

ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ РУСЛОВЫХ ФАЦИЙ ЮРЫ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ ПУДИНСКОГО МЕГАВАЛА И НЮРОЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Н.М. НЕДОЛИВКО

Рассмотрены основные фациальные комплексы среднепозднеюрского континентального осадконакопления, наиболее благоприятные для формирования песчаных коллекторов, развитых на территории зоны сочленения Нюрольской впадины и Пудинского мегавала (юго-восток Западно-Сибирской плиты). С помощью литолого-геофизических, гранулометрических и петрографических методов исследований выявлены особенности русловых отложений разного генезиса, выделены литогенетические типы пород, сформированные в руслах рек предгорных равнин, спрямленного, ограничено и интенсивно меандрирующего типов. Предлагаемые литолого-геофизические модели русловых фаций в сочетании с геометрией песчаных тел рекомендовано использовать при генетической диагностике терригенных толщ и построении детальных литолого-фациальных карт.

Юрский нефтегазоносный комплекс (салатская свита, пласты Ю₁⁵–Ю₁⁴, тюменская – Ю₁³–Ю₂ и васюганская – Ю₁⁴–Ю₁¹), вскрытый на Нижнетабаганском (НТ), Калиновом (К), Северо-Калиновом (СК), Герасимовском (Г) и Широ́тном (Ш) месторождениях Казанского нефтегазоносного района Томской области (рис. 1), характеризуется сложной геологической историей осадконакопления и полифациальным характером отложений, обусловившим латеральную и вертикальную литологическую изменчивость толщ.



Рис. 1. Обзорная карта района работ: 1 – нефтяные и газоконденсатные месторождения; 2–4 – границы: 2 – областные; 3 – административных районов; 4 – нефтегазоносных районов; 5 – дороги улучшенные грунтовые; 6 – дороги сезонные; 7 – район работ

В разрезах отмечается чередование, переслаивание и взаимозамещение пород разной генетической принадлежности: континентального, переходного и морского происхождения. Русловые фации формировались в течение широкого стратиграфического интервала: от позднего плинсбаха до позднего келловоя. Исследования осадочной толщи проводилось с помощью литолого-геофизических, гранулометрических и петрографических методов с использованием методик и методических приемов, предложенных В.С. Муромцевым [1], Т.И. Гуровой и др. [2], А.В. Ежовой и др. [3].

Литогенетические типы отложений рек предгорных равнин

В позднеплинсбахское – раннеааленское время территория исследования представляла возвышенное (до 360–400 м) предгорье Алтае-Саянской складчатой системы. Здесь, на дне долин с относительно крутыми склонами в условиях очень высокого и высокого гидродинамического режима, сохраняющегося на протяжении всего времени осадконакопления и сочетающегося с его крайним непостоянством (вплоть до резкого падения или нового возрастания активности водного потока), осуществлялось перемещение и седиментация обломочного материала, сформировавшего мощные (до 20–70 м, НТ-20) толщи осадков салатской свиты.

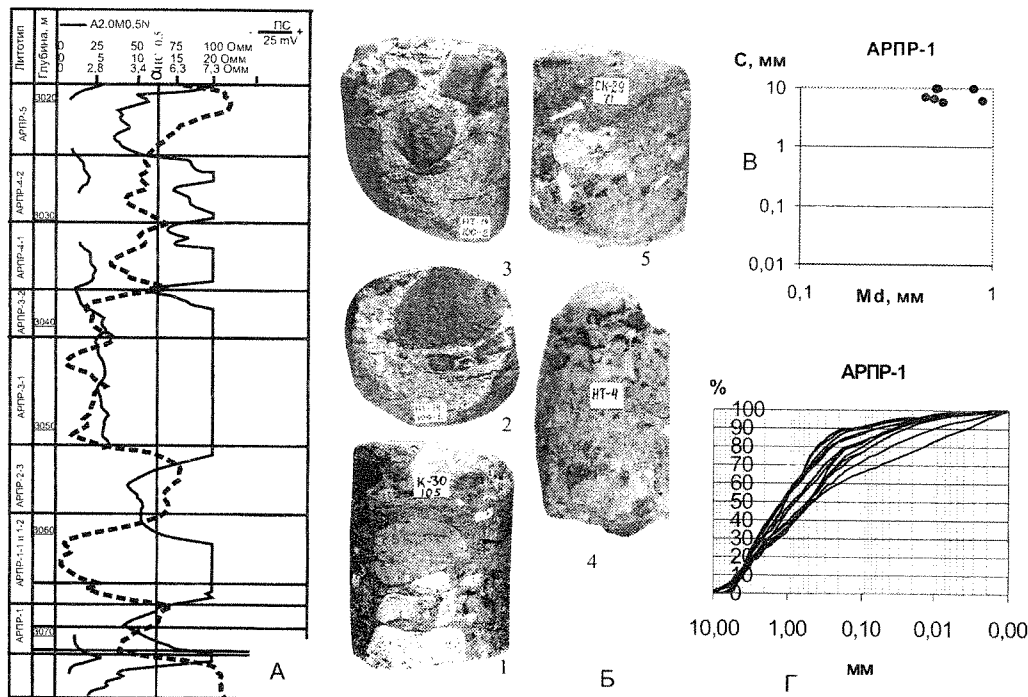


Рис. 2. Отложения русел рек предгорных равнин (АРПР): А – электрометрическая характеристика; Б – текстурные особенности: 1 – литогенетический тип АРПР-1-1 (К-30, инт. 2924,4–2920,0 м); 2, 3 – литогенетический тип АРПР-1-2 (НТ-14, инт. 3067,7–3057,0 м); 4, 5 – литогенетический тип АРПР-1-3 (4 – НТ-1, инт. 2979,8–2974,3 м; 5 – СК-29, инт. 3029,0–3022,0 м); В – расположение фигуративных точек на диаграмме С – Мd; Г – кумулятивные кривые

Электрокаротажная характеристика разрезов, сформированных реками данного типа, отличается крайней неоднородностью (рис. 2, А), представляя собой чередование четырехугольных и треугольных аномалий в области отрицательных отклонений $\alpha_{\text{ПС}}$ до 60–100 мВ. Кровельная и подошвенная линии аномалий горизонтальны или близки к таковым, отражая эрозионный контакт между линзовидными прослоями. Боковая линия интенсивно рассечена, свидетельствуя о сложном составе каждого крупного циклита.

В основании комплекса рек предгорных равнин (АРПР), образованного на ранних этапах аллювиального цикла (*тип АРПР-1*), отмечается грубое линзовидное переслаивание пород с контрастными гранулометрическими свойствами, обусловленными нерегулярным и беспорядочным пространственным распределением кластогенного материала, крайне неравномерной окатанностью зерен, отсутствием гранулометрической и минералогической отсортированности. Начальные этапы осадконакопления связаны с очень высокой динамикой водного потока, сопровождающейся резким врезом и размывом подстилающих отложений. В дальнейшем динамика потока несколько снижается. Электрометрическая характеристика представляет аномалию ПС в области отрицательных отклонений $\alpha_{\text{ПС}}$ до 0,6–0,7 и реже 1 (см. рис. 2, А). При этом форма диаграммы ПС имеет вид треугольника с горизонтальной подошвенной линией, отражающей эрозионный контакт, и пологой – кровельной. В гранулометрическом спектре пород присутствует очень широкий диапазон фракций: от глинистых до гравийных и галечниковых. Конгломерато-брекчии и конгломераты крупногалечниковые с галькой до 1–7 см в диаметре (литотип АРПР-1-1), галечниковые гравелиты с галькой 1–3 см и конгломерато-гравелитовые песчаники (литотип АРПР-1-2) переслаиваются с грубозернистыми и разнотипными плохо отсортированными однородными и слоистыми песчано-гравелитами с примесью гальки (литотип АРПР-1-3) и глинистыми породами, образующими прослои до 3–7 см толщиной (рис. 2, Б). Медианные размеры обломков варьируют в пределах 0,45–1,1 мм при высоких значениях максимальных (5,8–10,0 мм). На генетической диаграмме С – Мd (рис. 2, В) фигуративные точки располагаются в области высоких значений медианных (Мd) и максимальных (С) диаметров. Гравелиты и конгломераты содержат до 55–80 % обломков размерами от 1 до 5–12 см, сцементированных песчаным материалом, песчаники – до 10–35 %. Отсортированность осадков очень низкая, значения коэффициента отсортированности (S_n) равны 2,34–5,42. Вследствие этого кумулятивные кривые имеют плавный характер и пологую форму (рис. 2, Г).

Породы отличаются полимиктовостью и пестроцветностью; в них различно окрашенные минеральные обломки (кварц, полевые шпаты, слюды, кремни, яшмы, фтаниты, граниты, микропегматиты, эффузивы, ожелезненные кварциты, сидерит, хлоритовые и глинисто-серицитовые сланцы) и включения кусочков и линзочек угля распределены крайне неравномерно и обладают разной степенью окатанности: от хорошо окатанных до угловатых и остроугольных. Даже в пределах столбика керна или одного шлифа можно выделить бесцементные участки, в которых обломочные зерна очень плотно прилегают друг к другу, и участки с обломками, "плавающими" среди песчаной цементирующей матрицы, с базальной цементацией, или бесцементным конформным и инкорпорационным соединением зерен. "Це-

мент" в большинстве случаев представлен раздробленными микрочастицами обломков, в свою очередь сцементированных гидрослюдой, лептохлоритом, в различной степени раскристаллизованным каолинитом (0,005–0,1 мм) с низкими грязно-серыми и более высокими голубовато-серыми цветами интерференции, кальцитом и сидеритом, зачастую очень тонко смешанным со слюдястым материалом или образующим пелитоморфные микрожелваковые и сферолитовые микроконкреционные стяжения, сгустки или "рубашку" вокруг обломков. Содержание карбонатного материала не превышает 4 %, но иногда поднимается до 19 %. Комплекс отложений, залегающих *в нижней части аллювиального цикла (тип АРПП-2)* представленный переслаиванием гравелитов с примесью гальки и грубо-крупнозернистых песчаников (АРПП-2-1), мелкозернистых гравелитов и песчаников разномзернистых с единичными включениями гальки (АРПП-2-2), песчаников крупно-среднезернистых с примесью мелкого гравия и гальки (АРПП-2-3), имеет более упорядоченное строение и ярко выраженную слоистость с резкими границами между слоями (рис. 3, А).

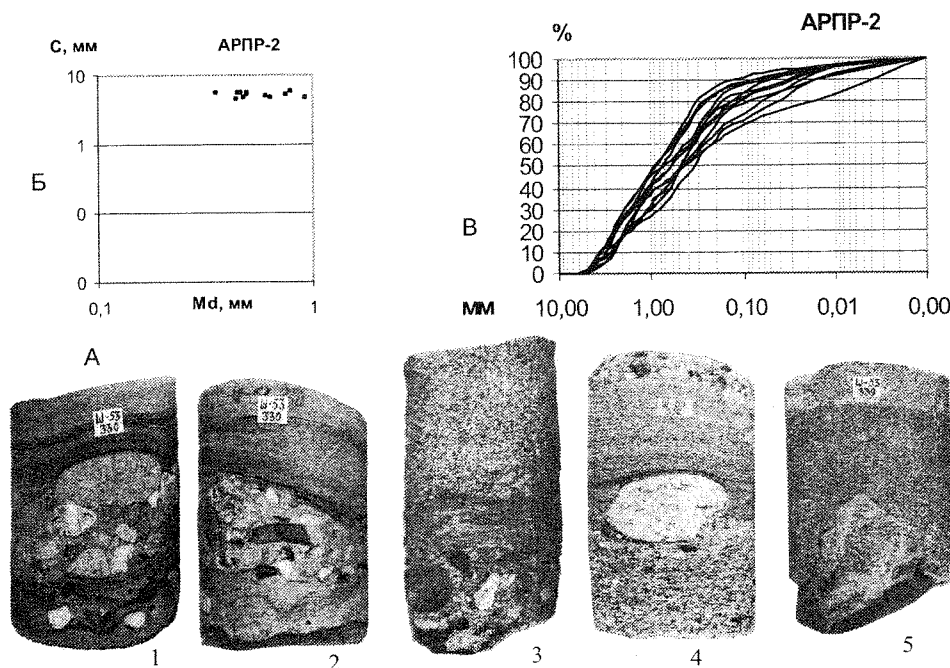


Рис. 3. Нижняя часть аллювиального цикла русел рек предгорных равнин (АРПП-2): А – текстурные особенности: 1, 2 – литогенетический тип АРПП-2-1 (Ш-53, инт. 3071,4–3066,4 м); 3, 4 – литогенетический тип АРПП-2-2 (3 – К-15, инт. 2987,12983,1 м; 4 – Ш-53, инт. 3071,4–3066,4 м); 5 – литогенетический тип АРПП-2-3 (Ш-53, инт. 3066,4 – 3061,1 м); Б – расположение фигуративных точек на диаграмме С – Мd; В – кумулятивные кривые

Снизу вверх по разрезу границы между слоями становятся менее резкими, а тип слоистости меняется от груболинзовидной до косой, пологонаклонной и горизонтальной; в этом же направлении снижается гранулометрическая неоднородность пород, уменьшаются размеры обломков, возрастает равномерность их распределения. Последовательная смена нестабильного режима среды осадкообразования, свойственного начальным этапам, более спокойными гидродинамическими условиями в конце седиментации, отражена в трапециевидной форме электрометрической аномалии (см. рис. 2, А), наклонном расположении подошвенной, боковой и кровельной линий, а также в уменьшении отклонения ПС в сторону отрицательных значений $\alpha_{пс}$ от 1 (в подошве) до 0,4 (в кровле).

Структура пород псефитовая с размером обломков от 1–5 до 6–9 см и псаммитовая. Обломки составляют 80–90 %. Состав песчаных пород преимущественно полиминеральный граувакковый, олигомиктовый полевошпато-кварцевый, кварцево-литовидный, реже смешанный аркозо-граувакковый. Обломки полуокатаны и окатаны. Общая отсортированность их плохая и средняя: $S_0=2,32–5,01$. Но в отличие от литотипа АРПП-1 наблюдается улучшение послойной сортировки по гранулометрическому составу. Кумулятивные графики, вследствие плохой отсортированности, имеют выположенный характер (рис. 3, В). Медианные и максимальные размеры зерен также сокращаются до 0,35–0,92 мм и 4,5–5 мм соответственно. Неравномерность гранулометрического состава отражает дискретный характер распределения точек на С–Мd диаграмме (рис. 3, Б), расположенных в области грубо- и крупнозернистых фракций. Цемент поровый, пленочный, реже – базальный гидрослюдисто-каолинитового, каолинит-гидрослюдистого и гидрослюдистого состава с примесью карбонатов и хлорита; а бесцементное соединение зерен осуществляется инкорпорацией и конформацией.

При *формировании залегающего в центральной части аллювиального цикла (тип АРПП-3)* режим седиментации был более стабилен, хотя время от времени наблюдаются его вариации в виде незначительного снижения или повышения гидродинамики потока. Электрокаротажная диаграмма (см. рис. 2, А) представляет четырехугольную аномалию в зоне отрицательных отклонений ПС ($\alpha_{пс}=0,9–1$) со слабо наклонными подошвенной и кровельной линиями и изрезанной боковой.

Накопившиеся буровато-серые, светло-серые и серые разномерные гравелопесчаники с примесью гальки (литотип АРПР-3-1) и песчаники однородные крупно- и средне-зернистые с редкими прерывистыми прослойками угля (литотип АРПР-3-2) массивны или обладают хорошо выраженной косой и косоволнистой слоистостью, подчеркнутую углистыми линзами и прослойками, распределением и ориентировкой обломков (рис. 4, А).

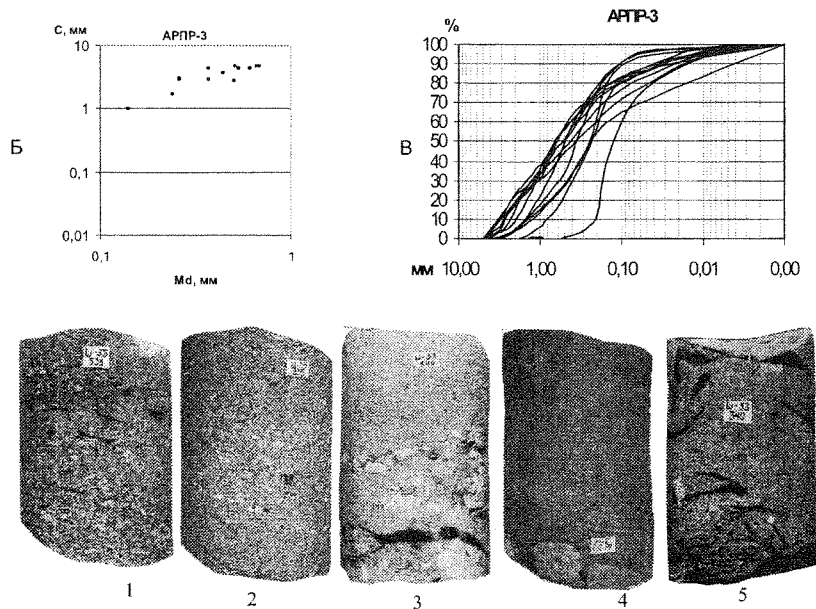


Рис. 4. Средняя часть аллювиального цикла русел рек предгорных равнин (АРПР-3): А – текстурные особенности пород: 1, 2, 3 – литогенетический тип АРПР-3-1; 4, 5 – литогенетический тип АРПР-3-2 (Ш-53, инт. 3051,0–3038,9 м); Б – расположение фигуративных точек на диаграмме С – М_д; В – кумулятивные кривые

На фоне учащения прослоек мелкозернистых песчаников и глинисто-алевритовых пород и продолжающегося снижения размерности обломочного материала улучшается отсортированность ($S_0=1,73-4,33$), и равновесие в гранулометрическом спектре смещается в сторону увеличения мелкозернистых фракций: максимальные размеры зерен 4,8–1 мм; средние – 0,68–0,11 мм. Кумулятивные кривые имеют пологий габитус (рис. 4, В), а фигуративные точки на диаграмме С – М_д располагаются некомпактно, широко разбросаны в области крупнозернистых фракций (рис. 4, Б).

В пределах более зрелой речной долины и развитой поймы в условиях, когда наряду с донной, все большую роль играет боковая эрозия, формировалась верхняя часть аллювиального цикла рек предгорных равнин (тип АРПР-4); накапливались песчаники буровато-серые средне- и мелкозернистые с примесью гравийного материала, с удлиненно-окатанными остатками слабо консолидированных пойменных пород: глин, сидеритизированных глин и сидеритовых руд, включениями линз и слоев угля (рис. 5). Обломки и удлиненные фрагменты размываемых глинистых пород и сидерита имеют уплощенную форму и ориентированы послойно, намечая слоистость.

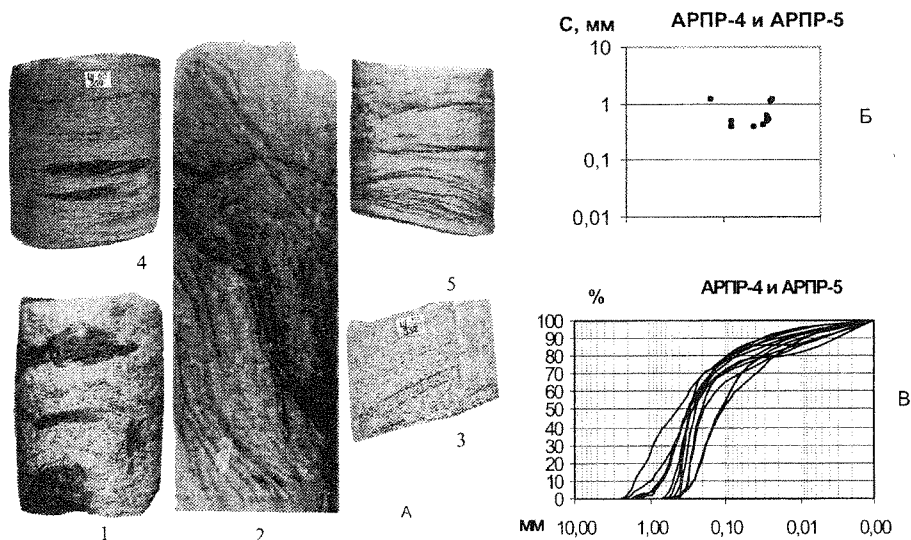


Рис. 5. Верхняя часть аллювиального цикла рек предгорных равнин (АРПР-4 и АРПР-5): А – текстурные особенности: 1, 2 – тип АРПР-4-1 (1 – СК-26, инт. 3051,8–3045,6 м; 2 – НТ-13, инт. 3040,2–3032,7 м); 3, 4 – тип АРПР-4-2 (Ш-53, инт. 3066,4–3061,4 м); 5 – тип АРПР-5 (НТ-13, инт. 2817,0–2810,0 м); Б – расположение фигуративных точек на диаграмме С – М_д; В – кумулятивные кривые

Текстуры размыва и оползания песчаных отложений с очень крутым падением слоев или нарушением слоистости (рис. 5, 2, А) свидетельствуют о меняющейся скорости речного потока, вызывающей подмыв берега и сползание по склону накопившихся осадочных толщ. Наряду с местными обломками наблюдаются примесные включения привнесенных гравийных зерен кварца и пород разного состава, но в комплексе псефитового материала количество последних невелико. В литотипе снизу вверх по разрезу размерность зерен уменьшается, а содержание мелкозернистых фракций увеличивается. Электрокаротажная диаграмма отражает снижающуюся со временем активность водного потока (от II до III уровня), что зафиксировано в треугольном облике аномалии и снижении значений $\alpha_{\text{ПС}}$ до 0,6–0,4.

Если в литотипе АРПП-4-1 структура пород среднезернистая с примесью крупнозернистого материала и максимальные размеры зерен колеблются от 0,50 до 1,1 мм при медианных 0,17–0,31 мм, то в типе АРПП-4-2 размеры зерен варьируют в пределах 0,25–1,1 мм, а максимальные размеры уменьшаются до 0,42–0,8 мм, медианные меняются слабо и составляют 0,15–0,30 мм. Кумулятивные графики имеют пологий габитус (рис. 5 В), а точки на диаграмме С – Мд сдвигаются в сторону среднезернистых фракций (рис. 5, Б). Отсортированность зерен плохая ($S_0=2,61-3,28$ и $S_0=2,96-3,58$ соответственно). Цементация осуществляется каолинит-гидрослоистым с примесью хлорита, карбонатов, и, реже, регенерационного кварца цементом порового и порово-пленочного типов.

На завершающем этапе развития рек предгорных равнин в условиях невысокой динамики водного потока и преобладания боковой эрозии в пределах долин с хорошо развитой поймой накапливались мелкозернистые песчаники и крупнозернистые алевриты (тип АРПП-5) с пологонаклонной, волнистой и горизонтальной слоистостью, подчеркнутой распределением обломков, растительного детрита и микроконкреций сидерита (рис. 5). Структура мелкопсаммитовая, псаммоалевритовая и алевритовая с медианным диаметром зерен 0,12–0,20 мм и максимальным – до 0,39 мм. Обломочная часть имеет разную степень окатанности, плохо отсортирована ($S_0=2,81-3,96$) и составляет 75–85%.

Литогенетические типы отложений равнинных рек спрямленного типа

В средне- и позднеюрское время (пласты Ю₁³–Ю₃, частично Ю₂, Ю₁^{3с} и Ю₁^{3в}), когда в результате транспортировки и аккумуляции терригенного материала, перенесенного существовавшими ранее реками предгорных равнин и временными потоками, значительно выравнивается рельеф и образуются широкие хорошо разработанные речные долины, седиментация осадков осуществляется в условиях равнинных рек спрямленного и меандрирующего типов. Отложения равнинных рек спрямленного типа (АРРС) накапливались при высоких скоростях водного потока с широким развитием боковой эрозии в пределах умеренно изрезанных речных долин. Сероцветные гравелиты, песчаники разнозернистые с прослоями разнозернистых гравелитов, песчаники разнозернистые крупно-среднезернистые, среднезернистые и мелкозернистые, однородные и слоистые слагают разрезы с высокой песчаностью (75–95 %) и значительной мощностью (до 16–36 м, а при наложении нескольких аллювиальных циклов, до 52 м – К-18, инт. 2676,0–2728,0 м), при этом существенно гравелитовые породы слагают пропластки толщиной до 1–2 м. Каротажная характеристика песчаного тела отражает очень высокую и высокую гидродинамическую активность потока (I–II уровень), сохраняющуюся в течение всего времени накопления осадка и постепенно снижающуюся до средней (III уровень) к конечной стадии (рис. 6, А). При этом почти на всем протяжении формирования песчаного тела аномалия ПС расположена в зоне отрицательных отклонений ($\alpha_{\text{ПС}}=0,8-1,0$), имеет вид четырехугольника с вертикальной, интенсивно расчлененной боковой линией и пологонаклонными, почти горизонтальными линиями подошвы и кровли.

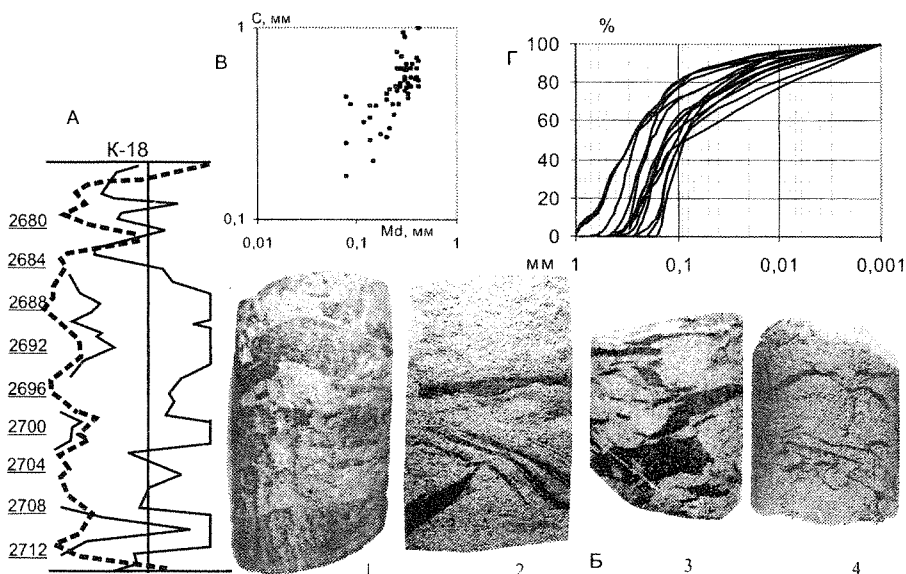


Рис. 6. Отложения русел крупных равнинных рек спрямленного типа (АРРС-1): А – электрометрическая характеристика; Б – текстурные особенности: 1 – НТ-20, инт. 3038,2–3045,6 м; 2, 3 – К-18, инт. 2729,6–2712,0 м; 4 – К-30, инт. 2936,1–2930,3 м; В – расположение фигуративных точек на диаграмме С – Мд; Г – кумулятивные кривые

В основании **крупных рек спрямленного типа (АРРС-1)**, в результате высоких скоростей переноса и непостоянной динамики водного потока, обусловившей внутриформационные размывы и неоднократное переотложение осадка, накапливались неоднородные толщи с частыми включениями грубообломочного материала, представленного, как принесенными обломками, так и остатками ранее образованных и размывтых пойменных отложений (окатышами сидерита, глинистых пород, слоистых алеволитов, обугленной или минерализованной древесины). Установить характер слоистости по керновому материалу из-за больших масштабов слоистости часто не представляется возможным. Вверх по разрезу слоистость становится более мелкой и отчетливой, преобладает (рис. 6) косая, крупная однонаправленная и сходящаяся, участками перистая со срезанием косых серий более поздними слойками; кверху слоистость выполаживается, становится косоволнистой, волнистой и горизонтальной.

В породах постоянно присутствуют обугленные флористические остатки в виде плохо сохранившегося мелкого рассеянного детрита, крупных и мелких окатанных и неокатанных углефицированных древесных обломков, мелких прослоек угля, остатков корневых систем. Размеры зерен транспортируемого материала находятся в пределах крупно-среднезернистых песчаных, реже крупнозернистых и гравийных Фракций ($Md=0,1-1,04$; $C=0,14-4,2$ мм). Отсортированность осадка очень неоднозначная, чаще всего средняя, хотя бывает и хорошей, и плохой ($S_0=1,4-3,78$ и колеблется около 2,0 с небольшими отклонениями в меньшую или большую стороны). Наименее отсортированы подошвенные и кровельные участки пластов, но иногда прослой с плохой отсортированностью встречаются и внутри комплекса.

Состав пород полимиктовый, граувакковый, олигомиктовый. Среди обломков преобладает кварц и полевые шпаты, из пород присутствуют микрокварциты, микропегматиты, яшмы, кремнисто-глинистые и глинистые породы, эффузивы. Аутигенные минералы представлены кварцем, хорошо раскристаллизованным каолинитом, пиритом, кальцитом, сидеритом, лейкоксеном, реже кислыми полевыми шпатами. Цементация обломков осуществляется каолинит-гидрослюдистым цементом. В нем отмечается постоянная примесь хлорита и лейкоксена, иногда присутствует тонкораспыленный пирит, зачастую наблюдается сидерит и кальцит. В хорошо проницаемых, более крупнозернистых разностях поровое пространство выполняет аутигенный регенерационный кварц и хорошо раскристаллизованный каолинит. Тип цемента преимущественно контактово-поровый, часто цементация зерен осуществляется методом вдавливания и взаимоприспособления с образованием конформных и инкорпорационных срастаний зерен.

В **мелких реках спрямленного типа (АРРС-2)** динамика потока остается очень высокой, но ее изменения носят более плавный характер. На электрокаротажной диаграмме это обстоятельство отражено в высоком значении $\alpha_{\text{ПС}}$ (1–0,7) и блоковой конфигурации (рис. 7, А) аномалии ПС, имеющей почти вертикальную слабо извилистую боковую линию, соответствующую длительным периодам стабилизации динамики водной среды, постепенно снижающейся в заключительные этапы накопления осадков.

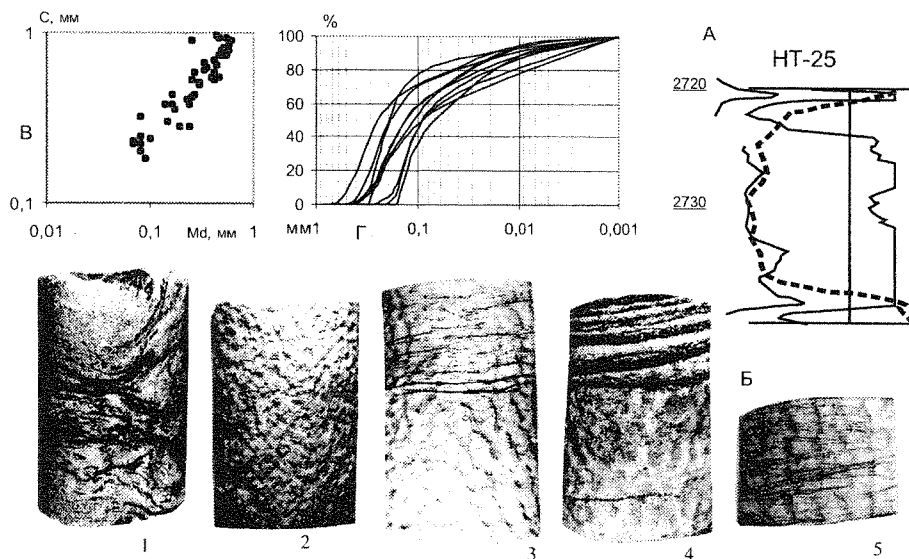


Рис. 7. Отложения русел мелких равнинных рек спрямленного типа (АРРС-2): А — электрометрическая характеристика; Б — текстурные особенности пород: 1–5 — НТ-25, инт. 2735,0–2718,0 м; В — расположение фигуративных точек на диаграмме $C - Md$; Г — кумулятивные кривые

Объемы транспортируемого материала и мощности накопившихся отложений понижены и составляют 12–15 м (НТ-25, инт. 2719,0–2734,0 м). Породы обладают более выдержанной слоистостью (косой, пологонаклонной, горизонтальной), мощности однородных песчаных прослоев увеличиваются, а грубозернистая примесь в них отмечается только в подошвенных участках. Характерной особенностью является постоянная примесь послойно распределенного растительного детрита и углистых остатков (рис. 7, Б).

Структурные особенности пород литотипов АРРС-1 и АРРС-2 очень близки. Средние значения медианных размеров и коэффициента отсортированности в породах литотипов почти не различаются. Более заметные различия в максимальных размерах зерен: 0,7 мм для АРРС-1 и 0,62 мм для АРРС-2, хотя вариации Md и С в литотипе АРРС-2 более выражены и составляют соответственно 0,07–0,54 мм и 0,20–1,25 мм (рис. 7, В). Отсортированность пород также близка к средней ($S_0 = 1,60–2,97$). Кумулятивные кривые (рис. 7, Г) песчаных пород из нижней части разрезов сравнительно пологие и располагаются в стороне крупно-среднезернистых фракций; в центральной части графики крутые, фигуративные точки на диаграмме С – Md расположены компактно в области среднезернистых фракций; а в верхней части графики более пологие и смещены в сторону преобладания мелкозерного материала. На генетической диаграмме точки располагаются в широкой зоне значений максимальных и медианных диаметров зерен: от высоких до пониженных.

Литогенетические типы равнинных ограниченно меандрирующих рек

Отложения равнинных ограниченно меандрирующих рек (АРРМ-1) получили широкое развитие в средневерхнеюрское время (пласты Ю₁³–Ю₃ и Ю₁³н, Ю₁³в). Они накапливались в условиях холмистых равнин с небольшими перепадами высот и хорошо развитыми долинами, заполненными рыхлыми пойменными отложениями. Русловые фации этого типа представлены сероцветными песчаниками разнозернистыми средне- и мелко-зернистыми гравелитами, содержащими крупный и мелкий растительный детрит, углефицированные и минерализованные крупные и мелкие обломки древесины, располагающиеся послойно, остатки корневых систем и флору хорошей сохранности. Породы отличаются хорошо выраженной косой, однонаправленной и перекрестной (рис. 8), прямолинейной, ритмичной слоистостью.

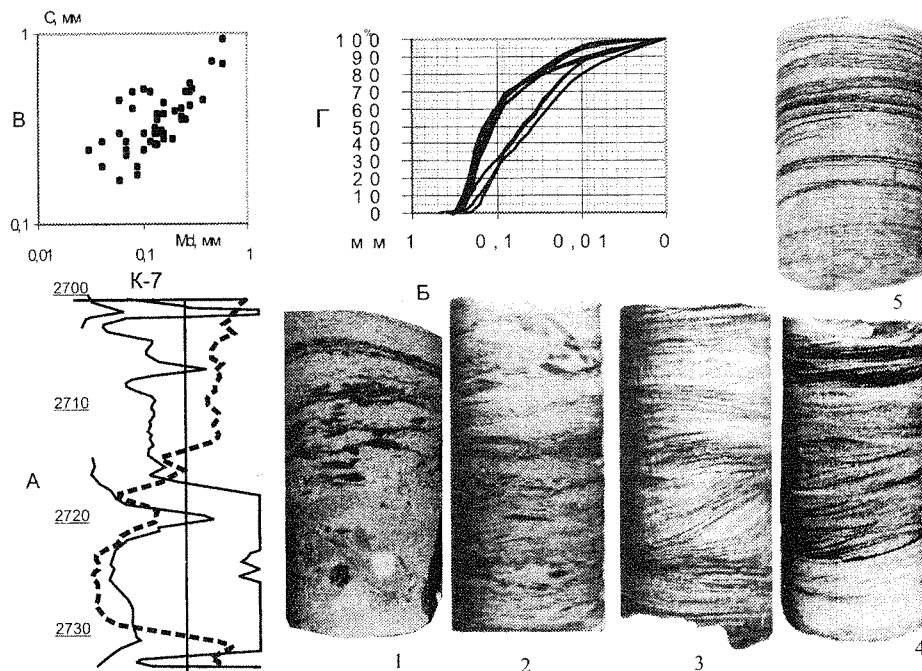


Рис. 8. Отложения русел ограниченно меандрирующих крупных равнинных рек (АРРМ-1): А – электрометрическая характеристика; Б – текстурные особенности пород: 1, 2 – СК-30, инт. 2893,0–2886,0 м; 3, 4 – СК-30, инт. 2886,0–2878,0 м; 5 – К-7, инт. 2879,0–2874,0 м; В – расположение фигуративных точек на диаграмме С – Md; Г – кумулятивные кривые

Для толщ характерно не только однонаправленное гранулометрическое изменение строения, но и синхронное ему изменение типа слоистости. Так, базальная часть комплекса, представленная среднезернистыми песчаниками с примесью мелкогравийного материала, как правило, имеет косую однонаправленную слоистость. Вверх по разрезу слоистость становится тоньше, выполаживается, сменяется горизонтальной.

В базальной части разреза зачастую преобладают песчаники среднезернистые (с крупнозернистой примесью) и среднезернистые (Md до 0,85 мм – Г-1, глубина 2747,5 м), содержащие обломки тонкослоистых алевролитов и глин (рис. 8, Б), линзы угля. Выше они переходят в средне- и мелкозернистые разнозернистые песчаники, которые кверху сменяются мелкозернистыми разностями псаммитов и алевролитами (Md до 0,1–0,07 мм). Среднестатистический максимальный размер зерен находится в пределах 0,17–4,30 мм, в большинстве случаев составляя 0,25–0,3 мм. Отсортированность материала разная: от хорошей до очень плохой ($S_0 = 1,6–4,29$), часто наблюдается ритмическая сортировка зерен в каждом косом слое (от более крупной в основании к более мелкой в верхней части). Габитус кумулятивных кривых в общем случае слабо пологий, и лишь в отдельных случаях кумулятивные графики имеют крутую форму (рис. 8, Г).

На диаграмме $C - Md$ (рис. 8, В) точки образуют растянутое поле, протягивающееся от мелких до крупных фракций с наиболее кучным расположением в области средних размеров. Каротажная характеристика песчаного тела отличается трапецевидной, реже треугольной формой аномалии ПС с горизонтальной или пологонаклонной (подошвенной), волнистой вертикальной (боковой) и крутонаклонной (кровельной) линиями (рис. 8, А).

Для *отложений русловых отмелей ограниченно меандрирующих крупных равнинных рек (АРРМ-1-1)* характерна относительно высокая песчаность разрезов, составляющая 50–60 %. Песчаники залегают в подошве циклита и представлены крупно-средне-, средне-, и мелкозернистыми разностями с косой однонаправленной, пологой и горизонтальной слоистостью. В перекрывающих песчаный пласт алеврито-глинистых отложениях слоистость горизонтальная, волнистая и волнисто-линзовидная. В керне отмечается тонкий и мелкий растительный детрит.

Гидродинамический режим среды осадкообразования меняется от очень высокого и до высокого (I и II уровни) в нижней части, низкого и очень низкого вверху (IV–V уровни). В общем случае максимально высокий уровень наблюдается в начале образования циклита, затем отмечается некоторая его стабилизация, а затем наступает резкий (или реже постепенный) спад динамики вод. Электрометрическая модель нижней части представляет четырехугольник, расположенный в зоне отрицательных отклонений $\alpha_{пс}$ (см. рис. 8, А). Кровельная и подошвенная линии его имеют почти горизонтальный или слабо наклонный характер. Отклонение $\alpha_{пс}$ составляет 0,6–0,9. Максимальное значение отмечается чаще в нижней и изредка в средней части циклита.

Аллювий *мелких рек, боковых русел, проток и мелких притоков (АРРМ-1-2) с ограниченной миграцией* сложен средне- и мелкозернистыми песчаниками с косой и горизонтальной слоистостью (рис. 9, А), подчеркнутой послойным распределением углефицированного растительного детрита, сформированными в очень активной и активной гидродинамической среде (I–II уровни) и обогащенными остатками размывших пойменных пород. Песчаность разрезов колеблется в пределах 27–70 %, кластичность – 33–40 %. Отклонения $\alpha_{пс}$ в область отрицательных величин достигает значений 0,86–1,0, что позволяет судить о накоплении крупно-среднезернистого песчаного материала. Миграция русел осуществлялась довольно быстро. Поэтому электрометрическая модель фации (рис. 9, А) представляет собой треугольник в зоне отрицательных отклонений, имеющий прямую (горизонтальную или наклонную) подошвенную линию и наклонную – кровельную. Верхняя часть разрезов представляет типично пойменные отложения со слабо проявленным отрицательным отклонением $\alpha_{пс}$ и почти прямой или волнистой вертикальной линией аномалии ПС.

Типы кумулятивных кривых (рис. 9, Г) подошвенных отложений имеют крутые и слабонаклонные очертания и располагаются на оси абсцисс преимущественно в зоне крупных и среднезернистых фракций, фигуративные точки на диаграмме $C - Md$ (рис. 9, В) концентрируются в зоне повышенных значений максимальных и медианных диаметров. Кумулятивные кривые песчаников кровли выполаживаются, точки смешиваются в сторону мелкозернистых фракций и располагаются в зоне пониженных значений C и Md .

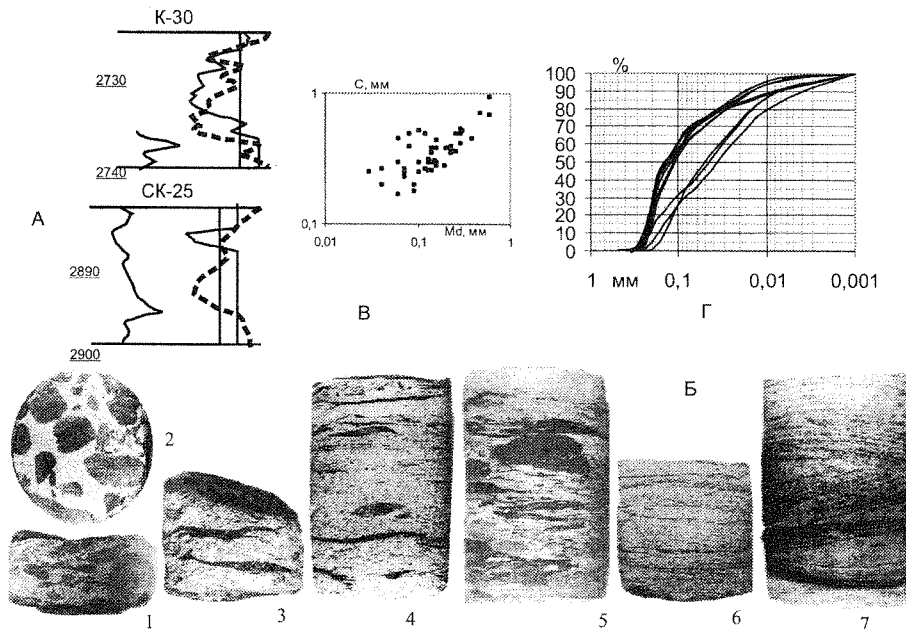


Рис. 9. Отложения русел ограниченно меандрирующих мелких равнинных рек (АРРМ-1-2): А – электрометрическая характеристика; Б – текстурные особенности пород: 1, 2 – К-30, инт. 2732,0–2738,0 м; 3 – СК-24, инт. 2884,3–2882,7 м; 4 – СК-26, инт. 3008,0–3002,0 м; 5 – СК-25, инт. 2884,3–2882,7 м; 6, 7 – СК-25, инт. 2850,0–2840,0 м; В – расположение фигуративных точек на диаграмме $C - Md$; Г – кумулятивные кривые

Литогенетические типы отложений равнинных интенсивно меандрирующих рек

Отложения равнинных интенсивно меандрирующих рек (*АРРМ-2*) получили широкое развитие в средневерхнеюрское время, когда седиментация материала осуществлялась в пределах обширных зрелых слабо холмистых озерно-аллювиальных равнин. Незначительные уклоны местности и рыхлый состав вмещающих пород обусловили низкую динамику водного потока и небольшой объем твердого стока. Как следствие этого, песчаные тела типа *АРРМ-2* имеют небольшие толщины (до 2–4 м) при мощности толщи 6–13 м (Г–19). Контакты с ниже- и вышезалегающими породами постепенные, нижний контакт часто резкий с размывом и галькой в основании (рис. 10, Б).

Разрезы, сформированные в *русловых отметах крупных интенсивно меандрирующих рек (АРРМ-2-1)*, сложены песчаниками разномелкозернистыми, средне- мелкозернистыми с примесью крупнозернистого материала. Породы имеют однородные и слоистые текстуры с преобладанием косой пологой слоистости, сочетающейся с горизонтальной (рис. 10, Б). Отмечается присутствие крупных и мелких растительных остатков и детрит. Песчаность разрезов этого типа невысокая; при неоднократном наложении русловых циклов она составляет 38 %.

Нарастание динамики водного потока (до I уровня) и ее снижение происходило двояко: либо постепенно с инверсией в середине осадконакопления, вследствие чего электрометрическая характеристика фации имеет вид треугольника с максимальной амплитудой в середине песчаного тела; либо резко с образованием эрозионного контакта, отраженного также в треугольной форме аномалии с отрицательным отклонением ПС, но с максимальной амплитудой в подошве цикла (рис. 10, А). При этом значение максимального отклонения $\Delta\text{ПС}$ может достигать 0,9.

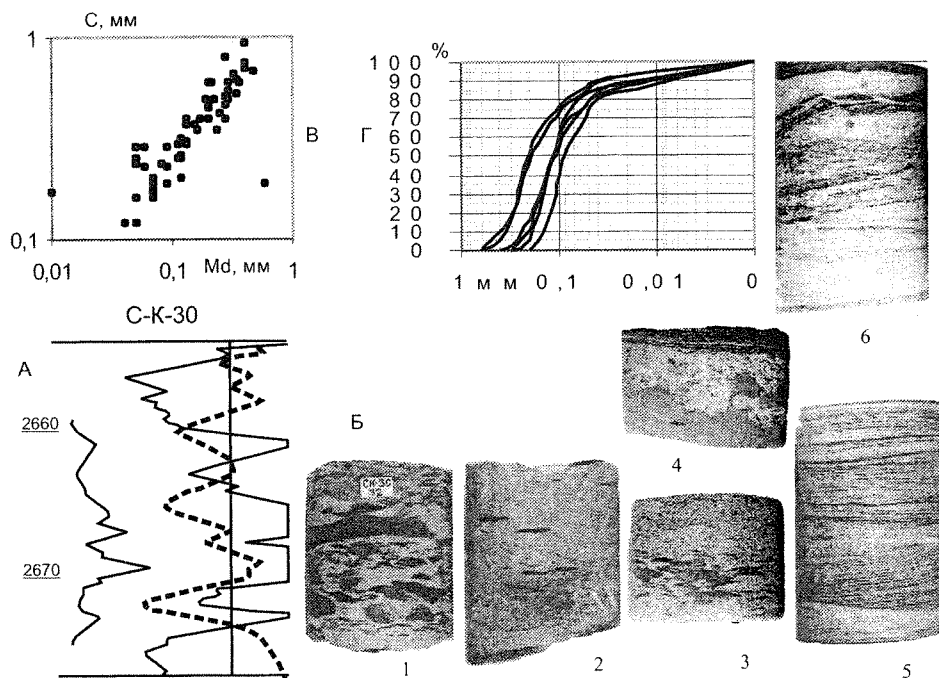


Рис. 10. Отложения русел интенсивно меандрирующих равнинных рек (*АРРМ-2*): А – электрометрическая характеристика; Б – текстурные особенности: 1 – СК-30, инт. 2680,6–2667,7 м; 2 – СК-24, инт. 2946,4–2940,0 м; 3, 4 – К-9, инт. 2950,0–3937,1 м; 5 – СК-24, инт. 3021,8–3014,2 м; 6 – Г-19, инт. 2589,0–2582,0 м; И – расположение фигуративных точек на диаграмме С – Md; Г – кумулятивные кривые

Породы литогенетического типа *АРРМ-2-2* формировались в мелких реках с интенсивной русловой миграцией. Они представлены песчаниками мелкозернистыми, алевритистыми. В разрезах с песчаностью от 20 до 40 % отмечается неоднократная перемежаемость песчаных линз и горизонтально залегающих глинисто-алеволитовых прослоев с образованием в подошве отчетливой косой, однонаправленной и сходящейся, разделенной горизонтальными прослойками слоистости. В середине цикла слоистость проявлена слабее, а в кровле она становится пологоволнистой, волнисто-линзовидной и горизонтальной. Иногда в основании разреза отмечается присутствие мелких окатышей глин, характерна гранулометрическая ритмичность с уменьшением размера зерен к кровле и постепенное замещение песчаников вверх по разрезу алеволитами и глинисто-алеволитовым переслаиванием. Структура средне-мелкозернистая (в подошве) и мелкозернистая (в кровле песчаного тела): медианный размер зерен колеблется в пределах 0,01–0,29 мм при максимальном 0,09–0,61 мм, в большинстве случаев составляющем 0,1–0,3 мм. Породы характеризуются разной отсортированностью: от очень плохой ($S_0=3,17–5,4$) до средней и очень хорошей ($S_0=1,25–2,12$). В них присутствуют мелкие обугленные остатки растений, мелкий и крупный послойно распределенный растительный детрит, корневые остатки и флора хорошей сохранности.

Седиментологическая модель фации в большинстве случаев представляет постепенно нарастающий и так же постепенно спадающий режим гидродинамики вод, уровень которой характеризуется как высокий и средний (II–III). Кривая ПС для песчаного тела имеет колоколовидную форму с плавным переходом наклонных подошвенной и кровельной линий. Значения $\alpha_{пс}$ составляют 0,6–0,8. Ширина аномалии невелика (первые метры).

Типы кумулятивных кривых средней части циклов характеризуются крутым и слабо выположенным габитусом и располагаются на оси абсцисс в стороне сравнительно крупных фракций (рис. 10, Г). В кровельных частях пласта преобладают породы с пологими формами кумулятивных кривых и концентрацией точек на диаграмме С – Мд в зоне мелкозернистых фракций (рис. 10, В). При этом точки, соответствующие породам типа АРРМ-1, сдвинуты в сторону больших значений Мд и С по сравнению с точками, характеризующими породы типа АРРМ-2.

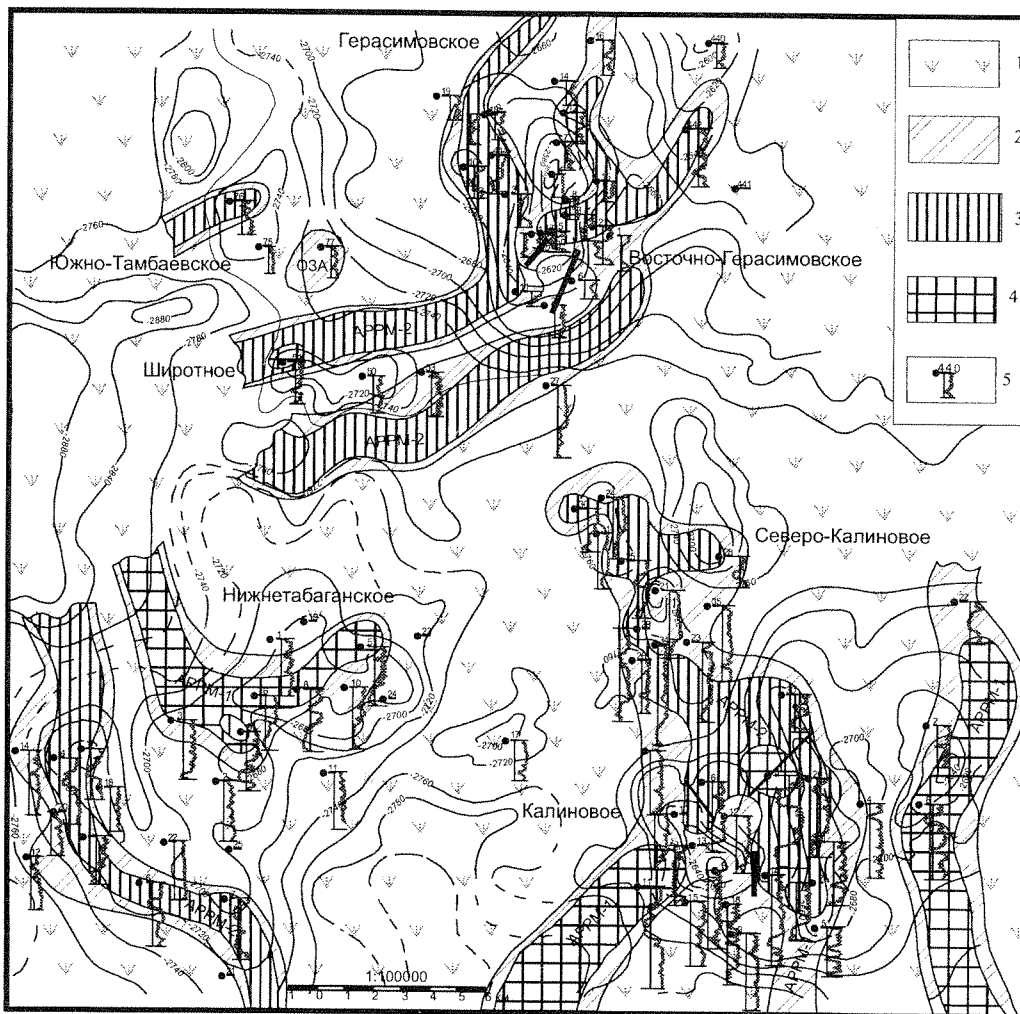


Рис. 11. Литолого-фациальная карта цикла Ю; 1 – глинистые отложения аллювиальноозерных равнин; 2 – алевролиты и мелкозернистые песчаники внутренней части поймы; 3 – песчаники средне-мелкозернистые русел ограниченно меандрирующих мелких равнинных рек; 4 – песчаники крупно-среднезернистые русел ограниченно меандрирующих крупных равнинных рек; 5 – скважина, ее номер и электрометрическая характеристика отложений

Основными достижениями настоящих исследований явились установление особенностей строения юрских аллювиальных комплексов, образованных палеореками в зоне сочленения Пудинского мегавала и Нюрольской впадины; генетическая интерпретация русловых фаций, сформированных в условиях водного потока с разной динамической активностью; выделение литогенетических типов пород, соответствующих разным фациям; приведение комплексной литолого-геофизической характеристики и диагностических признаков осадочных отложений, наиболее перспективных на обнаружение литологических ловушек в юрском континентальном осадкообразовании.

Предложенные иллюстрации с приведением для каждого литогенетического типа реальных геофизических диаграмм и структурно-текстурных особенностей, а также объяснения к ним представляют собой систематизированную последовательную генетическую трактовку особенностей осадконакопления пород юрского разреза. Они могут быть использованы в качестве методического пособия при описании и обработке керн в полевых условиях и в научно-исследовательских работах.

Разработанные литолого-геофизические модели русловых фаций в сочетании с геометрией песчаных тел и их территориальным распространением рекомендуется использовать при диагностике условий формирования терригенных толщ и построении детальных литолого-фациальных карт (рис. 11).

Примененный комплексный литолого-геофизический подход к изучению продуктивных отложений, а также проведенные исследования заложили основу для проведения более детальных работ по изучению распространения песчаных тел, обладающих наилучшими коллекторскими свойствами, что с учетом фильтрационно-емкостных характеристик песчаников можно в дальнейшем использовать для построения карт распространения коллекторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел — литологических ловушек нефти и газа. — М.: Недра, 1984. — 260 с.
2. Литология и условия формирования резервуаров нефти и газа Сибирской платформы / Т.И. Гурова, Л.С. Чернова, В.Н. Богданова и др. — М.: Недра, 1988. — 254 с.
3. Ежова А.В., Тен Т.Г. Литология нефтегазоносных толщ. Томск: Изд-во ТПУ, 2002. — 112 с.

УДК 551.8.553.98 (571.16)

LITHO-GENETIC TYPES OF FLUVIAL FACIES OF JURASSIC PERIOD IN CONJUNCTION ZONE OF PUDINSKY MEGABAR AND NYROLSKAJA DEPRESSION (TOMSK REGION)

N.M. NEDOLIVKO

Major facies complexes of late-middle Jurassic continental sedimentation were considered, and those which are more favourable in the formation of sand body reservoirs, widely developed in the south-east Ny-rolski basin (SE West Siberian plate). The litho-geophysic, granulometric and petrographic investigations identified the features of fluvial sedimentation of different genesis; defined litho-genetic rock types formed in the intensive, straight and limited meander-typed river channels of mountain plains. Described litho-geophysic models of fluvial facies in combination with sandbody geometry may be used in genetic investigation of terrigenous strata and in modelling detailed lithic facies maps.

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОКРАЩЕНИЯ СРОКОВ ОКУПАЕМОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ, ЗАТРАЧЕННЫХ НА ПРОВЕДЕНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

В.Е. ПЕШКОВ, М.А. ГОРОДНИКОВ, В.М. ИЗОТОВ, А.С. ИВЛЕВА, И.В. ПЕШКОВ, Д.А. ИВЛЕВ

В статье научно обоснована возможность сокращения количества оценочных скважин, бурящихся с целью получения информации необходимой для обоснования кондиций и подсчёта запасов углеводородного сырья. Эта возможность обосновывается

Эта возможность обосновывается повышением информативности геологоразведочных работ за счёт интерпретации результатов гидродинамических исследований скважин с использованием программного продукта, разработанного в ДП ТО СНИИГГиМС. Эта методика позволяет получить полный комплект гидродинамических параметров, необходимых для подсчёта запасов и гидродинамического моделирования разработки месторождений с их оценкой в межскважинном пространстве даже при наличии данных по одной дискретной точке. Такой подход обеспечивает вести разведку на подтверждение параметров в различных зонах, а не для выявления их.

Полученное теоретическое обоснование подтверждено достаточно убедительным набором практических примеров, изложенных в сжатой форме.

Добыча полезных ископаемых из недр страны требует постоянного поддержания уровня подготовленных запасов, следовательно, открытые и подготовленные к разработке месторождения, имеют высокую потребительскую стоимость, о чем свидетельствуют результаты Валовой национальной доход Российской Федерации на 70–80 % [1] формируется за счет реализации минерально-сырьевых ресурсов и продуктов полученных из них аукционов по продаже нефтяных месторождений.

Эти торги показали, что стоимость тонны разведанных и утвержденных в ГКЗ запасов нефти по промышленным категориям даже на небольших месторождениях, где объем запасов по категориям C_1+C_2 составляет 1,5–2,0 млн тонн, достигает 10 % от мировой цены на нефть. Таким образом, продукция предприятий, занимающихся геологоразведочными работами, не только имеет потребительскую цену, но и рыночная цена обеспечивает высокую рентабельность геологоразведочных работ, а научные исследования, направленные на разработку эффективных методов, позволяющих скорректировать затраты на проведение геологоразведочных работ, так же должны будут востребованы недропользователями.

Одной из научных разработок, направленных на снижение затрат при проведении поисково-оценочных работ на нефть и газ, является методика подсчета запасов по результатам гидродинамических исследований скважин, которая позволяет сократить количество скважин, бурящихся на месторождении для оценки запасов нефти и газа, за счет повышения уровня информативности геологоразведочных работ.