

DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/22\\_2018](https://doi.org/10.17353/2070-5379/22_2018)

УДК 550.832:552.143(571.1)

**Жарков А.М.**

Акционерное общество «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (АО «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, [ins@vnigri.ru](mailto:ins@vnigri.ru);  
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия, [rektorat@spmi.ru](mailto:rektorat@spmi.ru)

**Нефедов Ю.В.**

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия, [yurijnefedov@yandex.ru](mailto:yurijnefedov@yandex.ru)

## ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГЛУБОКОВОДНЫХ ФАЦИЙ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО БАССЕЙНА

*Электрометрические модели фаций, широко применяемые при палеогеографических реконструкциях, разработаны в 1970-1980 гг. для континентальных и мелководноморских отложений Западно-Сибирского бассейна. С принятием клиноформной модели осадконакопления для неокомских отложений этого бассейна стали выделять глубоководные отложения (глубины первые сотни метров). Сегодня глубоководные толщи активно вовлекаются в поисково-разведочные работы, поэтому необходимо дополнить ранее проведённые исследования разработкой электрометрических моделей фаций этих отложений.*

*В работе выделено семь основных фаций, обуславливающих накопление глубоководных отложений, и разработаны их электрометрические модели, что позволит более целенаправленно изучать эти перспективные в нефтегазоносном отношении толщи.*

**Ключевые слова:** *электрометрические модели фаций, клиноформные отложения, глубоководноморские осадки, Западно-Сибирский бассейн.*

По мере исчерпания фонда антиклинальных структур в основных нефтегазодобывающих регионах России всё более актуальной становится проблема поисков неантиклинальных ловушек УВ. Для территории Западной Сибири прогноз распространения этого класса ловушек базируется на реконструкции условий накопления песчаных тел-коллекторов на основе построения палеогеографических карт для узкого стратиграфического интервала, отвечающего седиментационному циклу регионального масштаба. Диагностика генезиса песчаных тел – возможных литологических ловушек нефти и газа при отсутствии или минимальном количестве кернового материала наиболее оптимальна по данным промыслово-геофизических исследований, дающих непрерывную информацию по разрезу скважины. В 70-80 гг. прошлого века В.С. Муромцевым активно разрабатывались электрометрические модели фаций, адаптированные для отложений Западно-Сибирского бассейна, на основе изучения условий седиментации и выявленных зависимостей между электрометрическими и литофизическими свойствами пород [Муромцев, 1984]. В это время считалось, что разрез бассейна сложен континентальными (нижнесреднеюрскими, верхнемеловыми) и мелководноморскими (преимущественно неокомскими) отложениями.

Соответственно обозначенным комплексам отложений разрабатывались электрометрические модели для континентальных и мелководноморских групп фаций.

В последующие годы утвердилась модель клиноформного строения неокомской толщи [Трушкова, Игошкин, Хафизов, 2011]. Согласно этой модели, выделяется мелководная шельфовая терраса (глубины - первые десятки метров), переходящая в глубоководный морской бассейн (глубины - первые сотни метров). Глубоководный бассейн за счёт бокового наращивания (клиноформного) последовательно (циклически) заполняется осадочным материалом. У подножия пошагово перемещающейся шельфовой террасы в глубоководной части бассейна формировались линзы песчаников (ачимовские песчаники), накопление которых обуславливалось стеканием песчаниковой суспензии по каналам стока (зерновые потоки). При наличии депрессионных перегибов на шельфовом склоне отлагались относительно небольшие по размерам линзы склоновых песчаников.

Отложения песчаников образовывались в период начальной фазы осадочных циклов, на последующих этапах накапливалась мощная толща глинистых осадков (рис. 1). Отдельные клиноформы формируются по единой геологической схеме и характеризуются близкими фаціальными условиями накопления отложений в одноимённых частях. В результате новых представлений о строении бассейна, не охарактеризованы, с точки зрения электрометрического моделирования, условия образования глубоководных отложений.

В глубоководном морском бассейне накапливались осадки склона шельфовой террасы, её подножия и открытого моря (удалённой от берега акватории). Две последние группы отложений формировались в наиболее глубоких частях моря, поэтому их можно объединить в группу глубоководноморских осадков. Рассматриваемым отложениям соответствуют определённые условия осадконакопления – комплексы фаций: шельфового склона и глубоководноморских. Как отмечалось выше, электрометрические модели фаций глубокого моря В.С. Муромцевым не изучались, в силу другого понимания строения бассейна. Для сохранения унаследованности и целостности изложения в приведённой ниже таблице электрометрических моделей глубоководных фаций используется атрибутика и продолжается нумерация выделенных фаций согласно исследованиям В.С. Муромцева.

Опыт изучения клиноформных отложений Западно-Сибирского бассейна [Жарков, 2001, 2016] позволяет выделить семь основных глубоководных фаций (табл. 1):



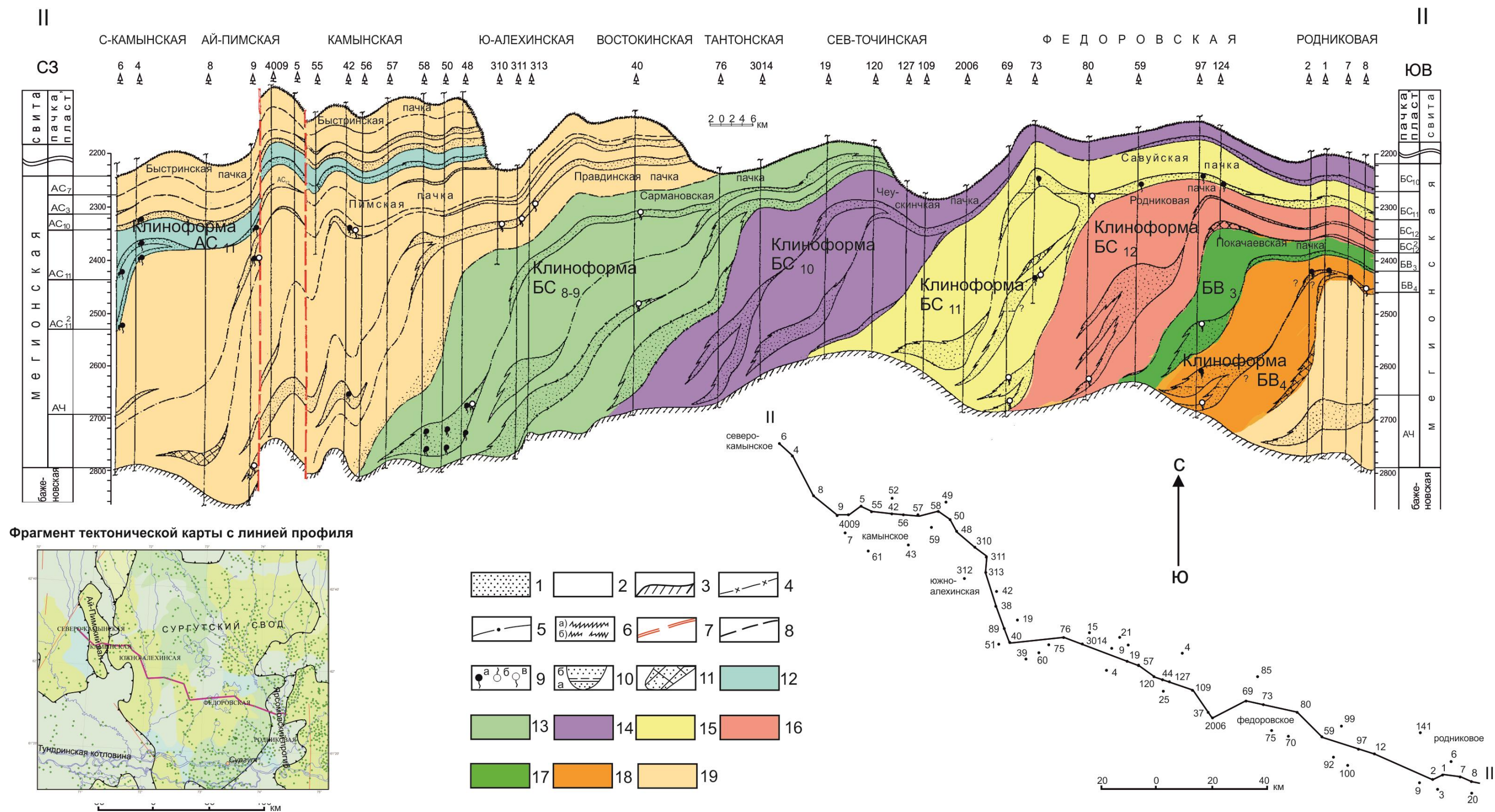


Рис. 1. Геологический разрез морских неоконских отложений по линии II-II

1 - песчаники; 2 - аргиллиты; 3 - кровля баженовской свиты; 4 - участки неуверенной интерпретации; 5 - поверхность подошвы клиноформ; 6 - линия фациального перехода мегийонской свиты в вартовскую: а) уверенная, б) неуверенная; 7 - тектонические нарушения; 8 - контур прослеженных поверхностей; 9 - притоки: а) нефти, б) газа, в) воды; 10 - контур ВНК: а) установленный, б) возможный; 11 - перспективные объекты; 12 - клиноформа АС11; 13 - клиноформа БС8-9; 14 - клиноформа БС10; 15 - клиноформа БС11; 16 - клиноформа БС12; 17 - клиноформа БВ3; 18 - клиноформа БВ4; 19 - не стратифицированные отложения.

Таблица 1

## Электрометрические модели глубоководных фаций Западно-Сибирского бассейна

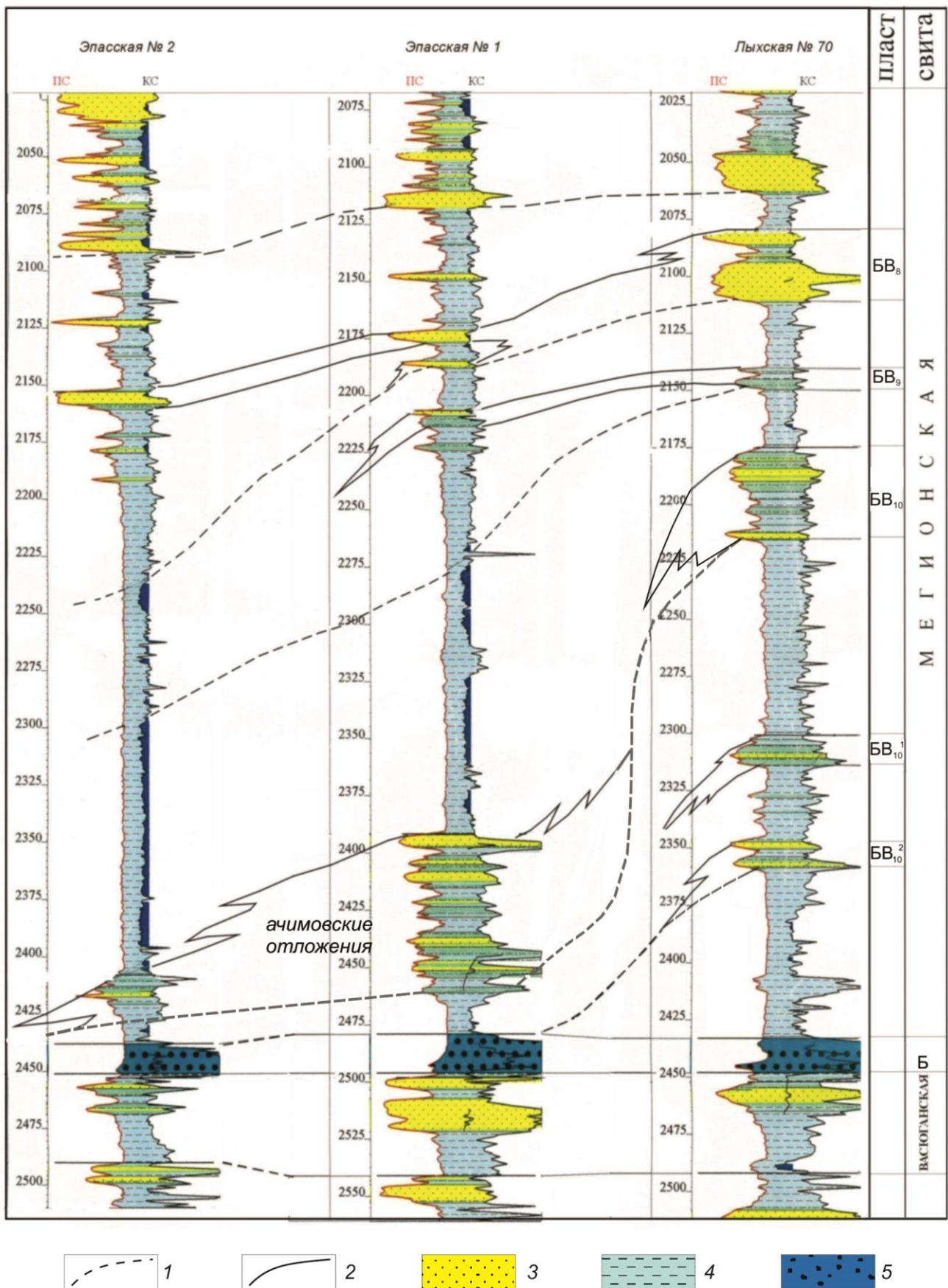
Обстановка осадконакопления	Комплекс фаций	Индекс группы фации	Группа фаций	Формализованная электрометрическая модель группы фаций	№ фации	Электрометрическая модель	Наименование фации	Знак отклонения кривой $\alpha$ ПС	Максимальное значение $\alpha$ ПС	Ширина аномалии ПС (м)	Положение максимального значения $\alpha$ ПС	Максимальная динамическая активность среды седиментации	Уменьшение значения $\alpha$ ПС	Сходные электрометрические модели (по В.С. Муромцеву)
морская	шельфовый склон	I	склоновые		20		зашельфовые песчаники	—	0,5-0,4	единицы	в верхней части	0,6 - 0,4 (средняя)	↓	Краевых частей вдоль береговых баров (регрессивных) и прибрежных валов
					21		склоновые песчаники	—	0,7-0,5	единицы, первые десятки	в нижней части	0,6 - 0,4 (средняя)	↑	Русловых отмелей равнинных меандрирующих рек
					22		фации склона	+	≤ 0,2	десятки, первые сотни	по всей аномалии	0,2 - 0,0 (очень низкая)	↕	Открытого моря и крупных морских заливов
	глубоководноморской	II	зерновых потоков		23		каналы стока	—	1,0-0,8	единицы и десятки	по всей аномалии	0,8 - 0,6 (высокая)	↕	Русловых отмелей спрямленных рек
					24		центральная часть конуса выноса зернового потока	—	1,0-0,6	десятки	в средней части	0,8 - 0,6 (высокая)	↕	Устьевых баров
					25		краевая часть конуса выноса зернового потока	—	0,5-0,4	единицы и десятки	в верхней части	0,2 - 0,4 (низкая)	↓	Песков разливов
	III	дна бассейна		26		“дна” бассейна	+	0	десятки	по всей аномалии	0 (застойные условия)	↕	Открытого моря и крупных морских заливов	



1. Зашельфовые песчаники – выделяются за «бровкой» шельфа, в верхней части склона шельфовой террасы, где в результате сбрасывания штормовыми волнами песчаного материала с шельфовой террасы формируется пачка переслаивания песчаных и глинистых отложений. При этом не утрачивается связь с шельфовым песчаным пластом, он образует «бороду» песчаников вниз по склону шельфовой террасы. Зашельфовые песчаники характеризуются отрицательными показателями кривой  $\alpha$ ПС, значения которой падают от 0,5 до 0,2 вниз по шельфовому склону. Поскольку рассматриваемая толща наблюдается в разрезах скважин в косом сечении, то видимая ширина аномалии ПС составляет до 10 и более метров. Истинная ширина не превышает толщины шельфового пласта, то есть до 10 м. По электрометрическим характеристикам фацию зашельфовых песчаников можно сопоставить с условиями отложений краевых частей вдоль береговых баров (регрессивных) и прибрежных валов. Примером рассматриваемой фации служат отложения, вскрытые скв. 70 – Лыхской, на глубине от 2175 до 2218 м (рис. 2).

2. Склоновые песчаники – обуславливаются депрессиями шельфового склона, где накапливается песчаный материал в результате замедления стекания зерновых потоков по каналам стока с шельфовой террасы к подножию шельфового склона. Опыт изучения клиноформных отложений позволяет заключить, что формирование склоновых песчаников явление не частое. Накапливаются, как правило, небольшие линзы (первые сотни метров по контуру склона) промытых песчаников, обладающих улучшенными коллекторскими свойствами. Склоновые песчаники характеризуются отрицательными значениями кривой  $\alpha$ ПС (0,7 - 0,5). Примером являются отложения, вскрытые скв. 712 – Качкарской, на глубине от 2585 до 2592 м (рис. 3). По электрометрическим данным фации склоновых песчаников можно сопоставить с условиями накопления русловых отмелей равнинных, меандрирующих рек.

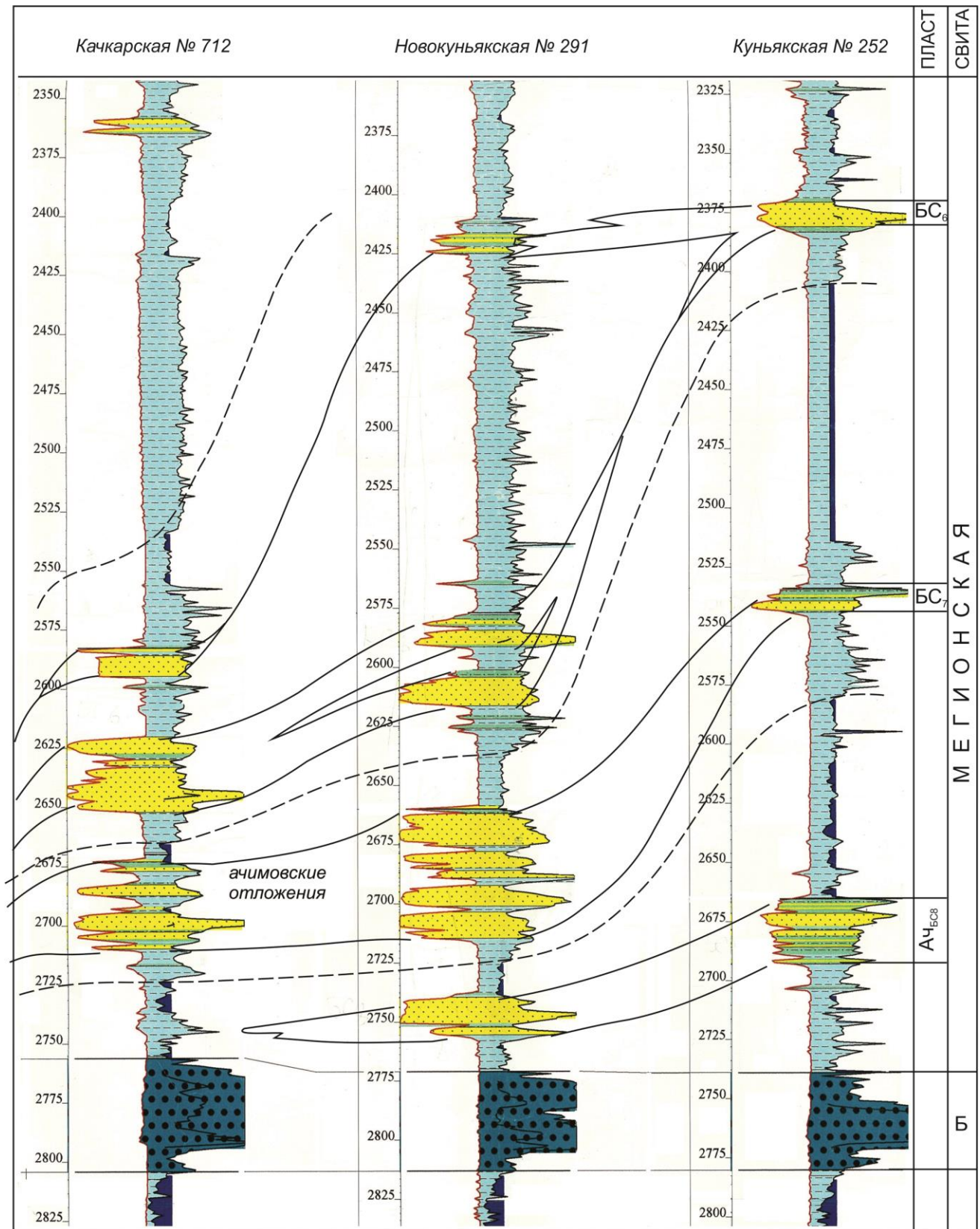
3. Фации склона - выделяются в акватории открытого моря, где накапливаются глинистые отложения, вследствие осаждения пеллитового материала из взвеси, когда этот материал опускается ниже базиса волновой эрозии. Основной объём осадка аккумулируется вдоль шельфовой террасы. По мере удаления от неё накопление осадка резко сокращается, рассматриваемые фации постепенно переходят в отложения «дна» бассейна. Ширина аномалии – десятки, первые сотни метров. Фации склона характеризуются положительным знаком кривой  $\alpha$ ПС (менее 0,2). Примером служат отложения, вскрытые в интервале от 2238 до 2410 м в скв. 2 – Эпасская (см. рис. 2). По электрометрическим данным фации склона можно сопоставить с условиями осадконакопления в открытом море или крупных морских заливах.



**Рис. 2. Глубоководные отложения Западно-Сибирского бассейна (клиноформа БВ10)**

1 - границы клиноформ (границы несогласных залегаий); 2 - предполагаемые контуры песчаных пластов и пачек; 3 - песчаник; 4 - аргиллит; 5 - отложения баженовской свиты.





**Рис. 3. Глубоководные отложения Западно-Сибирского бассейна (клиноформы БС6, БС7)**  
Усл. обозначения см. на рис. 2.

4. Каналы стока – развиты в условиях пологого склона шельфовой террасы, когда наиболее грубые осадки зернового потока оседают в придонных частях каналов стока. При

этом накапливаются промытые песчаники с улучшенными коллекторскими свойствами. Фации каналов стока характеризуются отрицательными значениями кривой  $\alpha$ ПС (от 1,0 до 0,8). Примером служат отложения, вскрытые в интервале от 2621 до 2655 м в скв. 712 – Качкарская (см. рис. 3). По электрометрическим данным накопление рассматриваемых отложений можно сопоставить с фациями русловых отложений спрямлённых рек.

5. Центральная часть конуса выноса зернового потока (ачимовские отложения, примыкающие к каналу стока) – выделяется у подножья склона шельфовой террасы, где вследствие выполаживания поверхности стока теряется скорость зернового потока и осаждаются песчаные осадки. Энергия потока теряется не сразу, поэтому в центральной части конуса выноса формируются промытые песчаники с улучшенными коллекторскими свойствами. Рассматриваемые фации характеризуются отрицательными значениями  $\alpha$ ПС (1,0 – 0,6). Поскольку сброс песчаникового материала имел циклический характер локального масштаба, то песчаниковые отложения переслоились прослоями пеллитовой размерности. Ширина аномалий составляет десятки метров. Примером являются отложения, вскрытые в интервале от 2662 до 2715 м в скв. 291 – Новокуньякская (см. рис. 3). Фации центральной части конуса выноса можно сопоставить с условиями накопления отложений устьевых баров.

6. Краевая часть конуса выноса зернового потока (является продолжением выше описанных условий осадконакопления, но в менее динамичных характеристиках водной среды) – развита по периферии депоцентров песчаности ачимовских отложений. Соответственно, разрез песчаных отложений имеет более выраженную глинистую составляющую, как правило, содержит многочисленные прослои глинистых пород. Ширина аномалии составляет единицы, редко первые десятки метров. Рассматриваемая фация характеризуется отрицательными значениями  $\alpha$ ПС (0,5–0,4). Примером отложений служат породы, вскрытые в интервале 2410-2435 м, в скв. 2 – Эпаская (см. рис. 2). По электрометрическим данным фации краевой части конуса выноса зернового потока можно сопоставить с условиями осадконакопления песков разливов речных пойм.

7. «Дно» бассейна - обуславливает условия осадконакопления в акватории открытого глубоководного шельфового моря с богатым растительным и животным миром. По периферии рассматриваемого бассейна накапливался приносимый реками в циклическом режиме мелкотонкозернистый материал в регрессивных условиях «клиноформного» осадконакопления. Далее, в небольшом удалении от берега (первые десятки километров), на дне бассейна отлагался тонкий слой глинисто-кремнисто-органического состава. Из совокупности этих слоёв со временем образовалась широко известная баженовская свита, имеющая толщину около 30 м (см. рис. 2, 3). Отложения характеризуются застойными



условиями среды седиментации. Значения кривой  $\alpha$ ПС приравняются к нулю. Рассматриваемые фации не имеют близких по условиям формирования отложений среди совокупности основных фаций рассматриваемого бассейна, с определённой долей условности рассматриваемые фации можно сопоставить с условиями осадконакопления открытого моря и крупных морских заливов.

Таким образом, изучение глубоководных отложений позволило выделить семь основных фаций, обуславливающих накопление этих отложений, и рассмотреть выделенные фации с позиций электрометрического моделирования. Разработанные электрометрические модели дают возможность более целенаправленно изучать активно вовлекаемые в поисково-разведочные работы глубоководные толщи Западно-Сибирского бассейна.

### Литература

*Жарков А.М.* Неантиклинальные ловушки УВ в нижнемеловой клиноформной толще Западной Сибири // Геология нефти и газа. - 2001. - № 1. - С. 18-23.

*Жарков А.М.* Особенности геологического строения и прогноз распространения залежей углеводородов в ачимовской толще Западной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2016. - Т.11. - №4. - [http://www.ngtp.ru/rub/4/51\\_2016.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/4/51_2016.pdf). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/51\\_2016](https://doi.org/10.17353/2070-5379/51_2016)

*Муромцев В.С.* Электрометрическая геология песчаных тел - литологических ловушек нефти и газа. - Л.: Недра, 1984. - 260 с.

*Трушкова Л.Я., Игошкин В.П., Хафизов Ф.З.* Клиноформы неокома. – СПб.: ВНИГРИ, 2011. – 125 с.

**Zharkov A.M.**

All Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St. Petersburg, Russia, ins@vnigri.ru; Saint-Petersburg mining University, St. Petersburg, Russia, rectorat@spmi.ru

**Nefedov Yu.V.**

Saint-Petersburg mining University, St. Petersburg, Russia, yurijnefedov@yandex.ru

**ELECTROMETRICAL MODELS OF DEEP FACIES SEQUENCES  
IN WESTERN-SIBERIAN BASIN**

*Electrometrical models of facies, widely used in paleogeographic reconstructions, were developed in 1970-1980 for the continental and shallow-water sequences of the Western-Siberian Basin. With the adoption of a clinof orm model of sedimentation for the Neocomian sections of this basin, deep-water deposit (depths of the first hundreds of meters) began to be identified. Today, the deep-water strata are actively involved in prospecting and exploration, and it is therefore necessary to complete the earlier studies with the development of electrometric models of the facies of these deposits. Seven main facies, which control the accumulation of deep-water sequences, are described in this paper, and their electrometrical models are developed, fact which will make it possible to study these promising petroleum-bearing strata more properly.*

**Keywords:** *electrometrical model of facies, clinof orm sequences, deep-water deposit, Western-Siberian Basin.*

**References**

Muromtsev V.S. *Elektrometricheskaya geologiya peschanykh tel - litologicheskikh lovushek nefti i gaza* [Electrometrical geology of sand bodies - lithological traps of oil and gas]. Leningrad, Nedra, 1984, 260 p.

Trushkova L.Ya., Igoshkin V.P., Khafizov F.Z. *Klinof ormy neokoma* [Neocomian Clinof orms]. St. Petersburg: VNIGRI, 2011, 125 p.

Zharkov A.M. *Neantiklina'nye lovushki uglevodorodov v nizhnemelovoy klinof ormnoy tolshche Zapadnoy Sibiri* [Non-anticline hydrocarbon traps in the Lower Jurassic clinof orm of Western Siberia]. *Geologiya nefti i gaza*, 2001, no. 1, p. 18-23.

Zharkov A.M. *Osobennosti geologicheskogo stroeniya i prognoz rasprostraneniya zalezhey uglevodorodov v achimovskoy tolshche Zapadnoy Sibiri* [Geological structure and forecast of hydrocarbon accumulation distribution in Achimov formation of Western Siberia]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2016, vol. 11, no. 4, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/4/51\\_2016.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/4/51_2016.pdf). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/51\\_2016](https://doi.org/10.17353/2070-5379/51_2016)

© Жарков А.М., Нефедов Ю.В., 2018