

Жарков А.М.Акционерное общество «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (АО «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, ins@vnigri.ru

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ПРОГНОЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В АЧИМОВСКОЙ ТОЛЩЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Рассмотрены условия осадконакопления и масштабы развития ачимовских отложений. Показаны высокие перспективы их нефтегазоносности, но при этом отсутствие методики поисков приуроченных к ним скоплений углеводородов. Приведена существующая концепция формирования песчаников и дана модель накопления депоцентов песчаности ачимовской толщи на основе неравномерного уплотнения краевой части мелководных шельфовых отложений. Выполненный прогноз зон распространения залежей углеводородов позволяет повысить эффективность поисковых работ.

Ключевые слова: углеводороды, ачимовские песчаники, депоценты песчаности, целевой объект поисково-разведочных работ, Западная Сибирь.

Ачимовские песчаники Западной Сибири изучаются, начиная с последней четверти прошлого века, и на сегодняшний день открыты и разрабатываются приуроченные к ним залежи углеводородов (УВ). Однако, до сих пор остались не решёнными важные вопросы их строения и нефтегазоносности: прогноз развития улучшенных коллекторов и приуроченности к ним залежей УВ; развитие скоплений нефти и газа в песчаниках с плохими коллекторскими свойствами; нефтегазогеологическое районирование и оценка ресурсов УВ ачимовского нефтегазоносного комплекса; проявление сингенетичной осадконакоплению дизъюнктивной тектоники за счёт цикличного заполнения осадочного бассейна; параметры связи нефтегазоматеринской баженовской свиты с коллекторами ачимовской толщи и проч. Соответственно, дальнейшее изучение ачимовских отложений весьма актуально.

Условия и масштаб формирования. Изучение строения ачимовских отложений, позволяет реконструировать параметры глубоководного морского бассейна, в котором они формировались. Средняя ширина шельфовой террасы составляла порядка 30-50 км, а глубина шельфового моря - 20-30 м, в то время как глубоководная часть моря имеет глубины от 200 м на юге, до 500 м на севере, составляя в районе Широтного Приобья около 300 м (рис. 1, 2). В центральной, наиболее изученной части Западно-Сибирского осадочного бассейна выделяется тринадцать регионально протяжённых клиноформ. Изученные циклиты ачимовских песчаников этих клиноформ характеризуются общей протяжённостью около 9000 км, шириной порядка 30 м и средними толщинами 20-30 м.

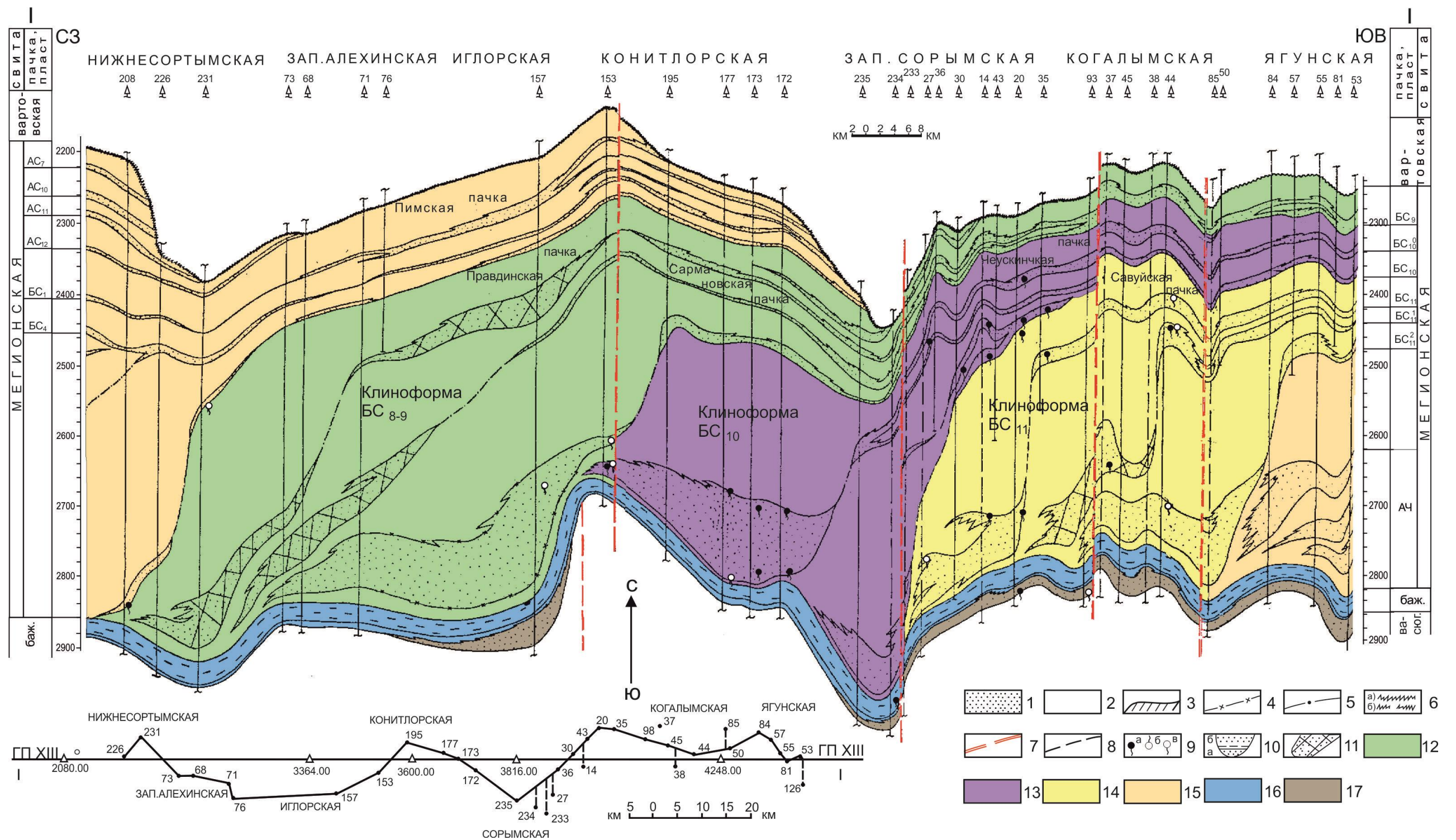


Рис. 1. Геолого-геофизический разрез морских неокимских отложений по линии I-I' (составитель А.М. Жарков)

1 - песчаники; 2 - аргиллиты; 3 - кровля баженовской свиты; 4 - участки неуверенной интерпретации; 5 - поверхность подошвы клиноформ; 6 - линия фациального перехода мегонской 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 БС8-9; 13 - клиноформа БС10; 14 - клиноформа БС11; 15 - клиноформы за пределами Сургутского района; 16 - баженовская свита; 17 - пласты песчаников ниже баженовской свиты; НИЖЕСОРТЫМСКАЯ - площади поисково-разведочных работ.

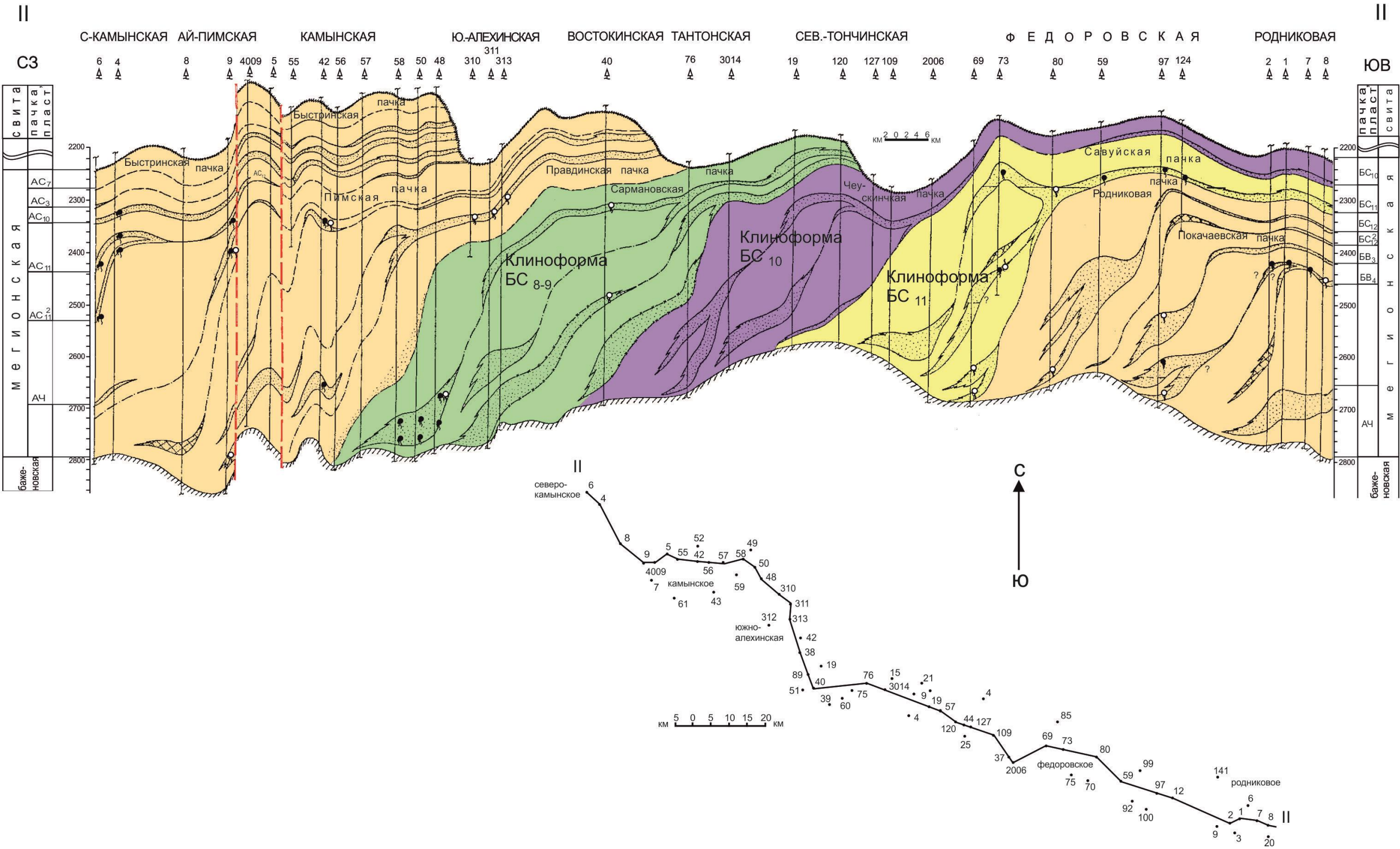


Рис. 2. Геолого-геофизический разрез морских неокимских отложений по линии II-II (составитель А.М. Жарков)

Условные обозначения см. на рис. 1.

Соответственно общая площадь распространения ачимовских песчаников составляет 235 170 км², что, без малого, равняется двум Грециям или трём Австриям, при средней мощности песчаников около 20 м (табл. 1) [Трушкова, Игошкин, Хафизов, 2011].

Следовательно, масштаб развития ачимовской толщи соответствует региональному уровню и может выступать в качестве целевого объекта поисково-разведочных работ.

Таблица 1

Параметры развития ачимовских отложений
(по материалам [Трушкова, Игошкин, Хафизов, 2011])

Номер п\п	Ачимовские циклиты клиноформных комплексов (изученная часть)	Длина (км)	Ширина (км)	Эффективные мощности песчаников (м)
1	Тагринский	350	-	-
2	Узонский	205	-	-
3	Самотлорский	1000	-	достигает 80-90
4	Урьевский	1000	15-30	30-60
5	Моховой	880	0-75	0-120
6	Родниковый	880	17,5-45	20-80
7	Савуйский	880	10-40	20-100
8	Чеускинский	880	15-50	0-70
9	Сармановский	880	25-30	40-110
10	Правдинский	880	7,5-40	10-90-140
11	Пимский	320	15-22	10-15-110
12	Приобский	555	22-58	10-20-70
13	Быстринская	-	-	-
Суммарная площадь 235 170 км ²		Всего 8710	Сред. значения 27	Сред. значения 20-30

Нефтегазоносность. Ачимовские песчаники являются первой коллекторской толщей на пути миграции нефти и газа из нефтематеринских пород баженовской свиты в шельфовые комплексы неокома. Соответственно перспективы нефтегазоносности этой толщи, при наличии коллекторов (масштабы распространения ачимовских песчаников рассматривались выше) и надёжных покрышек (песчаники перекрыты мощной глинистой толщей, от 100 до 200 м) предполагаются высокими. Это подтверждается статистическими данными, только на территории ХМАО, согласно Госбалансу, в отложениях ачимовской толщи выявлено свыше 500 залежей нефти с суммарными извлекаемыми запасами около 1 млрд. т. Практически все залежи выявлены не в результате целенаправленных поисков, а «случайно» в ходе поисково-разведочных работ на нижележащие юрские отложения. Видимо можно считать, что методики поисков залежей УВ в отложениях ачимовской толщи не существует.

Очевидно, что в региональном плане на севере Западной Сибири УВ-насыщение рассматриваемых песчаников будет газовым, а на юге – нефтяным, согласно катагенезу ОВ и генерационным возможностям баженовской - нефтегазоматеринской свиты.

По данным О.Г. Зарипова ачимовские песчаники представлены плохо и средне сцементированными, мелкозернистыми разностями со значительной долей алевритовой фракции (до 30-40%). Пористость меняется от 3-4 до 21-22%, преобладающие значения составляют 16-17%. Проницаемость пород невысокая, в большинстве случаев составляет 0,1-4 мд (редко до 30-40 мд), значительная часть пород характеризуется проницаемостью менее 0,01 мд [Трушкова, Игошкин, Хафизов, 2011]. Не однозначные характеристики ачимовского коллектора свидетельствуют о различных фациальных условиях его формирования. Считается, что улучшенные коллекторы приурочены к каналам стока осадочного материала, где песчаники будут наиболее промыты.

По характеристикам песчаников можно заключить, что выявленные на сегодняшний день, скопления УВ в основном приурочены к коллекторам плотных пород, которые имеют широкое развитие в ачимовской толще. В случае целенаправленного проведения поисков и выявления залежей в песчаниках с хорошим коллекторским потенциалом запасы УВ возрастут многократно.

Особенности геологического строения. За период изучения рядом исследователей была разработана общая концепция накопления ачимовских песчаников:

- 1 - ачимовские песчаники являются составной частью клиноформного структурно-формационного комплекса;
- 2 - каждому шельфовому циклу соответствует, сбрасываемая к подножью шельфового склона толща ачимовских песчаников;
- 3 - сбрасывание песчаного материала за бровку шельфа осуществляется не однократно и обуславливается условиями формирования краевой части шельфового склона, что хорошо просматривается на вышеприведённых геологогеофизических разрезах (см. рис. 1, 2); 4 - ачимовские песчаники характеризуются не выдержанными по простиранию толщинами, отмечаются периодические «раздувы», депоцентры песчаности; 5 - аномальные разрезы баженовской свиты, обусловленные внедрением в последнюю ачимовских песчаников, в значительной мере связаны с проявлением сингенетичной осадконакоплению дизъюнктивной тектоники в краевой части шельфовых отложений.

К настоящему времени, по мнению автора, отмечается спад исследовательского интереса как в целом к уникальному по своей геологической природе клиноформному комплексу циклического заполнения глубоководного внутриконтинентального морского бассейна Западной Сибири в целом, так и к яркому фрагменту этого явления – отложениям нефтегазоносных ачимовских песчаников. На сегодняшний день изучение ачимовских отложений проводится на отдельных участках, реже осуществляется детализация строения (главным образом за счёт повышения разрешающей способности сейсмоки) небольших

фрагментов толщи (аномальные разрезы баженовской свиты и др.). Начиная с ранних этапов изучения ачимовских песчаников, некоторые исследователи (В.П. Игошкин) отмечали упорядоченное (близкое к шахматному) расположение депоцентров ачимовской толщи. Признавая это обстоятельство, можно констатировать, что существует определённая связь между отложениями соседних осадочных циклов накопления песчаников. Рассматривая с этих позиций краевую часть шельфового комплекса, обратим внимание на то, что он подстилается различными по плотности породами. В случае, когда разрез вскрывает депоцентр песчаности (точки А и В, на корреляционном профиле рис. 3) он содержит большую долю песчаных пород, а когда вскрывается участок между двумя депоцентрами, разрез существенно глинистого состава отложений (точка Б на корреляционном профиле). Поскольку глинистые породы при захоронении уплотняются в несколько раз более интенсивно, чем песчаники, то в результате ступенчатый рельеф кромки шельфа обычен. Над захоронёнными депоцентрами песчаности будут фиксироваться поднятия, а между ними впадины. Соответственно, каналы стока песчаного материала, формирующие депоцентр песчаности последующего клиноформного цикла, будут приурочены к депрессионному участку кромки шельфа, то есть между двумя депоцентрами песчаности предыдущего осадочного цикла и т.д. (см. рис. 3).

В подтверждение сказанного можно отметить, что с западной (Уральской) стороны неокомского бассейна, где клиноформное осадконакопление характеризуется исключительно глинистыми осадками, наблюдаются относительно выдержанные толщины отложений.

Таким образом, мы можем прогнозировать развитие улучшенных коллекторов (наиболее отсортированных, промытых от глинистой составляющей) в песчаниках ачимовской толщи, приуроченных к комплексам отложений каналов стока песчаного материала от «бровки» шельфа к его подножью и возможно связанных с этими отложениями залежей УВ. При этом следует отметить отдельные моменты, по которым отмечались различные точки зрения или нет однозначного понимания.

Первый из них: как формируются каналы стока и, что является движущей силой для переноса песчаного материала.

На начальных этапах изучения ачимовской толщи предполагалось, что сброс песчаного материала осуществляется хаотично турбидитными потоками, но керновый материал и данные ГИС дают чёткую дифференциацию осадочных отложений, не характерную для турбидитов. В последующем стало развиваться мнение об авандельтовой природе сброса песчаного материала вниз по континентальному склону. Однако, фаций крупных водотоков, в шельфовой части морского бассейна не отмечается, а мелкие водотоки вряд ли сумеют «пробить» 50-ти километровую мелководную шельфовую террасу.

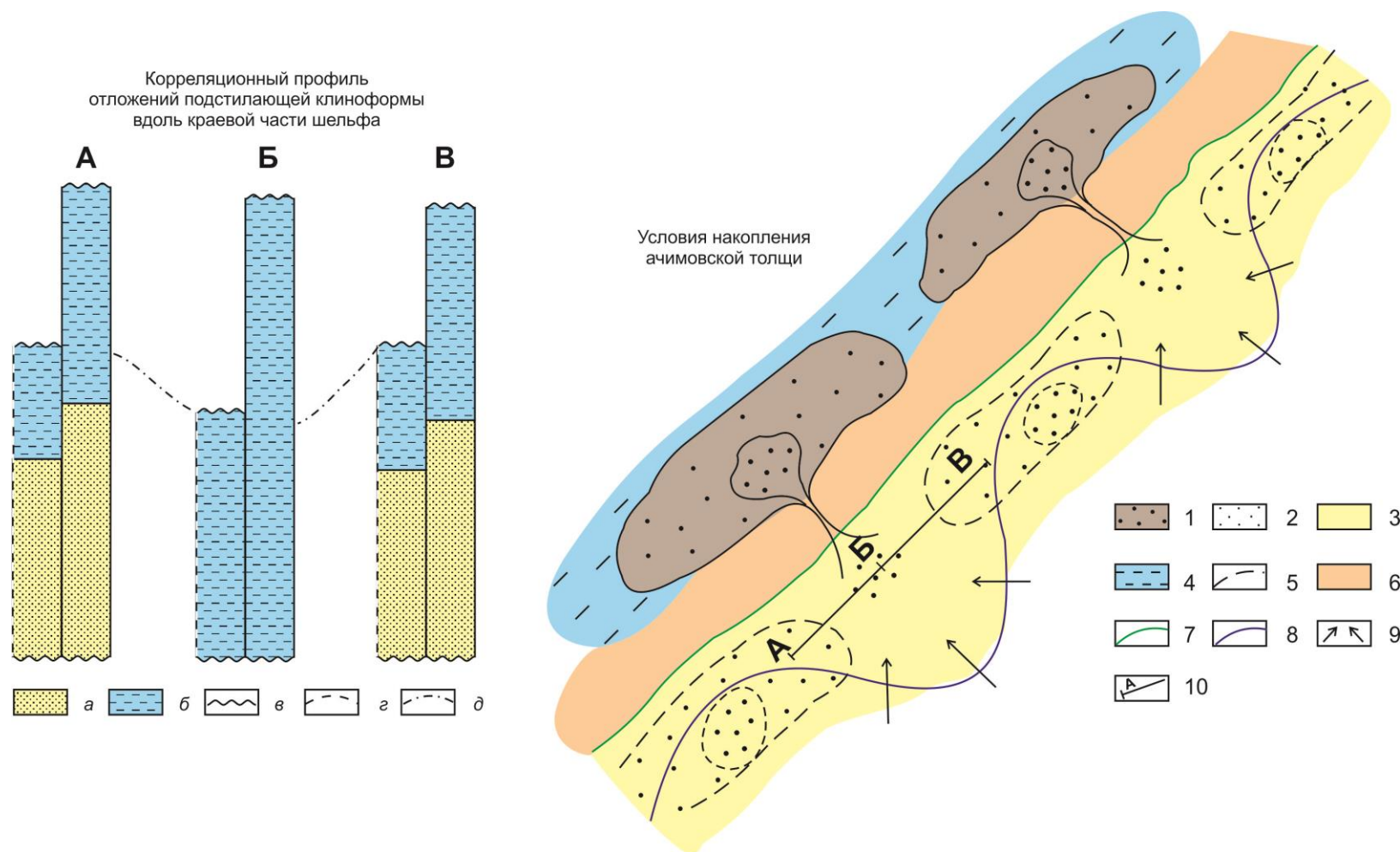


Рис. 3. Принципиальная геологическая модель формирования депоцентров ачимовских песчаников (составитель А.М. Жарков)

а - песчаники; б - глины; в - границы подстилающей и перекрывающей клиноформы; г - разрез после уплотнения; д - гипсометрия поверхности краевой части шельфа после уплотнения отложившихся пород. 1 - ачимовские песчаники с улучшенными коллекторскими свойствами (наиболее промытые); 2 - ачимовские песчаники с низкими коллекторскими свойствами (глинистые); 3 - шельфовые песчаники; 4 - глубоководные глины; 5 - контуры погребенных (подстилающей клиноформы) депоцентров ачимовских песчаников; 6 - шельфовый склон; 7 - бровки шельфа; 8 - проникновение морских волн за бровку шельфа; 9 - направление переноса песчаного материала к каналу стока; 10 - контур корреляционного профиля. А, Б, В – прогнозируемые разрезы в точках депоцентров подстилающей клиноформы и между ними.

Учитывая это обстоятельство, многие исследователи считают, что сброс песчаного материала осуществлялся периодически по узким, врезающимся в подстилающий слабо литифицированный глинистый осадок, каналам стока песчаного материала. Такие каналы сложно обнаружить по сейсмическим данным, поскольку их размеры не велики. Однако, интерпретаторы сейсмических материалов часто выделяют многочисленные, хаотично расположенные каналы стока. Очевидно, их выделение не отвечает действительности, поскольку не даёт объяснения целому ряду явлений и процессов формирования ачимовских песчаников. Прежде всего не объясняет, как же структурировались песчаники, как формировались их депоцентры (последние были выделены по данным бурения). В среднем на 37 км длины ачимовского циклита приходится один депоцентр песчаности, при этом средняя протяжённость депоцентра равняется 17 км, а в целом депоцентры составляют около 40% от протяжённости циклита (табл. 2).

Таблица 2

**Характеристика депоцентров песчаности отдельных циклитов
ачимовской толщи (по материалам [Трушкова, Игошкин, Хафизов, 2011])**

Номер п\п	Названия циклитов	Параметры депоцентров песчаности		Отношение протяжённости циклита к депоцентру (%)
		Количество депоцентров в циклите	Протяжённость депоцентра (км)	
1	Самотлорский	24	29	70
2	Урьевский	18	21	40
3	Моховой	27	14	42
4	Родниковый	16	14	25
5	Чеускинский	19	7	15
6	Сармановский	32	11	42
7	Правдинский	23	10	26
8	Пимский	8	16	39
9	Приобский	19	11	37
Средние значения		21	17	37

Использование модели формирования структуры краевой части шельфа позволяет дополнить представления о динамике песчаного осадка, формирующего ачимовскую толщу. Мощные волны, образованные в глубоководной части морского бассейна, быстро разрушаются (забуруниваются) на выступах краевой части шельфа, слабо влияя на динамику переноса песчаного осадка. В то время как волны, приходящие в депрессионные части края шельфовой террасы, проникают относительно далеко, от бровки шельфа, промывая и переноса песчаный осадок, с учётом гравитационной составляющей, в наиболее низкие участки краевой зоны шельфовой террасы и формируя каналы стока (см. рис. 3).

Вторым, недостаточно ясным, моментом является формирование аномальных разрезов баженовской свиты.

Учитывая предложенную модель накопления депоцентров ачимовской толщи, исключая возможность высоко динамичных процессов переноса осадочного материала, для объяснения процессов, приводящих к формированию аномальных разрезов баженовской свиты, предполагаются проявления сингенетичной осадконакоплению дизъюнктивной тектоники. Заполнение Западно-Сибирского бассейна происходило циклично, с шагом около 30 км, соответствующим средней ширине закартированных циклитов ачимовских составляющих клиноформного комплекса (см. табл.1). Наиболее интенсивно осадконакопление происходило в сравнительно узкой вдольсклоновой полосе, где накапливались осадки толщиной 200-300 м. Давление такой мощной толщи осадков за счёт неравномерного распределения статистических нагрузок приводит к возникновению тектонических напряжений. Соответственно, максимальные тектонические напряжения возникали вдоль фронта «штампом» продвигающийся шельфовой террасы и там, где подстилающий субстрат не выдерживал нагрузки в краевой части шельфа образовывалось дизъюнктивное нарушение субпараллельное склону, сбросового характера, ограниченное с обеих сторон по простиранию, на участках смены механических свойств субстрата, так же, сбросами. После того, как начинал формироваться следующий цикл осадконакопления, нагрузка перемещалась к новой фронтальной части шельфа, следующей клиноформы, а предыдущая в зоне развития сбросов, вероятно, испытывала инверсию. Примером проявления дизъюнктивной тектоники в краевой части шельфа является Сугмутская площадь, где залежь УВ приурочена к тектонически ограниченной структурно-литологической ловушке [Жарков, 2001]. Проявление изохронной осадконакоплению дизъюнктивной тектоники создавало импульс (толчок), посредством которого обуславливало оползни на наиболее крутых участках шельфowego склона (скорее всего более крутые склоны формируются на участках развития депоцентров песчанности). Такие оползни и формировали аномальные разрезы слабо литифицированной в это время баженовской свиты, за счёт внедрения в них фрагментов ачимовской толщи. Конечно, оползневые процессы ухудшают коллекторские свойства песчанников, тем не менее к аномальным разрезам баженовской свиты могут быть приурочены литологические или структурно-литологические ловушки УВ.

Приведённая модель формирования депоцентров ачимовских песчанников позволяет понять общую картину накопления ачимовской толщи и генезис отдельных её фрагментов (депоцентров песчанности, улучшенных коллекторов, аномальных разрезов баженовской свиты)

Прогноз распространения залежей углеводородов. Предполагается, что залежи УВ в ачимовских песчанниках связаны с двумя классами коллекторов:

- обладающих хорошими коллекторскими свойствами, приуроченным к каналам стока

песчаного материала и ареалам распространения песчаников вокруг них в шельфовой и подножья шельфового склона (ачимовские песчаники) зонах. Площади этих зон не выдержаны, так как обуславливаются конкретной фациальной ситуацией, палеорельефом и динамикой поступления песчаного материала.

- обладающих плохими коллекторскими свойствами, главным образом пониженной проницаемостью, соответственно залежи УВ, приуроченные к ним, могут рассматриваться как залежи с трудно извлекаемыми запасами (ТРИЗ). Из общегеологических соображений, можно заключить, что коллекторский потенциал рассматриваемого класса коллектора, приуроченный к ачимовским песчаникам, по мере увеличения расстояния от канала стока будет убывать. Последнее, вероятно, обусловлено интенсивным обогащением песчаников беспрерывно оседающей глинистой фракцией осадочного материала в примыкающей к шельфовой террасе глубоководной части морского бассейна.

В первом случае, заполнение ловушки УВ будет осуществляться при наличии возможностей попадания флюидов УВ из баженовской свиты в коллектор (при минимальной глинистой перемычке между коллектором и нефтегазоматеринской свитой) и надёжных удерживающих свойствах покрышки (максимальной глинистой перемычке между коллектором и песчаниками шельфового комплекса). При невыполнении обозначенных условий УВ флюид или не попадёт в ловушки ачимовских песчаников, или будет напрямую уходить из баженовской свиты в ловушки шельфовых отложений.

Рассматривая вопрос нефтегазоносности хороших коллекторов (каналов стока и их ареалов) следует акцентировать достоинства предложенной модели формирования депоцентров ачимовских песчаников. Если при хаотичном сбросе песчаного материала за бровку шельфа придётся опойсковывать каждый циклит ачимовских песчаников, вдоль всего его фронта, то использование модели прогноза каналов стока позволит сократить область поиска почти на 60%, так как среднее значение отношения протяжённости циклитов к депоцентрам характеризуется величиной в 40%, а эффективные коллекторы приурочены к депоцентрам песчаности (см. табл. 1, 2).

Во втором случае, анализируя условия формирования залежей УВ в плохих коллекторах ачимовской толщи, следует упомянуть, что генерация УВ в баженовской свите сопровождается образованием аномально высоких пластовых давлений [Справочник по геохимии..., 1998].

Коллекторские свойства плотных ачимовских песчаников, значительно лучше, чем пород баженовской свиты, поэтому УВ будут выталкиваться из нефтематеринских отложений в ачимовские песчаники при соблюдении следующих условий:

1. наличие зоны генерации УВ, прежде всего газа, в баженовской свите;

2. отсутствие условий оттока УВ в подстилающие или перекрывающие породы;
3. сближенные контакты ачимовских песчаников и нефтематеринских отложений;
4. поскольку коллекторский потенциал ачимовских песчаников убывает к периферийным частям депоцентров песчанистости, то наиболее перспективными в нефтегазоносном отношении будут участки приближенные к каналам стока осадочного материала. Методами геологического анализа прогноз таких участков вполне возможен.

Согласно высказанным позициям намечено решение важных для прогноза нефтегазоносности ачимовской толщи и пока не решённых вопросов.

Заключение. В изложенных материалах отражено состояние поисков УВ в ачимовских песчаниках на настоящее время и дана оценка масштабов распространения песчаников и их нефтегазоносности; разработана модель формирования депоцентров ачимовских песчаников; рассмотрено проявление сингенетичной осадконакоплению дизъюнктивной тектоники и её влиянию на формирование аномальных разрезов баженовской свиты; намечена методика прогноза улучшенных коллекторов в ачимовской толще, как предполагаемого объекта скоплений УВ; приведены условия формирования залежей УВ в плотных породах ачимовской толщи (ТРИЗ) и намечены наиболее благоприятные участки распространения возможных залежей УВ.

Литература

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

Справочник по геохимии нефти и газа / Под редакцией С.Г. Неручева. – СПб.: «Недра», 1998. - 576 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

GEOLOGICAL STRUCTURE AND FORECAST OF HYDROCARBON ACCUMULATION DISTRIBUTION IN ACHIMOV FORMATION OF WESTERN SIBERIA

The sedimentation conditions and development scale of the Achimov strata are analyzed. High prospects of their petroleum potential and the lack of search methodology for hydrocarbon accumulations confined to Achimov formation are shown. The current concept of sandstone sequences is described; and the model of sandstone depocenters accumulation of Achimov strata based on uneven thickening of the edge of the shallow shelf deposits is given. The forecast of hydrocarbon deposits distribution zones can increase the effectiveness of prospecting.

Keywords: hydrocarbons, Achimov formation, depocenter of sandstone, target of exploration, Western Siberia.

References

Spravochnik po geokhimii nefiti i gaza [Handbook on geochemistry of oil and gas]. Ed. S.G. Neruchev. St. Petersburg: «Nedra», 1998, 576 p.

Trushkova L.Ya., Igoshkin V.P., Khafizov F.Z. *Klinoformy neokoma* [Neocomian Clinoforms]. St. Petersburg: VNIGRI, 2011, 125 p.

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

© Жарков А.М., 2016