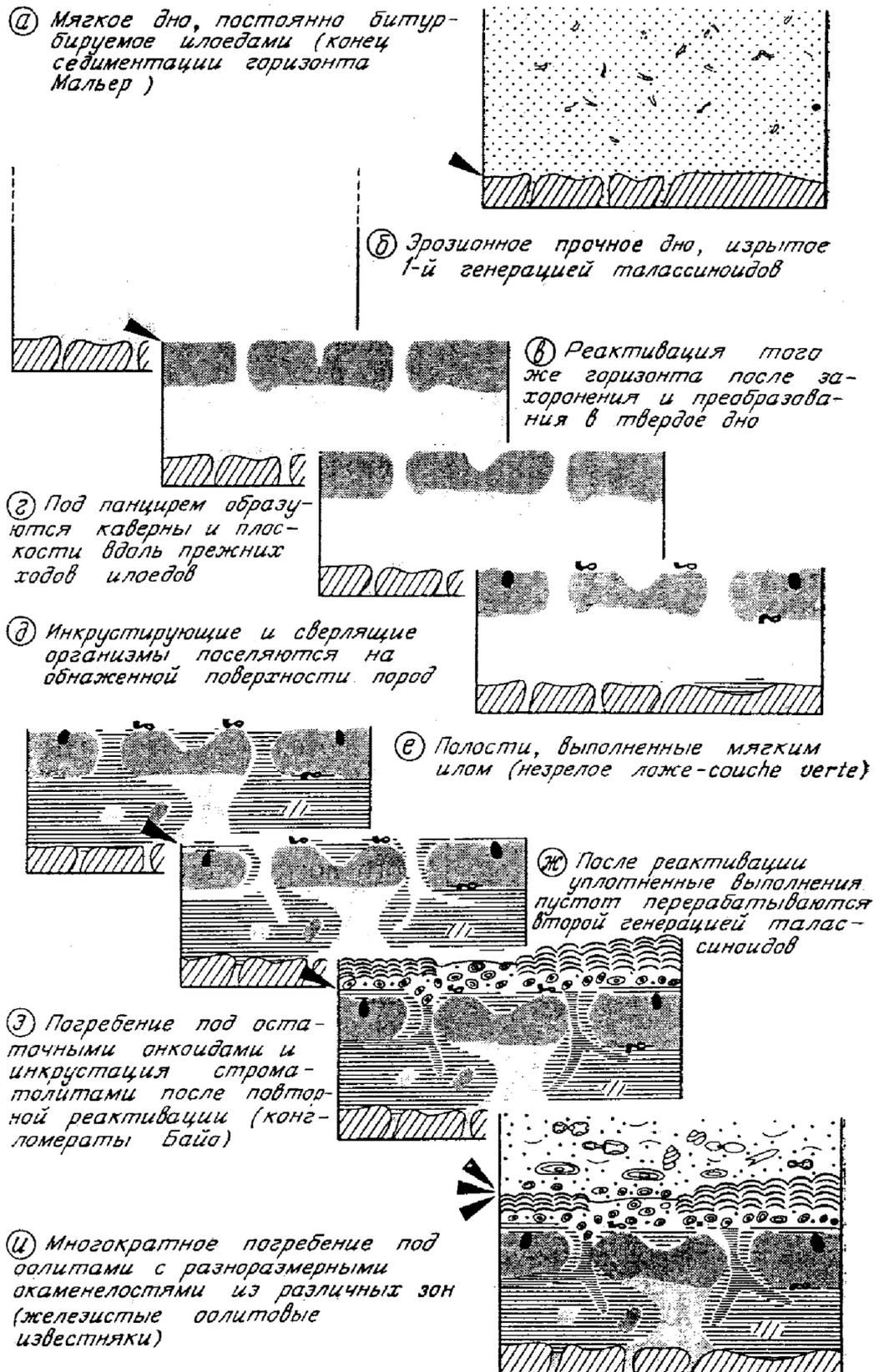


Рис. 15. Реконструкция истории среднеюрского конденсированного разреза по [44], с добавлениями А. Зейлахера [12].

Fig. 15. Reconstruction of the history of the Middle Jurassic section according to [44] with the addition of A. Seilacher [12].

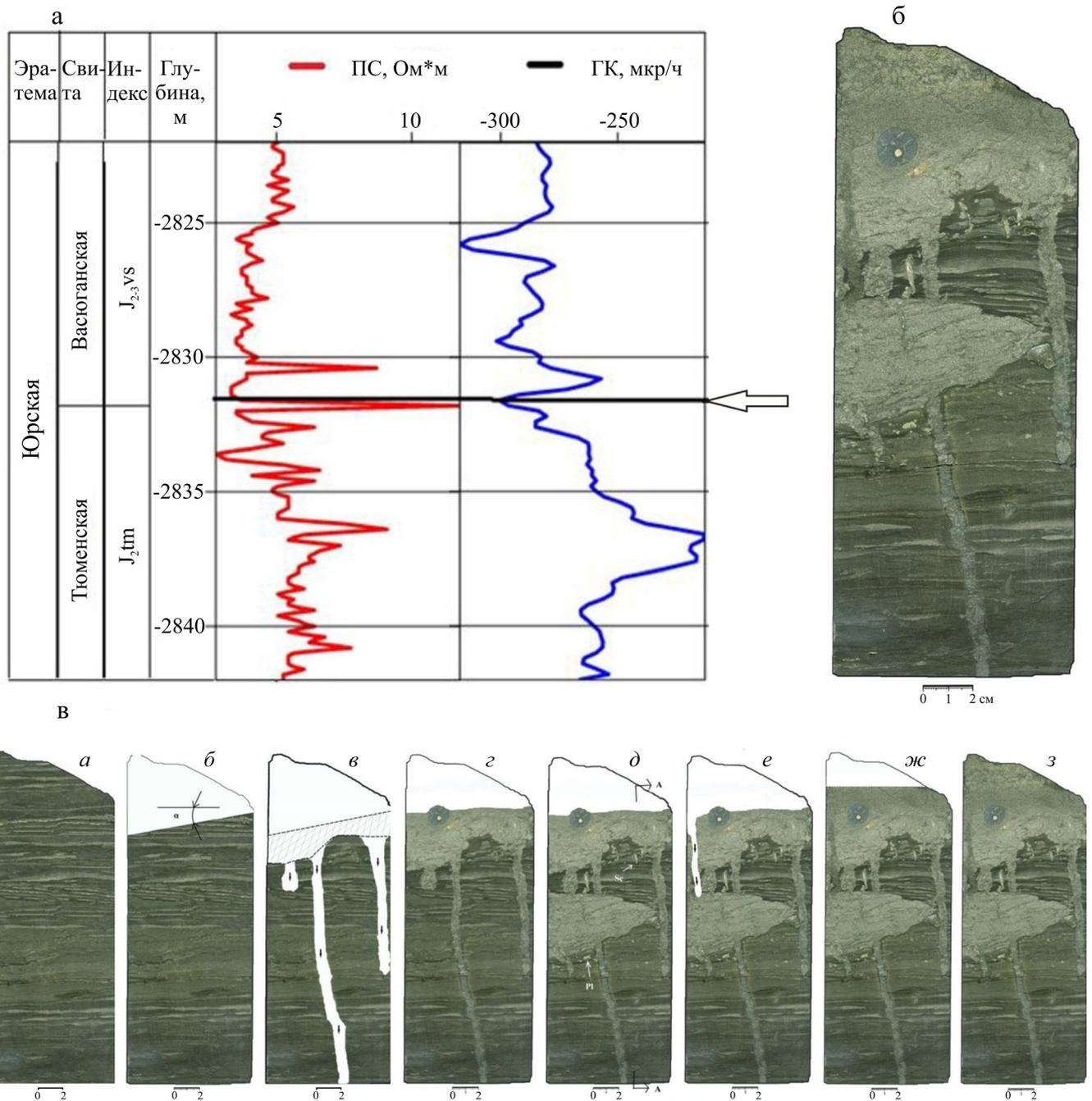


Рис. 16. Реконструкция условий осадконакопления для контакта тюменской и васюганской свит (положение скважины и горизонта показано на рис. 1, точка 4).

а – фрагмент скважины и место отбора образца (показано стрелкой); б – сканированное изображение образца; в – этапы формирования отложений (описание см. в тексте).

Fig. 16. Reconstruction of sedimentation conditions for contact Tyumen' and Vasyugan suites (the position of the well and the horizon is shown in Fig. 1, point 4).

а – fragment of well and the sampling location (arrow); б – the scanned image of the sample; в – formation stages of sediments (described see in the text).

изложенных в статье [21]. Укажем, что, несмотря на “почтенный” полувековой “возраст” данной работы, она продолжает часто использоваться в литературе

и содержит следующее важное положение: “Практически переход глинистых илов в пластичные осадки совершается скачкообразно, и это вполне согла-

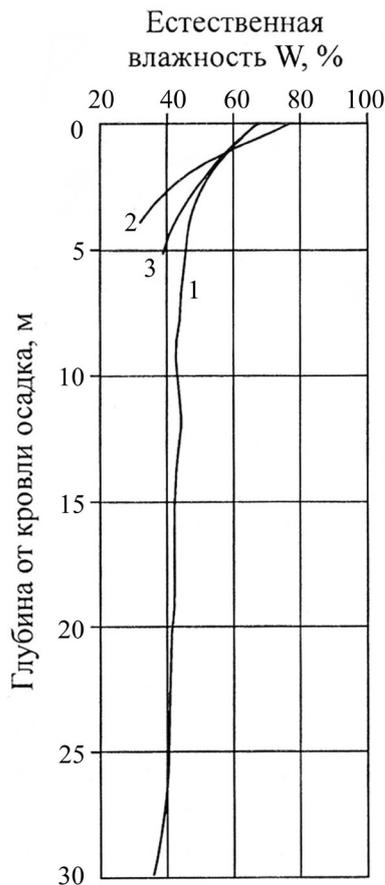


Рис. 17. Влажность илов ([21], с использованием работ О.В. Шишкиной (1959) и Ю.В. Мухина (1960)).

1 – Берингово море, 2 – Тихий океан, 3 – Черное море.

Fig. 17. Humidity silts ([21] with works by O.V. Shishkina (1959) and Ju.V. Mukhin (1960)).

1 – Bering Sea, 2 – Pacific Ocean, 3 – Black Sea.

суется с представлениями об их физическом состоянии. При изменении абсолютной пористости до определенного предела (35–40%) силы гидравлического выталкивания исчезают, и на уплотнение пород начинает влиять не только их собственный вес, но и вес воды в бассейне седиментации, что приводит к скачкообразному изменению давления. На рис. 17 видно, что в верхних четырех-пяти метрах осадка естественная влажность меняется очень быстро, уменьшаясь на расстоянии 1–2 м в 15–25 раз. Ниже градиент уменьшения пористости составляет всего 0.4% на 1 м. По-видимому, осадки ниже предела пластичности практически уже не перераспределяются при изменении уровня поверхности дна седиментационного бассейна, и величину абсолютной пористости их мы можем принять за тот первоначальный эталон, относительно которого следует рассматривать все последующие изменения” [21].

Отметим, что эти сведения по сути верифицируют представления о седиментогенной природе АРБ, изложенные в предыдущем примере. Действительно, для того чтобы сформировались уплотненные “бажениты”, которые при размыве дали остроугольные обломки, достаточно небольшое (естественно, по геологическим меркам) время. Оно вполне “вписывается” в промежуток между этапами *a* и *b* формирования АРБ (см. рис. 12). В ряде случаев размывы могли повторяться примерно на одном участке площади. В этом вполне вероятно участие изостатических процессов [13].

Возвращаясь к описанию образца, отметим, что принятие значения 5 м (разумеется, довольно условное), достаточного для последующего формирования в породе твердого дна (*hardground*), позволяет говорить о следующем. Время накопления такой толщины осадка, вполне вероятно, составило около 5 тыс. лет, при средней скорости осадконакопления 1 мм/год, или 10^3 Б (последнее детально обсуждалось выше).

Этап б. На этом этапе имел место эрозионный срез уже относительно уплотненного осадка (см. выше). Вначале сформировалась, скорее всего, ровная, возможно, слабонаклонная плоскость с углом α не больше первых градусов. Граница эрозионного среза в плоскости образца, вероятнее всего, была несколько выше наблюдающейся в современном состоянии, т.е. выше верхнего распространения нижнего слоя.

Этап в включает в себя два взаимосвязанных процесса. Один из них представляется дополнительной эрозией верхней части образца с формированием неровной, холмистой поверхности (показано штриховкой). Второй процесс – это образование следов-норок илоедов (*Skolithos*), сформировавшихся в процессе кормления древних червеобразных животных [19]. Эти неразветвленные следы располагаются в пласте параллельно друг другу и почти строго перпендикулярно плоскостям напластования. Норки-трубы слабоизогнутые, диаметром 3–6 мм, длиной от 20 до 180 мм и возможно больше (одна норка имеет продолжение на глубину вне образца керна). Стенки норок гладкие, неорнаментированные, местами неровные, мелкобугорчатые; входное отверстие воронкообразное. Перерыв в осадконакоплении был довольно значительным, что позволило сформироваться “твердому дну” (*hardground*).

Этап г знаменует началом седиментации перекрывающих отложений, представленных паховской пачкой (коллектор Ю₂⁰) [26]. Тем же материалом, существенно отличающимся от окружающего матрикса, заполняются ходы илоедов. Зафиксированные стенки ходов имеют не вполне четкие, извилистые границы, что подтверждает их заполнение в стадию позднего диагенеза (при раннем диагенезе они, скорее всего, были бы разрушены, а при

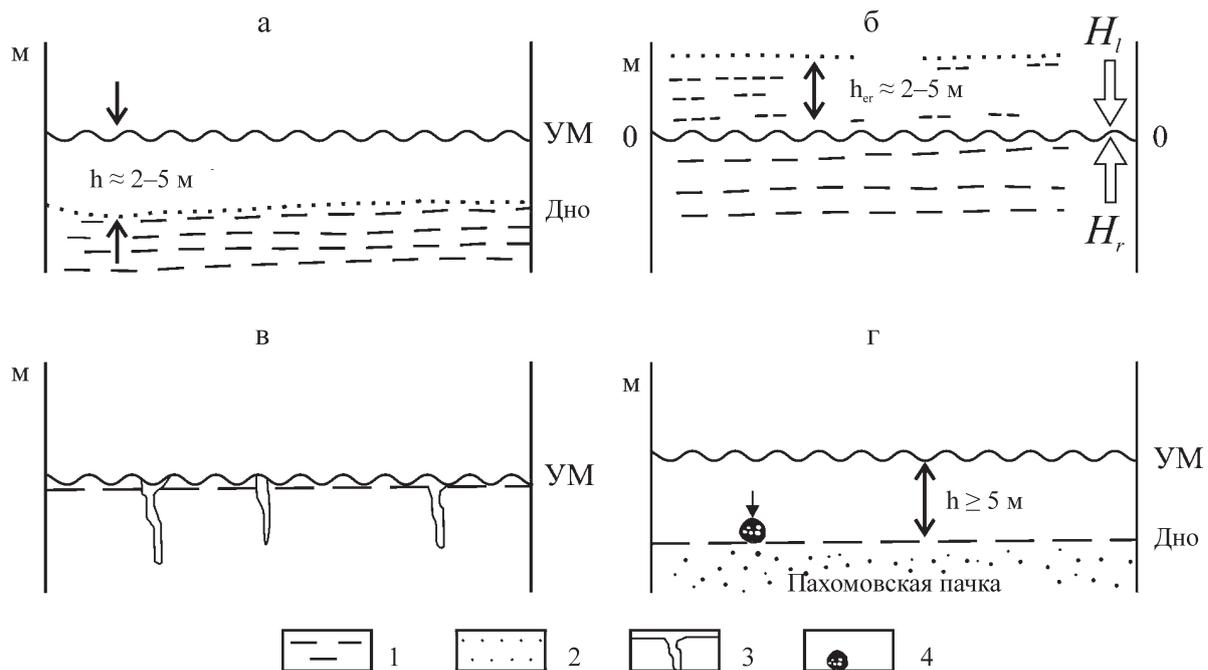


Рис. 18. Общая последовательность осадконакопления для образца, изображенного и детально реконструированного на рис. 16.

1 – тонкозернистые алевритовые осадки, 2 – песчаные осадки, 3 – ходы илоедов, 4 – ростр белемнита.

Fig. 18. The general sequence of sedimentation for the sample depicted and detailed reconstructed in Fig. 16.

1 – fine-grained silt deposits, 2 – sandy sediments, 3 – moves mud-eaters, 4 – belemnite rostrum.

эпигенезе – имели более ровные очертания). При завершении этапа на выровненную поверхность попал ростр белемнита (половина его погрузилась в мягкий грунт, а половина осталась не засыпанной осадком). Это хорошо фиксирует определенный небольшой временной перерыв в осадконакоплении (вероятнее всего, длительностью до года).

На *этапе д* происходит боковой “взлом” накопившихся осадков путем инъекции песчаного материала (показано стрелкой). При этом во вмещающий матрикс привносятся (внедряются) зерна и гальки разной окатанности, обычно со сглаженными углами и ребрами, разного размера. С этим же этапом связаны не крупные ходы *Planolithes* (Pl) и *Skolithos* (Sk). Небезынтересно, что рассмотрение последовательности накопления отложения по линии А–А якобы противоречит основополагающему принципу Стенона: более молодые отложения внедренной линзы оказываются ниже более древних (ранних) алевритовых. Однако принцип не отвергается, поскольку здесь мы имеем дело с нарушенным залеганием слоев.

Этап е фиксируется формированием новой генерации илоедов по значительно менее уплотненному осадку, о чем свидетельствуют неровные стенки норки. Это соответствует “мягкому дну” (softground), отличающемуся от “твердого дна”

(hardground) *этапа в*. Перерыв в осадконакоплении, соответственно, имел менее продолжительный характер, скорее всего, несколько лет и самое большее – первые десятки лет.

В *этапе ж* произошло заполнение песчаным материалом второй генерации норки илоедов, а также захоронение раковины белемнита. Сформировался слой песчаного, довольно плохо сортированного материала, с общей толщиной h , по всей вероятности несколько превышающей ту, которая наблюдается в нынешнем виде.

На последнем *этапе з* накапливается следующая серия песчаных осадков. Она завершает формирование образца в его реконструируемой части. Нижний контакт серии фиксирует небольшую эрозию (вероятнее всего, смыты буквально первые миллиметры нижележащего слоя). Время перерыва, скорее всего, составляет те же 1–2 года, что и для контакта *е*.

В сжатом виде историю осадконакопления, реставрированную для исследованного образца, можно представить следующим образом (рис. 18). Изначально происходило осаждение тонкозернистых алевритовых осадков (*этап а* на рис. 16в). Как показано на рис. 18а, оно реализовывалось при глубине от дневной поверхности, составляющей первые метры, в обстановке приберегового малопод-

вижного мелководья макрофации БП [2]. Далее, после накопления некоторой толщи, в результате либо подъема территории (H_1), либо опускания уровня приемного водоема (H_2), некоторая часть накопившихся осадков была эродирована на глубину h , по-видимому составляющую около 2–5 м (этап б на рис. 18, соответствующий такому же этапу б на рис. 16в). Последующая история формирования контакта, отраженная в этапе в на рис. 16в, схематично изображена на схеме рис. 18в. Начиная с этапа г и до этапа з (см. рис. 16в) осадконакопление происходит в изменившейся, более активной и относительно глубоководной обстановке макрофации подвижного мелководья БМ [2]. В сводном виде это показано на рис. 18г.

Возвращаясь к общей характеристике образца (см. рис. 16б), констатируем, что контакт, который на нем представлен, имея в стратиграфическом контексте “нулевую” толщину, при детальном рассмотрении располагает богатой и разноплановой историей. Между тем можно с большой долей вероятности предполагать, что время перехода от отложений собственно тюменской (нижняя часть образца) свиты до пахомовской пачки (верхняя часть), реконструированного в этапах б–ж (см. рис. 16в), было весьма невелико и не превышало первых десятков лет. Основная потеря времени имела место при размыве некоторой части накопившихся осадков (этапы б/а на рис. 16в и б на рис. 18). Как было указано выше, предположительно, это время составило 2–5 тыс. лет.

Контакт осадочного чехла с фундаментом

Осадочный комплекс Западно-Сибирской плиты почти повсеместно залегает на гетерогенных породах фундамента со стратиграфическим перерывом, а часто и с угловым несогласием. Это является общеизвестным фактом [26] и хорошо видно на рис. 16. Непосредственный контакт среднеюрских отложений тюменской свиты с породами фундамента для западной части ЗСП, в Шаимском НГР, в частности, детально разобран в работе [27]. В ней приведены фрагменты скважин с детальным фаціальным изучением этой части разреза по керну, а также изображения нескольких образцов керна, характеризующих непосредственный контакт. Был сделан вывод о широком проявлении его ингрессионного характера, при котором осадки заполняют уже сформированные в рельефе впадины, почти без разрушения пород фундамента.

Дополнительные данные о нижнем контакте осадочного комплекса ЗСП, уже для нижнеюрских отложений шеркалинской свиты, приведены в работе [29]. Они относятся к Западно-Тугровской площади, расположенной севернее Шаимского НГР, в пределах Краснотенской НГО. Здесь же находится и Березовский лицензионный участок, где ведет-

ся разведочное бурение. В одной из скважин контакт осадочного чехла с фундаментом охарактеризован керном: сканированное изображение образца приведено на рис. 19. На нем выделено 4 этапа его формирования.

Нижняя часть образца (этап 1) представлена серым алевроаргиллитом с туфогенной примесью массивной и нечетко слоистой текстурой. С высокой степенью вероятности он имеет средне-(поздне?) триасовый возраст, что основывается на соображениях регионально-геологического характера [35].

Отложения данного этапа, вне сомнений, занимали больший объем, чем наблюдаемый сейчас (аналогично этапу а для образца с контакта тюменской и васюганской свит; см. рис. 16, 18). Опять же о высоте срезанных впоследствии осадков мы можем судить лишь предположительно. С одной стороны, она была небольшой, если исходить из характера перекрывающих осадков (об этом ниже); с другой – достаточной, чтобы накопившийся осадок прошел стадию раннего диагенеза (см. рис. 17). Вероятно, по аналогии с рассмотренным в предыдущем примере образцом в линейном отношении это были те же первые метры, но во временном перерыв мог достигать десятков и даже сотен тысяч лет.

Особый интерес, безусловно, вызывает непосредственный контакт, обозначенный двойной стрелкой. К сожалению, он физически нарушен, но даже при следах склейки дает важную информацию. Прежде всего она касается *зарастания поверхности, подготовленной под последующее осадконакопление*. Именно благодаря такому зарастанию нижележащий слой буквально пронизан корневой системой многолетней кустарниковой растительности. Благодаря этому он имеет своеобразную “комковатую” текстуру, которую горняки Донбасса образно называют “кучерявчиком”, легко распознавая под данным термином подошву (почву) угольного пласта.

Породы с абсолютно идентичной текстурой широко представлены в атласе, сопровождающем работу П.П. Тимофеева по юрским отложениям юго-востока ЗСП [31]. Здесь они характеризуют макрофацию отложений заболочивающихся речных долин, аллювиально-дельтовых и прибрежно-морских равнин (ОП). Именно обилие корневых остатков, формирующих в том числе “текстуры протыкания”, является важным идентификационным признаком данных отложений.

Применительно к рассматриваемому образцу можно уверенно полагать, что зарастанием поверхности “твердого дна” (hardground) [19] была подготовлена “ванна” для ее заполнения терригенным материалом. Это произошло практически без размыва, хотя “нанобазальный” горизонт в образце все же имеется. Это этап 2 в строении образца, часть которого на рис. 19 приведена в увеличенном виде справа. В целом в плоскости образца имеется три почти неокатанные призматические гальки

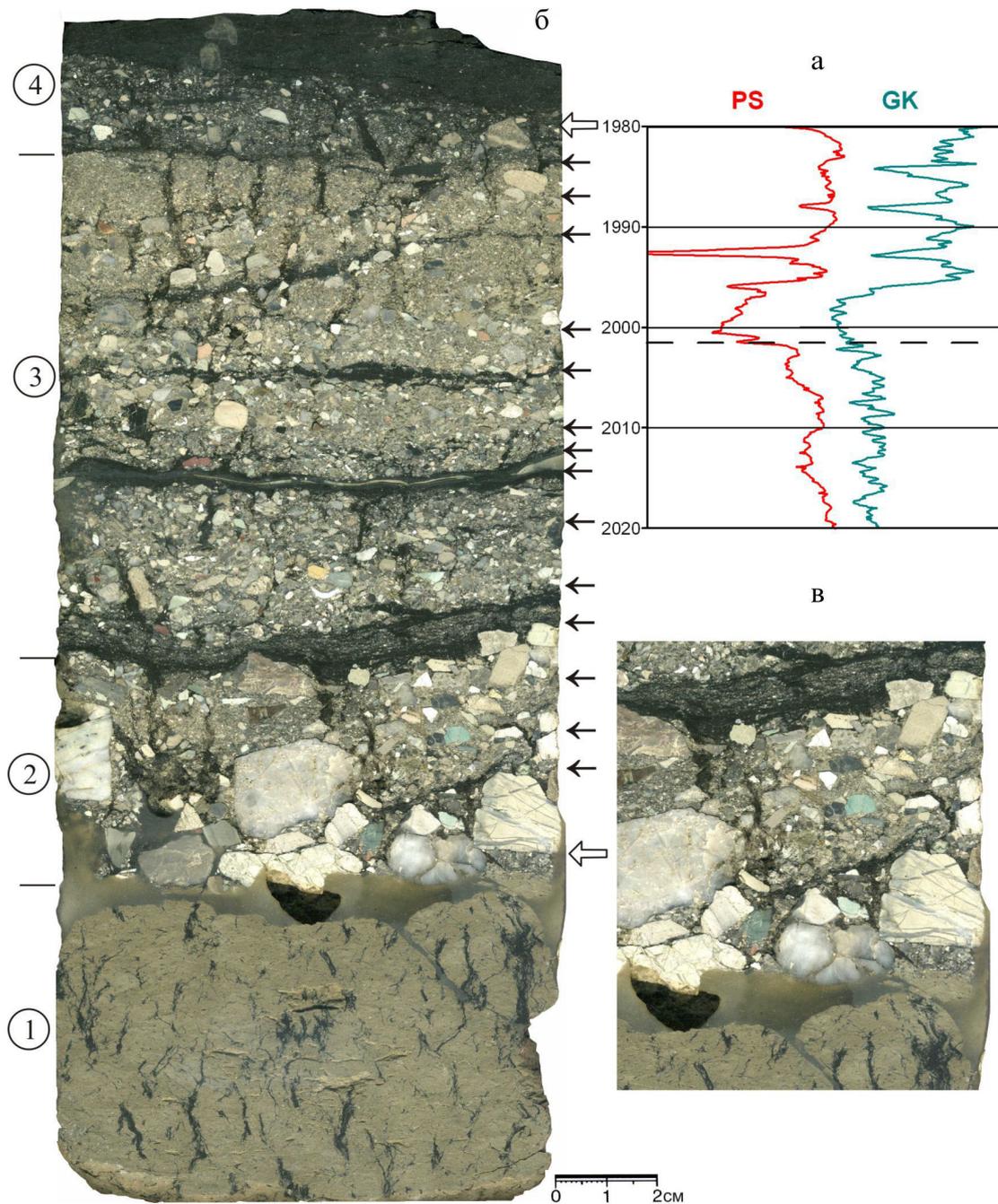


Рис. 19. Сканированное изображение образца ядра, отобранного на контакте осадочного чехла с фундаментом (положение скважины и горизонта см. на рис. 1, точка 5).

а – фрагмент колонки скважины (место отбора образца показано пунктирной линией); б – образец, по правому срезу которого стрелками показаны уровни заболачивания, с годичной повторяемостью, слева (цифры в кружках) – этапы, описание которых выполнено в тексте; в – фрагмент в увеличенном масштабе (синхронизация с основным изображением по двойной стрелке).

Fig. 19. The scanned image of the core sample, selected at the contact of the sedimentary cover with the base (the position of the well and the horizon see in Fig. 1, point 5).

а – a fragment of a column of the well (the place of sampling indicated by the dotted line); б – a sample in which the arrows on the right slice shows the levels of waterlogging, with annual recurrence, left (numbers in circles) – steps described in the text; в – fragment in enlarged scale (synchronization with the main image by the double arrow).

кварца размером до 2 см, довольно большое количество остроугольных частиц гравийной размерно-

сти (1–5 мм) преимущественно кварцевого состава. Это свидетельствует об относительно близлежа-

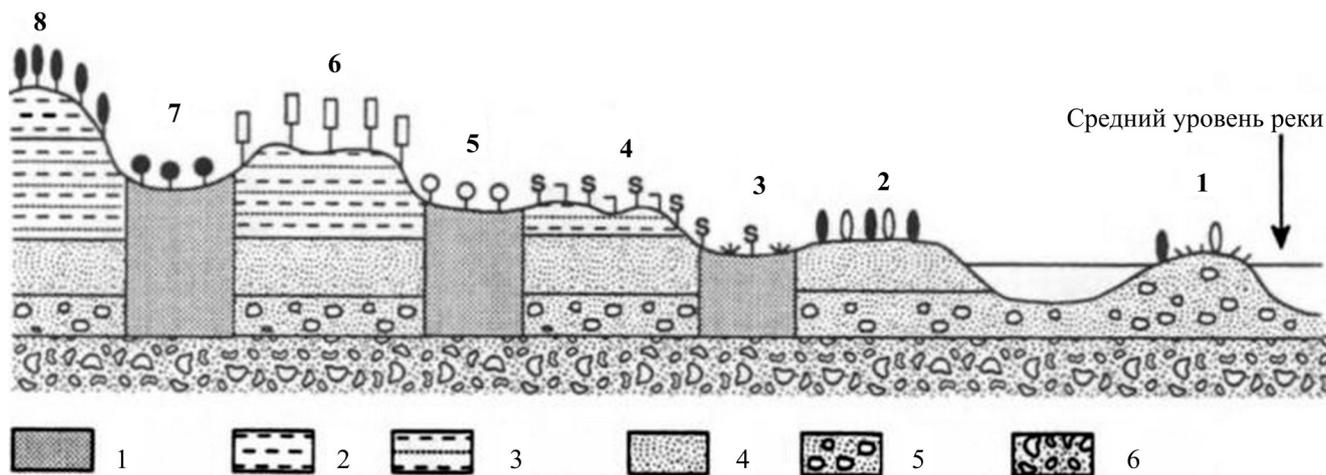


Рис. 20. Схематический внемасштабный разрез поймы верхнего течения р. Роны в ее разветвленной части.

Группа 8 расположена в 2–3 м над уровнем грунтовых вод, ширина равнины достигает 1500 м по обе стороны русла [47]. 1 – алевритистые глины, 2 – алевриты, 3 – алевриты и пески, 4 – пески, 5 – галечники, 6 – гравий.

Fig. 20. Schematic cross-section (not to scale) across the alluvial floodplain of the French Upper Rhone in the braided sector.

Group 8 is situated 2–3 m above the level of the permanent watertable, and the width of the plain reaches 1500 m on both sides of the active channel [47]. 1 – silty clay, 2 – silts, 3 – silts and sands, 4 – sands, 5 – bench pabbly, 6 – gravel.

щем размыве кварцевой жилы, скорее всего приуроченной к интрузии кислого состава. Вполне вероятно, что эти зерна и обломки были вначале неоднократно переложены временными потоками типа мелких горных рек, а на место захоронения принесены достаточно сильным паводком.

Уже во время формирования этапа 2 намечается периодическое зарастание рассматриваемого (в плоскости образца) участка осадконакопления. Оно особенно четко фиксируется корневыми остатками, верхние части которых *посезонно* либо закрепляются, либо срезаются новым поступлением терригенного материала. В целом второй этап завершается минизаболачиванием (наилком), реализованном в виде сплошного 3–7-миллиметрового слоя алевролита с повышенным содержанием растительной органики.

Такая же, но более четко выраженная периодичность присуща и этапу 3 (см. рис. 19). В нем довольно уверенно выделяется до 9 слоев, сложенных плохо сортированным разнозернистым песчаным материалом. Верхние части каждого третьего слоя «запечатываются» наилками – мелким алевролитом с большим содержанием растительной органики. Эти интервалы, естественно, характеризуются более устойчивой растительностью, в них прослеживаются более толстые и лучше сохранившиеся корневые остатки. В целом данный этап является хорошей иллюстрацией осадконакопления в условиях флювиальной области с некоторым перепадом высот в недалекой области сноса. В [2] эти отложения отнесены к алеврито-песчаным осадкам

потоковых конусов выносов в озера (КПО). Соотношение этапов 2 и 3 для исследуемого образца достаточно сходно с этапами 1 и 2 соответственно, изображенными на рис. 20, который иллюстрирует развитие растительности в аллювиальных областях. Попутно отметим, что приведенная схема отражает только принципиальное соотношение выделяемых блоков. В действительности самые высокие из них находятся в центре флювиальной долины, а самые низкие – в ее краевых частях [47]. Такое дополнение особенно ярко высвечивается именно для начального этапа вовлечения территории ЗСП в процессе осадконакопления [34 и др.].

С седиментологической позиции особо подчеркнем, что в условиях весьма высокой гидродинамики несущего потока шансов сохраниться у корневых остатков, тем более в слабоконсолидованном субстрате, было весьма немного. Это иллюстрирует рис. 21 по итогам натуральных экспериментов с закреплением растительностью песчаных тел. Как видно из него, растения либо вырываются с корнем сразу (тип I), либо после предварительного разрушения субстрата (тип II). В нашем же случае корневые остатки сохранили прижизненное положение *in situ*, несмотря на активную и притом меняющуюся (!) гидродинамику потока.

Наконец, этап 4 формирования образца (см. рис. 19), представленного преимущественно мелкозернистым алевролитом с довольно высоким содержанием рассеянной растительной органики, характеризует процесс неустойчивого заболачивания. Судя по наблюдаемой части образца, он знаменует пе-

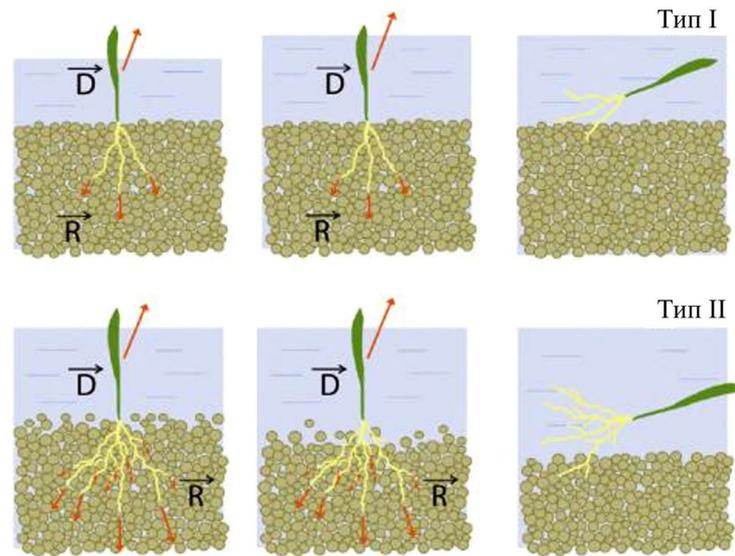


Рис. 21. Два основных типа (механизма) эрозии корневых остатков [42].

Натурные эксперименты (D – направление потока, R – корневая система).

Fig. 21. The two main types (mechanisms) of root residues erosion [42].

Field experiments (D – direction of the flow, R – the root system).

реход от песчано-глинистых осадков шлейфов конуса выноса (КПШ) к глинисто-алевритовым слабоуглистым осадкам застойных и слабопроточных участков зарастающих озер (ОЗО) [2]. При этом определенная доля проточности (хоть и ослабевшей) фиксируется редкими различно окатанными зернами песчаной и даже гравийной размерности, а зарастание – теми же корневыми остатками, имеющими больший диаметр (средняя часть образца).

Продолжим применительно к данному образцу рассуждения о скорости осадконакопления, начатые выше, при характеристике “неокомского” образца (см. рис. 6). Как показано на рис. 19, для этапов 2 и 3 с суммарной толщиной 14 см можно со значительной долей уверенности выделить 14 “микрогоризонтов”, зафиксировавших зарастание поверхности осадконакопления корневыми остатками. Для дальнейших рассуждений весьма важно сравнение корневых остатков, пронизывающих нижний интервал образца (этап 1 на рис. 19) и его основной части (этапы 2 и 3). Для первого, несомненно, достаточно длительное произрастание растительности – предположительно, в течение нескольких лет. Для всех же остальных, показанных стрелками по крайнему срезу образца, *годовая* длительность выделенных “микрогоризонтов” или довольно толстых слойков, закрепленных корневыми остатками, представляется нам бесспорной. Действительно, с одной стороны, растение (не травяного, но и не древесного, а именно кустарникового типа) должно было нарастить достаточно мощную и устойчивую корневую систему.

На это вполне было достаточно одного сезона в гумидном климате. С другой же стороны, привнос новой порции материала чаще всего (но не всегда!) уничтожал само растение. Этим сочетанием и объясняется как пронизывание некоторыми корнями по несколько слойков, так и непереносное латеральное смещение местоположения большинства сохранившихся корневых остатков при формировании очередного слойка.

Принимая такую годовичность, определим, что скорость именно осадконакопления, т.е. закрепления осадков в разрезе, составила 10 мм/год, или 10^4 Б. Это вполне соответствует скорости формирования современных озерно-алювиальных отложений [15]. Двухпорядковое отличие от темпов приращивания осадочных пород, “снимаемых с разрезов” (см. выше), объясняется наличием в осадочных толщах диастем и гиатусов, которые в рассматриваемом образце отсутствуют. Отметим, что для похожих озерных образцов, отобранных из тюменской свиты, скорость осадконакопления была определена в 3.5 мм/год, или $3.5 \cdot 10^3$ Б [34]. Трехкратное увеличение скорости для рассматриваемого образца, несомненно, верифицирует выполненные расчеты, поскольку в приведенном примере речь идет о более “скоростной” обстановке осадконакопления.

ВЫВОДЫ

В представленной статье мы постарались показать всю возможность “штучного” (образно выражаясь) подхода к изучению отдельных образцов

керна, что было обозначено в методике исследований (см. рис. 2в). Использование такого анализа для нескольких образцов, отобранных из разных горизонтов Западно-Сибирского осадочного бассейна, позволило:

– взглянуть через призму текстур смещающейся и восходящей ряби на общую проблему формирования нижнемеловых отложений Широкого Приобья (неокомских клиноформ);

– детализировать представления о специфических условиях формирования аномальных разрезов баженовской свиты (в том числе с дезавуированием упрощенно-турбидитовой концепции);

– реконструировать условия седиментации на границе тюменской свиты и васюганского горизонта с разветвленной стратиграфической границы “нулевой” толщины в объемный временной процесс;

– детально рассмотреть историю формирования начального этапа формирования осадочного чехла, фиксируемую в поэтапной смене растительного покрова;

– определить для двух из указанных выше этапов скорость закрепления осадков, составляющую 2–10 мм/год, что в целом подтвердило выполненные ранее расчеты [1, 34].

Приведенные сведения, по нашему мнению, могут внести свою скромную лепту в общую картину геологического мировидения применительно к мезозойским отложениям Западной Сибири. Как уже отмечалось выше, они вполне соответствуют голографическому принципу, согласно которому, Вселенная “... представляет собой гигантскую голограмму, где даже самая крошечная часть изображения несет информацию об общей картине бытия и где все, от мала до велика, взаимосвязано и взаимозависимо” [30]. Не вдаваясь в сложнейшую физическую сущность этого явления, остановимся на том, что в сугубо утилитарном виде изучение крупных геологических тел “в образце” может принести немалую пользу для познания их сущностной природы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.П. (2006) Литологические этюды. Екатеринбург: УГГУ, 149 с.
2. Алексеев В.П. (2007) Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). Екатеринбург: УГГУ, 209 с.
3. Алексеев В.П. (2013) Нелинейно-литологические эссе. Екатеринбург: УГГУ, 250 с.
4. Алексеев В.П. (2014) Атлас субаквальных фаций нижнемеловых отложений Западной Сибири (ХМАО–Югра). Екатеринбург: УГГУ, 284 с.
5. Алексеев В.П., Манзина А.И., Медведева Т.Ю., Сметанин А.Б., Толмачев Е.О. (2007) Некоторые штрихи к реконструкциям условий формирования аномальных разрезов баженовской свиты. *Литология и геология горючих ископаемых*. I (17). Екатеринбург: УГГУ, 135-147.
6. Ботвинкина Л.Н. (1965) Тектурный анализ и перспективы его развития. *Литология и полез. ископаемые*. (2), 5-18.
7. Волков В.А. (2014) О глубинах баженовского и неокомского морей и механизме образования неокомских клиноформ. *Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО – Югры: мат-лы 17-й науч.-практ. конф. Т.1*. Ханты-Мансийск: ИздатНаукСервис, 98-109.
8. Гончаров М.А., Талицкий В.Г., Фролова Н.С. (2005) Введение в тектонофизику. М.: КДУ, 496 с.
9. Гурари Ф.Г. (2003) Строеие и условия образования клиноформ Западно-Сибирской плиты (история становления представлений). Новосибирск: СНИИГГиМС, 141 с.
10. Залесский М.Д. (1915) Естественная история одного угля. *Тр. Геол. комитета. Нов.сер.* 139, 74 с.
11. Захаров В.А., Сакс В.Н. (1983) Баженовское (волжско-берриасское) море Западной Сибири. *Палеобиография и биостратиграфия юры и мела Западной Сибири*. М.: Наука, 5-32.
12. Зейлахер А. (1985) Общие замечания о событийных отложениях. *Циклическая и событийная седиментация*. М.: Мир, 161-173.
13. Конторович В.А., Лапковский В.В., Лунев Б.В. (2014) Модель формирования неокомского клиноформного комплекса. *Геология нефти и газа* (1), 65-72.
14. Косыгин Ю.А. (1983) Тектоника. М.: Недра, 536 с.
15. Кукал Зд. (1987) Скорость геологических процессов. М.: Мир, 246 с.
16. Кунин Н.Я., Сафонов В.С., Луценко Б.Н. (1995) Основы стратегии поисков месторождений нефти и газа (на примере Западной Сибири). М.: ОИФЗ РАН. Ч. 1. 132 с.
17. Лисицын А.П. (1988) Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М.: Наука, 306 с.
18. Марченко Е.А., Шилова Ю.В. (2010) Использование геолого-статистического анализа для прогноза фациальной характеристики разреза. *Нефть. хозяйство* (2), 30-33.
19. Микулаш Р., Дронов А. (2006) Палеоихнология – введение в изучение ископаемых следов жизнедеятельности. Прага: Геол. ин-т Академии наук Чешской респ., 122 с.
20. Муромцев В.С. (1984) Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. Л.: Недра, 260 с.
21. Нестеров И.И. (1965) Уплотнение глинистых пород. *Сов. геология* (12), 69-80.
22. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири (1994). Вып. 2: Западно-Сибирский бассейн. Новосибирск: ЛИГТМ СО РАН, 201 с.
23. Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция (2004) М.: Науч. мир, 526 с.
24. Предтеченская Е.А., Сапьяник В.В., Кроль Л.А., Насонова Н.В., Сузов П.В. (2012) Опыт применения материалов ГИС для реконструкции условий формирования доманикитов (на примере баженовской свиты Центрального Приобья). *Фациальный анализ в нефтегазовой литологии*. Томск: ТПУ, 137-147.
25. Путь в синергетику. Экскурсы в десяти лекциях (2005) М.: КомКнига, 304 с.

26. Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири (2004). Новосибирск: СНИИГГиМС, 114 с.
27. Состав и генезис отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь) (2010). Екатеринбург: УГГУ, 257 с.
28. Стадников Г.Л. (1957) Глинистые породы. М.: АН СССР, 375 с.
29. Стратиграфия и палеогеография мезозойско-кайнозойского чехла Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь) (2010). Екатеринбург: УГГУ, 257 с.
30. Талбот М. (2004) Голографическая Вселенная. М.: Изд. дом "Серия", 368 с.
31. Тимофеев П.П. (1969) Геология и фации юрской угленосной формации Южной Сибири. М.: Наука, 556 с.
32. Трофимова Е.Н., Алексеева Е.В., Артюшкина Е.В., Быкова Р.А., Дроздова И.А., Дякина А.В., Медведева Е.А., Цесарж И.Л. (2014) Деформации горных пород, которые нужно учитывать при корреляции пластов и моделировании залежей месторождений (по материалам макроизучения керн в разрезах месторождений Западно-Сибирской территории деятельности ОАО "Сургутнефтегаз". *Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры: мат-лы 17-й науч.-практ. конф. Т. 2.* Ханты-Мансийск: ИздатНаукСервис, 220-233,
33. Трофимова Е.Н., Алексеева Е.В., Усманов И.Ш., Куриленкова Г.А., Медведева Е.А., Карлов А.М. (2008) Макроизучение керн. К вопросу о формировании аномальных разрезов баженовской свиты и клиноформного строения неокомского комплекса. *Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры: мат-лы 11-й науч.-практ. конф. Т. 1.* Ханты-Мансийск: ИздатНаукСервис, 240-259.
34. Угленасыщенность, петрографический состав и метаморфизм углей тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). (2006) Екатеринбург: УГГУ, 158 с.
35. Федоров Ю.Н., Иванов К.С., Садыков М.Р., Печеркин М.Ф., Криночкин В.Г., Захаров С.Г., Краснобаев А.А., Ерохин Ю.В. (2004) Строение и перспективы нефтегазоносности доюрского комплекса территории ХМАО: новые подходы и методы. *Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО: мат-лы 7-й науч.-практ. конф. Т. 1.* Ханты-Мансийск: ИздатНаукСервис, 79-90.
36. Федоров Ю.Н., Лебедев А.И., Алексеев В.П., Журавлева Д.Д., Красковская Т.Ф. (2008) Состав и генезис меловых отложений Большехетской впадины (Западно-Вадинская площадь). *Состояние, тенденции и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири.* Тюмень: ЗапСибНИИГГ, 174-181.
37. Федоров Ю.Н., Лебедев А.И., Алексеев В.П., Пудовкина М.А., Амон Э.О. (2007) О границах некоторых стратиграфических подразделений Большехетской мегасинеклизы (северо-восток Западной Сибири). *Состояние, тенденции и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири.* Тюмень: ЗапСибНИИГГ, 183-190.
38. Формация черных сланцев и связанные с ними оползневые явления. (2011) [www.petrogloss.narod.ru/Link News.html](http://www.petrogloss.narod.ru/Link%20News.html), 700-749.
39. Шилов Г.Я., Джафаров И.С. (2001) Генетические модели осадочных и вулканогенных пород и технология их фациальной интерпретации по геолого-геофизическим данным. М.: ВНИИ геосистем, 394 с.
40. Ashley G.M., Southard I.B., Boothroyd I.C. (1982) Deposition of climbing-ripple beds: a flume simulation. *Sedimentol.* **29**, 67-73.
41. Baird G.C., Brett C.E. (1991) Submarine erosion on the anoxia sea floor: stratigraphic, paleoenvironmental and temporal significance of reworked pyrite-bearing deposits. Modern and Ancient Continental Shelf Anoxia. *Geol. Soc. Spec. Publ.* **58**, 233-257.
42. Edmaier K., Crouzy B., Perona P. (2014) Flow-induced uprooting of young vegetation on river bedforms. *River Flow*, 461-466.
43. Ettenson F.R., Lierman R.T., Mason C.E. (2009) Upper Devonian-Lower Mississippian clastic rocks in northeastern Kentucky: Evidence for Acadian alpine glatiation and models for source-rock and reservoir development in the eastern United States. *Amer. Inst. Prof. Geol.-Kentucky Section.* Apr. 18. 59 p.
44. Fürsich F. (1971) Hartgründe und Kondensation im Dogger von Calvados. *N. Ib. Geol. Paläont., Abh.* **138**, 313-342.
45. Hunter R.E. (1977) Terminology of cross-stratified sedimentary layers and climbing-ripple structures. *J. Sedimentol. Petrol.* **47** (2), 697-706.
46. Lamb M.P., Myrow P.M., Lukens C., Houck K. and Strauss I. (2008) Deposits from wave-influenced turbidity currents: Pennsylvanian Minturn Formation, Colorado, U.S.A. *J. Sedimentol. Res.*, **78**, 480-498.
47. Large A.R.G., Pautou G., Amoros C. (1996) Primary production and primary products. *Fluvial Hydrosystems.* Ch. 6. Charman and Hall, 117-136.
48. McKee E.D. (1965) Experiments in ripple lamination. *Soc. Econ. Paleontol. Miner., Tulsa.* (12), 66-83.
49. Mutti E., Tinterri R., Benneveti G., di Biase D., Cavanaugh G. (2003) Deltaic, mixed and turbidite sedimentation of ancient foreland basins. *Marine Petroleum Geol.* **20**, 733-755.
50. Myrov P.M., Lamb M., Lukens C., Houck K., Kluth Ch., Parsons I. (2004) Hyperpycnal wave-modified turbidites of the Pennsylvanian Minturn Formation, north-central Colorado. *Geol. Soc. Amer. Field Trip Guide.* 28 p.
51. Serra O. (1985) Sedimentary Environments from Nireline Logs. Schlumberger. Houston, 211 p. (неизданный рус. перевод на сайте Lithology.ru)
52. Walker R.G. (1984) Turbidites and associated coarse clastic deposits. Facies Models. *Toronto, Geosci. Can. Reprint Ser.*, 171-188.

Episodes of the geological evolution of West Siberia Mesozoic deposits in the core samples

V. P. Alekseev, E. A. Averyanova, A. V. Grachev, A. J. Karaev,
V. A. Lipyanina, A. V. Pavlova

Ural state mining University

The article outlines five intervals of the wells drilled in Western Siberia, and covering the major part of the section (from lower Jurassic to lower Cretaceous). A detailed study of individual core samples permit to elaborate the common notions about the conditions of deposits formation. Implemented the holographic principle, recommended for use in a visual-practical purposes. For two intervals defined speed sedimentation, as 3.5–5 mm/year.

Key words: oil and gas lithology, Western Siberia, well columns, core samples, the rate of sedimentation, the holographic principle.

REFERENCES

- Alekseev V.P. (2006) Litologicheskie etjudy [Lithology studies]. Ekaterinburg: UGGU, 149 s. (in Russian)
- Alekseev V.P. (2007) Atlas fatsiy jurskikh terrigenykh otlozheniy (uglenosnye tolshchi Severnoy Evrazii) [Atlas facies of Jurassic clastic sediments (carboniferous deposits of Northern Eurasia)]. Ekaterinburg: UGGU, 209 s. (in Russian)
- Alekseev V.P. (2013) Nelineyno-litologicheskie esse [Nonlinear lithological essays]. Ekaterinburg: UGGU, 250 s. (in Russian)
- Alekseev V.P. (2014) Atlas subakval'nykh fatsiy nizhnemelovykh otlozheniy Zapadnoy Sibiri (KHMAO–Jugra) [Atlas subaqueous facies of Lower Cretaceous deposits of Western Siberia (Khanty-Mansiysk–autonomous region Yugra)]. Ekaterinburg: UGGU, 284 s. (in Russian)
- Alekseev V.P., Manzina A.I., Medvedeva T.Iu., Smetanin A.B., Tolmachev E.O. (2007) Nekotorye shtrihi k rekonstruktsijam usloviy formirovaniya anomal'nykh razrezov bazhenovskoy svity [Some features to the reconstruction of abnormal sections of Bazhenovo Formation]. *Litologija i geologija gorjuchikh iskopaemykh. I (17)*. Ekaterinburg: UGGU, 135-147. (in Russian)
- Botvinkina L.N. (1965) Teksturnyy analiz i perspektivy ego razvitiya [Texture analysis and prospects of its development]. *Litologija i poleznye iskopaemye. (2)*, 5-18. (in Russian)
- Volkov V.A. (2014) O glubinakh bazhenovskogo i neokomskogo morey i mehanizme obrazovaniya neokomskikh clinoforn [About depths of Bazhenovo and Neocomian seas and the mechanism of Neocomian clinoforn formation]. *Puti realizatsii neftegazovogo i rudnogo potentsiala KHMAO–Jugry: mat-ly 17-j nauchno-prakt. konf. T. 1*. Hanty-Mansiysk: IzdatNaukServis, 98-109. (in Russian)
- Goncharov M.A., Talitkiy V.G., Frolova N.S. (2005) Vvedenie v tektonofiziku [Introduction to the tectonophysics]. Moscow: KDU, 496 s. (in Russian)
- Gurari F.G. (2003) Stroenie i uslovija obrazovaniya clinoforn Zapadno-Sibirskoy plity (istorija stanovleniya predstavleniy) [The structure and conditions of clinoforn formation in West-Siberian plate (history of formation of conceptions)]. Novosibirsk: SNIIGGiMS, 141 s. (in Russian)
- Zaleskiy M.D. (1915) Estestvennaja istorija odnogo uglja [Natural history of certain coal]. *Trudy Geologicheskogo komiteta. Novaja serija*. 139, 74 s. (in Russian)
- Zaharov V.A., Saks V.N. (1983) Bazhenovskoe (volzhsko-berriasskoe) more Zapadnoy Sibiri [Bazhenovo (Volga-Berriasian) Sea of Western Siberia]. *Paleobiografija i biostratigrafija jury i mela Zapadnoy Sibiri*. Moscow: Nauka, 5-32. (in Russian)
- Zeylakher A. (1985) Obshchie zamechanija o sobytnykh otlozhenijakh [General remarks on the event-related deposits]. *Tsiclicheskaja i sobytnaja sedimentatsija*. Moscow: Mir, 161-173. (in Russian)
- Kontorovich V.A., Lapkovskiy V.V., Lunev B.V. (2014) Model' formirovaniya neokomskogo clinofornnogo kompleksa [Formation model of Neocomian wedge-like complex]. *Geologija nefti i gaza (1)*, 65-72. (in Russian)
- Kosygin Iu.A. (1983) Tektonika [Tectonics]. Moscow: Nedra, 536 s. (in Russian)
- Cookal Zd. (1987) Skorost' geologicheskikh protsessov [The rate of geological processes]. Moscow: Mir, 246 s. (in Russian)
- Kunin N.Ia., Safonov V.S., Lutsenko B.N. (1995) Osnovy strategii poiskov mestorozhdeniy nefti i gaza (na primere Zapadnoy Sibiri) [Basics of Search Strategies fields of oil and gas (on example of Western Siberia)]. Moscow: OIFZ RAN. Ch. 1. 132 s. (in Russian)
- Lisitsyn A.P. (1988) Lavinnaja sedimentatsija i pereryvy v osadkonakoplenii v morjakh i okeanakh [Avalanche sedimentation and breaks in sedimentation in seas and oceans]. Moscow: Nauka, 306 s. (in Russian)
- Marchenko E.A., Shilova Iu.V. (2010) Ispol'zovanie geologo-statisticheskogo analiza dlja prognoza fatsial'noy harakteristiki razreza [The use of geology-statistical analysis to predict facies characteristics of the section]. *Nefijanoe hozjajstvo (2)*, 30-33. (in Russian)
- Mikulash R., Dronov A. (2006) Paleoihnologija – vvedenie v izuchenie iskopaemykh sledov zhiznedejatel'nosti [Palaeoichnology – introduction to the study of fossil traces of life]. Praga: Geologicheskij institut Akademii nauk Cheshskoy resp., 122 s. (in Russian)
- Muromtsev V.S. (1984) Elektrometriceskaja geologija

- peschanykh tel – litologicheskikh lovshek nefti i gaza [Electrometric Geology of sand bodies – lithologic traps of oil and gas]. Leningrad: Nedra, 260 s. (in Russian)
21. Nesterov I.I. (1965) Uplotnenie glinistykh porod [Compaction of clayey sediments]. *Sovetskaya geologiya* (12), 69-80. (in Russian)
 22. Neftegazonosnye basseyny i regiony Sibiri [Oil and gas basins and regions of Siberia] (1994): Vyp. 2: Zapadno-Sibirskiy basseyn. Novosibirsk: LIGTM SO RAN, 201 s. (in Russian)
 23. Osadochnye basseyny: metodika izucheniya, stroenie i evoljutsija [Sedimentary basins: methods of study, structure and evolution] (2004) Moscow: Nauchnyj mir, 526 s. (in Russian)
 24. Predtechenskaja E.A., Sap'janik V.V., Krol' L.A., Nasonova N.V., Surov P.V. (2012) Opyt primeneniya materialov GIS dlja rekonstrukcii uslovyi formirovaniya domanikitov (na primere bazhenovskoy svity Central'nogo Priob'ja) [Experience of using GIS to reconstruct the conditions of formation of Domanik type rocks (on the example of the Bazhenovo formation in the Central Ob region)]. *Fatsial'nyy analiz v neftegazovoy litologii*. Tomsk: TPU, 137-147. (in Russian)
 25. Put' v sinergetiku. Ekskurs v desjati lekcijakh [The way to synergy. Excursion in ten lectures] (2005) Moscow: KomKniga, 304 s. (in Russian)
 26. Reshenie 6-go Mezhdvdomstvennogo stratigraficheskogo soveshchaniya po rassmotreniju i prinjatiju utochnennykh stratigraficheskikh skhem mezozoyskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri [The decision of the 6th Interdepartmental Stratigraphic Meeting on the consideration and adoption of revised stratigraphic schemes of Mesozoic deposits of Western Siberia] (2004). Novosibirsk: SNIIGiMS, 114 s. (in Russian)
 27. Sostav i genezis otlozheniy tjumenskoy svity Shaimskogo neftegazonosnogo rayona (Zapadnaja Sibir') [Composition and genesis of Tyumen formation in Shaim oil and gas region (Western Siberia)] (2010). Ekaterinburg: UGGU, 257 s. (in Russian)
 28. Stadnikov G.L. (1957) Glinistye porody [Clay rocks]. Moscow: AN SSR, 375 s. (in Russian)
 29. Stratigrafija i paleogeografija mezozoysko-kaynozoysskogo chekhla Shaimskogo neftegazonosnogo rayona (Zapadnaja Sibir') [Stratigraphy and paleogeography of the Mesozoic and Cenozoic cover Shaim oil and gas region (Western Siberia)] (2010). Ekaterinburg: UGGU, 257 s. (in Russian)
 30. Talbot M. (2004) Golograficheskaja Vselennaja [Holographic Universe]. M.: Izdatel'skiy dom "Serija", 368 s. (in Russian)
 31. Timofeev P.P. (1969) Geologija i fatsii jurskoy ugleosnoy formatsii Iuzhnoy Sibiri [The geology and facies of the Jurassic coal-bearing formation in Southern Siberia]. Moscow: Nauka, 556 s. (in Russian)
 32. Trofimova E.N., Alekseeva E.V., Artjushkina E.V., Bykova R.A., Drozdova I.A., Djakina A.V., Medvedeva E.A., Tsesarzh I.L. (2014) Deformatcii gornyx porod, kotorye nuzhno uchityvat' pri korreljatsii plastov i modelirovanii zalezhey mestorozhdeniy (po materialam makroizucheniya kerna v razrezakh mestorozhdeniy Zapadno-Sibirskoi' territorii dejatel'nosti OAO "Surgutneftegaz") [Deformation of rocks that need to be taken into account in the correlation and modeling of strata deposits (according to macro-learn of core in the sections of the West Siberian territory of activity of OAO "Surgutneftegaz")]. *Puti realizatsii neftegazovogo i rudnogo potentsiala KHMAO–Jugry: materialy 17-j nauchno-prakticheskoy konferentsii T. 2*. Hanty-Mansiysk: IzdatNaukServis, 220-233. (in Russian)
 33. Trofimova E.N., Alekseeva E.V., Usmanov I.Sh., Kurilenkova G.A., Medvedeva E.A., Karlov A.M. (2008) Makroizuchenie kerna. K voprosu o formirovanii anomal'nykh razrezov bazhenovskoy svity i clinofornnogo stroeniya neokomskogo kompleksa [Macro-learn of core. To the question about the formation of the anomalous sections of the Bazhenovo formation and a wedge-like structure of the Neocomian complex]. *Puti realizatsii neftegazovogo i rudnogo potentsiala KHMAO–Jugry: materialy 11-j nauchno-prakticheskoy konferentsii T. 1*. Hanty-Mansiysk: IzdatNaukServis, 240-259. (in Russian)
 34. Uglenasyshchennost', petrograficheskij sostav i metamorfizm ugley tjumenskoy svity Shaimskogo neftegazonosnogo rayona (Zapadnaja Sibir') [Coal impregnate, petrographic composition and metamorphism of coals Tyumen suite Shaim oil and gas region (Western Siberia)]. (2006) Ekaterinburg: UGGU, 158 s. (in Russian)
 35. Fedorov Iu.N., Ivanov K.S., Sadykov M.R., Pecherkin M.F., Krinochkin V.G., Zaharov S.G., Krasnobaev A.A., Erohin Iu.V. (2004) Stroenie i perspektivy neftegazonosnosti dojurskogo kompleksa territorii KHMAO: novye podhody i metody [Structure and petroleum potential of Pre-Jurassic complex of the Khanty-Mansiysk Autonomous Area: new approaches and methods]. *Puti realizatsii neftegazovogo potentsiala KHMAO: materialy 7-y nauchno-prakticheskoy konferentsii T. 1*. Hanty-Mansiysk: IzdatNaukServis, 79-90. (in Russian)
 36. Fedorov Iu.N., Lebedev A.I., Alekseev V.P., Zhuravleva D.D., Kraskovskaja T.F. (2008) Sostav i genezis melovykh otlozheniy Bol'shekhetskoy vpadiny (Zapadno-Vadinskaja ploshchad') [Composition and genesis of the Cretaceous deposits of the Bolshekhetskaya depression (West-Vadinskaja area)]. *Sostojanie, tendentsii i problemy razvitiya neftegazovogo potentsiala Zapadnoy Sibiri*. Tjumen': ZapSibNIIGG, 174-181. (in Russian)
 37. Fedorov Iu.N., Lebedev A.I., Alekseev V.P., Pudovkina M.A., Amon E.O. (2007) O granitsakh nekotorykh stratigraficheskikh podrazdeleniy Bol'shekhetskoy megasineclizy (severo-vostok Zapadnoy Sibiri). *Sostojanie, tendentsii i problemy razvitiya neftegazovogo potentsiala Zapadnoy Sibiri* [On the boundaries of some stratigraphic units of the Bolshekhetskaya megasineclise (North-East of Western Siberia)]. Tjumen': ZapSibNIIGG, 183-190. (in Russian)
 38. Formatsija chernykh slantsev i svjazannye s nimi opolznevyje javleniya [The of black shale formation and associated landslide phenomena]. (2011) [www.petrogloss.narod.ru/Link News.html](http://www.petrogloss.narod.ru/Link%20News.html), 700-749. (in Russian)
 39. Shilov G.Ia., Dzhafarov I.S. (2001) Geneticheskie modeli osadochnykh i vulkanogennykh porod i tekhnologija ikh fatsial'noy interpretatsii po geologo-geofizicheskim dannym [Genetic models of sedimentary and volcanogenic rocks and the technology of their facies interpretation from geology-geophysical data]. Moscow: VNII geosistem, 394 s. (in Russian)

40. Ashley G.M., Southard I.B., Boothroyd I.C. (1982) Deposition of climbing-ripple beds: a flume simulation. *Sedimentol.* **29**, 67-73.
41. Baird G.C., Brett C.E. (1991) Submarine erosion on the anoxic sea floor: stratinome, paleoenvironmental and temporal significance of reworked pyrite-bone deposits. Modern and Ancient Continental Shelf Anoxia. *Geol. Soc. Spec. Publ.* **58**, 233-257.
42. Edmaier K., Crouzy B., Perona P. (2014) Flow-induced uprooting of young vegetation on river bedforms. *River Flow*, 461-466.
43. Ettenson F.R., Lierman R.T., Mason C.E. (2009) Upper Devonian-Lower Mississippian clastic rocks in northeastern Kentucky: Evidence for Acadian alpine glacialiation and models for source-rock and reservoir development in the eastern United States. *Amer. Inst. Prof. Geol.-Kentucky Section*. Apr. 18. 59 p.
44. Fürsich F. (1971) Hartgründe und Kondensation im Dogger von Calvados. *N. Ib. Geol. Paläont., Abh.* **138**, 313-342.
45. Hunter R.E. (1977) Terminology of cross-stratified sedimentary layers and climbing-ripple structures. *J. Sedimentol. Petrol.* **47** (2), 697-706.
46. Lamb M.P., Myrow P.M., Lukens C., Houck K. and Strauss I. (2008) Deposits from wave-influenced turbidity currents: Pennsylvanian Minturn Formation, Colorado, U.S.A. *J. Sedimentol. Res.*, **78**, 480-498.
47. Large A.R.G., Pautou G., Amoros C. (1996) Primary production and primary products. *Fluvial Hydrosystems*. Ch. 6. Charman and Hall, 117-136.
48. McKee E.D. (1965) Experiments in ripple lamination. *Soc. Econ. Paleontol. Miner., Tulsa.* (12), 66-83.
49. Mutti E., Tinterri R., Benneveti G., di Biase D., Cavana G. (2003) Deltaic, mixed and turbidite sedimentation of ancient foreland basins. *Marine Petroleum Geol.* **20**, 733-755.
50. Myrow P.M., Lamb M., Lukens C., Houck K., Kluth Ch., Parsons I. (2004) Hyperpycnal wave-modified turbidites of the Pennsylvanian Minturn Formation, north-central Colorado. *Geol. Soc. Amer. Field Trip Guide*. 28 p.
51. Serra O. (1985) Sedimentary Environments from Nireline Logs. Schlumberger. Houston, 211 p. (неизданный рус. перевод на сайте Lithology.ru)
52. Walker R.G. (1984) Turbidites and associated coarse clastic deposits. Facies Models. *Toronto, Geosci. Can. Reprint Ser.*, 171-188.