

На правах рукописи



Сулова Анна Анатольевна

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ
ЮРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО КОМПЛЕКСА
БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО ШЕЛЬФА**

специальность: 25.00.12 – геология, поиски и разведка нефтяных и
газовых месторождений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2013

Работа выполнена на кафедре геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

- Научный руководитель:** Доктор геолого-минералогических наук, профессор *Конюхов Александр Иванович*
- Официальные оппоненты** Доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник *Малышев Николай Александрович*
(Зам. директора Департамента геолого-разведочных работ и лицензирования, ОАО «НК «Роснефть»)
- Кандидат геолого-минералогических наук, *Афанасенков Александр Петрович*
(Первый заместитель генерального директора ФГУП «ВНИГНИ»)
- Ведущая организация** ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового Океана имени академика И.С. Грамберга»

Защита диссертации состоится 13 декабря 2013 года в 14 час. 30 мин. на заседании диссертационного совета Д 501.001.40 при Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, Главное здание МГУ, геологический факультет, аудитория 829.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале научной библиотеки Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова в отделе диссертаций Фундаментальной библиотеки по адресу: Ломоносовский проспект, 27.

Автореферат разослан 12 ноября 2013 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета



Карнюшина Е.Е

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Баренцевоморский бассейн является одним из наиболее крупных нефтегазоносных бассейнов России с доказанной продуктивностью. Уникальное Штокмановское и крупные Ледовое и Лудловское газовые месторождения были открыты в юрских отложениях российской части Баренцева моря. Юрские песчаные резервуары продуктивны и в норвежском секторе, где открыты газовое месторождение Сновит и нефтегазовые Хавис, Скругарт. В 2013 году норвежскими геологами сделано новое нефтяное открытие в ниже-среднеюрских резервуарах прогиба Хуп-Мауд, в северной части норвежского шельфа. Юрский комплекс перспективен для новых открытий, однако его строение остается до конца не изученным.

Частичное или полное отсутствие юрских отложений в отдельных зонах Баренцева моря, недостаточное количество скважинного и сейсмического материала, слабая корреляция данных российского и норвежского секторов Баренцева моря осложняют выделение и прогноз зон распространения природных резервуаров на всей акватории Баренцева моря. Модель, описывающая условия формирования, строение и состав юрских природных резервуаров, необходима для планирования поисково-разведочных работ на новых структурах Баренцевоморского шельфа (БМШ) и выбора объектов для лицензирования. Новые сейсмические данные, полученные по российскому и норвежскому секторам Баренцева моря, позволили выделить область распространения юрского нефтегазоносного комплекса, оценить его мощность, проследить направления сноса осадочного материала и установить последовательную смену осадконакопления. Комплексный анализ регионального строения юрского нефтегазоносного комплекса и детальные исследования по отдельным площадям дают возможность спрогнозировать зоны распространения юрских высокочемких коллекторов на структурах БМШ и оценить перспективы их нефтегазоносности.

Разработка и открытие новых месторождений в Баренцевоморском регионе являются одной из приоритетных задач долгосрочной государственной программы изучения недр и воспроизводства минерального сырья России.

Цель работы – выявление зон развития перспективных резервуаров нефти и газа в юрском нефтегазоносном комплексе Баренцевоморского шельфа для выбора объектов поисково-разведочных работ.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Изучение строения юрского комплекса отложений по площади и в разрезе на основе исследования каменного материала скважин и обнажений, каротажных материалов и интерпретации региональных временных (ВСП) и

глубинных сейсмических разрезов. Построение карт мощностей для нижне-, средне- и верхнеюрских отложений.

2. Выделение регионально выдержанных интервалов разреза и основных несогласий. Выявление особенностей напластования пород и сейсмофаций для определения направлений сноса и реконструкции условий образования юрских отложений. Оценка изменения мощности отдельных интервалов разреза за счет перерывов в осадконакоплении.

3. Выделение в разрезе единых трансгрессивных горизонтов юрских отложений и регрессивных толщ, изучение их строения и восстановление условий седиментации. Палеогеографические реконструкции Баренцевоморского бассейна для ранне-, средне- и позднеюрского времени. Определение местоположения песчаных резервуаров, зональных и региональных покрышек в разрезе.

4. Изучение состава, текстурно-структурных характеристик пород юрского возраста. Гранулометрическая характеристика коллекторов и определение вторичных преобразований коллекторов, влияющих на их фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС).

5. Прогноз зон развития юрских резервуаров в пределах Баренцевоморского бассейна.

Основные защищаемые положения:

1. Юрский нефтегазоносный комплекс формировался в условиях морской трансгрессии, на фоне которой существовали кратковременные перерывы в осадконакоплении. Наиболее крупные эрозионные периоды происходили в позднеаленское и предкелловейское время. Максимальные мощности юрских отложений приурочены к Южно-Баренцевоморской впадине как зоне длительного и устойчивого погружения земной коры.

2. Последовательная смена обстановок седиментации от аллювиально-дельтовых до мелководно-морских выразилась в разрезе чередованием коллекторов различного генезиса и регионально выдержанных флюидоупоров, качество которых изменяется по площади и с глубиной. В юрском разрезе выделено 10 крупных седиментационных циклитов. В минералогическом составе алевро-песчаных пород доля кварца увеличивается вверх по разрезу. В северном направлении происходит смена минерально-петрографического состава келловейских пород, что свидетельствует о влиянии нового источника сноса обломочного материала.

3. Анализ типа природных резервуаров и структурного плана региона позволил провести районирование Баренцевоморского шельфа по степени перспективности. Нижне-среднеюрские природные резервуары дельтового генезиса широко представлены в Южно- и Западно- Баренцевских впадинах. Наиболее благоприятные зоны для аккумуляции углеводородов

природные резервуары морских баровых песчаников келловейского возраста в центральной части восточного сектора Баренцевоморского шельфа. В Северо-Баренцевской впадине возможно развитие келловейских и верхнеюрских песчаных резервуаров подводных течений. Большинство прогнозируемых скоплений приурочено к структурным ловушкам, а на склонах поднятий залежи углеводородов могут быть открыты в литологических и тектонически-экранированных ловушках.

Научная новизна:

Геологическая интерпретация региональных сейсмических профилей, соединяющих западный и восточный сектора БМШ, сейсмических материалов последних лет российской части акватории позволили на новом фактическом материале установить область распространения, сеймо-стратиграфические и структурные особенности строения юрского комплекса. Построены карты мощностей ниже-, средне- и верхнеюрских отложений. Определены зоны максимальной концентрации песчаного материала и условия его осадконакопления. Сеймо-стратиграфический анализ позволил выявить регионально выдержанные глинистые горизонты в юрской толще БМШ, отвечающие эпохам высокого стояния уровня моря. Они выполняют роль флюидоупоров для нижележащих песчаных толщ и подтверждены скважинными данными.

В юрском комплексе впервые выделено девять несогласий, наиболее крупными из которых являются аален-байосское и бат-келловейское. Установлены различные источники сноса для келловейских алевро-песчаников Штокмановского и Ледового, Лудловского месторождений.

Анализ минерального состава, вторичных изменений и фильтрационно-емкостных свойств коллекторов позволили выделить интервалы разреза, благоприятные для аккумуляции углеводородов. На Баренцевоморском шельфе выделено три зоны различной степени перспективности, в пределах каждой из которых спрогнозированы типы ловушек по условиям их образования.

Практическая значимость работы заключается в научном обосновании зон развития юрских резервуаров в акватории Баренцевоморского шельфа. Составлена карта прогноза нефтегазоносности с определением перспективных направлений ГРП на нефть и газ.

Выводы и рекомендации по результатам проведенной работы могут быть полезны для недропользователей, работающих в регионе для обоснования геолого-разведочных работ в акватории Баренцева моря и для выбора участков для лицензирования.

Результаты используются также для других видов научных исследований по оценке перспектив нефтегазоносности, как БМШ, так и сопредельной части Карского моря, главным барьером между которыми

является архипелаг Новая Земля. Исследования применяются для подготовки кадров нефтегазовой отрасли.

Фактический материал и личный вклад. Для анализа строения и условий формирования юрского комплекса отложений лично автором была проведена интерпретация региональных сейсмических профилей общей протяженностью более 35 тысяч погонных километров. Региональные профили, часть из которых представлена в работе, увязаны со скважинным материалом. Для расчленения юрского разреза использовался каротажный материал по 39 скважинам, что позволило выделить преимущественно песчаные пачки и регионально выдержанные глинистые пласты. Детально описан керновый материал по 20 скважинам и образцы из обнажений архипелага Шпицберген, где автор лично принимал участие в полевых работах в 2009 году. На базе имеющегося каменного материала автор провел детальные литологические исследования, которые включают описание более 300 шлифов, гранулометрический и рентгенофазовый анализы пород, микрофациальный анализ и анализ геофизических материалов скважин. Вторичные изменения в коллекторах изучены в поле растрового электронного микроскопа.

Апробация работы. Основные результаты докладывались на отечественных и международных совещаниях, семинарах и конференциях с 2009 по 2013 гг. Автор выступал с устными сообщениями на международной конференции по арктическим бассейнам – 3P Arctic (Москва, 2009; Галифакс, 2011, Ставангер, 2013), на конференциях европейской ассоциации геологов и инженеров EAGE (Рим, 2008; Амстердам, 2009; Барселона, 2010; Санкт-Петербург, 2012), международной конференции по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики – RAO/CIS Offshore (Санкт-Петербург, 2009, 2013), научно-практической конференции «Геомодель» (г.Геленджик, 2009, 2012), «Ломоносовских чтениях-2010» (МГУ, Москва), арктических конференциях: «Arctic Energy-2010» (Тромсо, Норвегия), Arctic Technology Conference-2011 (Хьюстон, США). Выступление с докладом на третьем ежегодном форуме – Arctic new frontiers: Greenland and Barents Sea (2013), на молодежных конференциях: «Молодые в геологии нефти и газа» (ВНИГНИ, Москва, 2010), V Международная молодежная научно-практическая конференция «Новые технологии в нефтегазовой отрасли: опыт и приемственность» (ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Москва, 2013), III Международная конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные проблемы нефтегазовой геологии XXI в» (ВНИГРИ, Санкт-Петербург, 2013).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 23 работы, 12 из которых на английском языке. В журналах, входящих в список Высшей Аттестационной Комиссии, издано три статьи.

Благодарности: Глубокую признательность автор выражает своему научному руководителю профессору А.И.Конюхову. Искреннее почтение автор высказывает своему первому учителю, профессору Ю.К.Бурлину.

Искреннюю признательность автор выражает заведующему кафедрой профессору А.В.Ступаковой, которая приняла большое участие в формировании мировоззрения диссертанта. Автор выражает особую благодарность Т.А. Кирюхиной, Н.И. Коробовой, В.П. Ступакову за неоценимую помощь и консультации при подготовке работы, всем сотрудникам и участникам арктических проектов кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых МГУ имени М.В.Ломоносова.

Автор выражает признательность ведущим коллективам научно-исследовательских институтов и организаций, посвятивших многие годы изучению Арктических бассейнов России: ФГУП «ВНИИОкеаногеология», ФГУП «ВНИГРИ», ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУП «ВНИГНИ», ИНГГ СО РАН, ИПНГ РАН, ОАО «МАГЭ», ОАО «СМНГ», ОАО «АМНГР», ОАО «Севморгео», ООО Газпром «ВНИИГАЗ», ОАО «НК «Роснефть», ОАО «Газпром-нефть». Большая часть временных сейсмических разрезов, использованных в работе, была предоставлена компаниями ОАО «МАГЭ» и ОАО «Севморнефтегеофизика». Благодарность автор выражает Г.С. Казанину, С.Ф. Черникову, С.И. Шкарубо, Т.А. Кирилловой-Покровской, С.П. Павлову, В.В Шлыковой, К.А.Долгунову, В.Н.Мартиросяну, Ю.С.Мелихову, Э.В.Сопову, К.И.Багринцевой, Д.А.Асташкину, А.Е. Рыжову, Е.О.Семенову, также иностранным коллегам, принимавшим участие в обсуждении проблем геологии Западно-Баренцевоморского шельфа: Г.Б.Ларссен, Э. Хенриксен, Д.К.Милн, Н.Тэлнес, Л.Ф.Руссвурм.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа содержит 183 страницы печатного текста, состоит из 9 глав, введения и заключения. Работа иллюстрирована 77 рисунками, в том числе 67 фотографиями и 2 текстовыми таблицами. Список использованной литературы насчитывает 194 наименования.

Содержание работы

Глава 1. Физико-географический очерк и история изучения Баренцевоморского шельфа. В главе кратко описываются физико-географические условия и положение региона в Арктике. Изучение особенностей строения, состава и закономерностей распространения юрских отложений БМШ началось с открытия первого месторождения в резервуарах юрского возраста в 1981-ом году в норвежском секторе Баренцева моря на структурах Алке и Аскелад. В 1988 году в юрских песчаниках было открыто уникальное Штокмановское газовое месторождение в российском секторе Баренцева моря, а в 1990 году – Лудловское газовое месторождение. Большую роль в исследовании региона сыграли работы И.С.Грамберга,

Ю.Н.Григоренко, О.И.Супруненко, Б.В.Сенина, Е.В.Захарова, Р.А.Крылова, М.И.Леончика, Е.А.Маргулис, Н.А.Мальшева, Р.Р.Мурзина, О.В.Петрова, Е.О.Петрова, Н.Н.Соболева, П.О.Соболева, В.В.Сусловой, Н.В.Устинова, В.А.Холодилова, И.В.Школы, Ю.В.Шипелькевича, А.Ю.Юнова. Работы по биостратиграфическому анализу были проведены В.А.Басовым, Л.В.Василенко, К.Г.Вискуновой, В.Д.Дибнером, М.В.Корчинской, Н.В.Куприяновой, С.В.Мелединой, Б.Л.Никитенко, Т.Н.Пчелиной, З.З.Ронкиной, А.Р.Соколовым, Л.А.Фефиловой, Н.И.Шульгиной, Б.Н.Шурыгиным. Нефтегазоносные комплексы были исследованы Е.Г.Бро, А.И.Данюшевской, Б.А.Клубовым, Т.А.Кирюхиной, И.Б.Кулибакиной, Н.В.Лопатиным. Большой вклад в исследование Баренцевоморского шельфа внесли работы зарубежных исследователей Dore T., Dypvik H., Elvebakk G., Faleide J.I., Gabrielsen R.H., Henriksen E., Johansen P., Larsen G.B., Mork A., Nagy J., Nøttvedt A., Olaussen S., Rafaelsen B., Ryseth A., Smelror M. и др.

Глава 2. Стратиграфия. Отложения юрской системы залегают со стратиграфическим несогласием на породах триасового возраста. Нижний и средний отделы представлены пачками переслаивания песчаников, алевролитов и аргиллитов с прослоями углей. Верхнеюрский отдел сложен кремнисто-глинистыми битуминозными породами. Перекрываются юрские отложения меловой толщей, имеющей клиноформенное строение. В российской части Баренцева моря юрские породы распространены практически повсеместно. Не в полном объеме они выделяются на архипелагах Шпицберген и Земля Франца Иосифа. Согласно фаунистическим остаткам отложения батского, келловейского, оксфордского, кимериджского и волжского ярусов присутствуют в северной части Южного острова и на Северном острове Новой Земли. В районе пролива Маточкин шар В.А.Русанов описал коренные выходы горизонтально залегающих пород волжского яруса, в которых был найден белемнит – *Cylindroteuthis magnifica* Orb, датируемый позднеюрским временем (Крымгольц, 1972). В норвежской части Баренцева моря породы юрской системы приурочены к прогибам и отсутствуют на приподнятых участках, где они размыты.

Глава 3. Тектоническое строение и история геологического развития Баренцевоморского региона Баренцевоморского региона. Баренцевоморский бассейн расположен в пределах северной окраины Восточно-Европейской платформы и обрамлен складчатыми сооружениями Полярного Урала, Пайхоя и Новой Земли, а также океаническими впадинами Северной Атлантики и Северного Ледовитого океана. Наиболее крупные тектонические элементы БМШ – Центрально-Баренцевская сверхглубокая депрессия, Печорская и Свальбардские плиты (Ступакова, 2011). *Центрально-Баренцевская депрессия* - область длительного и устойчивого

прогибания земной коры, в пределах которой в результате различных тектонических процессов сформировались линейные инверсионные валы (Штокмановская седловина, Демидовско-Лудловский мегавал, свод Федынского, поднятия Ферсмана и Лоппа, хребет Сенья, платформа Бьярмерланд и др.) и прогибы (Нордкап, Хаммерфест, Тромсе, Ольги). Наиболее крупная структура Центрально-Баренцевской депрессии – Южно-Баренцевская впадина, в которой осадочный чехол составляет 12 – 18 км и мощности юрских отложений максимальны (1,0-1,5 км). Свальбардская и Печорская плиты обрамляют Центрально-Баренцевскую депрессию соответственно с севера и юга. Мощность осадочного чехла в их пределах сокращена до 4 – 8-10 км, и юрский комплекс отложений распространен крайне неравномерно.

В истории развития БМШ можно выделить несколько этапов: рифей-палеозойский, пермско-триасовый, юрско-меловой и кайнозойский. На раннем рифей-палеозойском этапе выделяются рифтовая, синеклизная и инверсионная стадии формирования бассейна. В пермско-триасовый этап активно формировался Новоземельский прогиб и происходили складчатые деформации. Юрско-меловой этап – время синеклизного развития БМШ. Трансгрессивная направленность развития бассейна в юрский период периодически прерывалась кратковременными регрессиями. В позднеюрскую эпоху на фоне расширения морского бассейна стали накапливаться осадки обогащенные органическим веществом. В западной периферии БМШ с этим временем связано формирование прогибов Тромсо и Бьорнойя.

Глава 4. Нефтегазоносность. В настоящее время в юрском комплексе БМШ открыто 3 газовых месторождения в российском секторе Баренцева моря, 4 нефтегазовых месторождения в норвежском секторе. Основными нефтегазоматеринскими породами для юрского нефтегазоносного комплекса считаются отложения триасового и собственно юрского возраста. Газовые и газоконденсатные пластовые залежи приурочены к крупным антиклинальным структурам. Региональным флюидоупором для них служат верхнеюрские глины мощностью 30-70 м.

Глава 5. Сейсмостратиграфические комплексы (ССК). В условиях дефицита скважинного материала одним из основных методов, который использован в работе, является метод сейсмостратиграфии. Для стратиграфической привязки отражающих горизонтов использовались отбивки скважин и выходы коренных пород на поверхность.

Юрский ССК расчленяется на три сеймоподкомплекса (Рис.1), которые отделены друг от друга поверхностями аален-байосского $V_1(J_2b)$ и предкелловейского $V_2(J_2c)$ несогласий. Верхняя граница юрского ССК представлена ярким горизонтом В(BCU), который приурочен к кровле

верхнеюрских «черных» глин. Этот опорный горизонт и прослеживается по всему БМШ. Для него характерны несогласия типа подошвенного налегания и прилегания. Нижняя граница юрского ССК (горизонт В(ВЈ)) в центральной части бассейна нечеткая и привязывается по отдельным скважинам. Резкое угловое несогласие между триасовыми и юрскими отложениями наблюдаются вблизи архипелага Новая Земля. В бортовых зонах и на сводах положительных структур мощность юрского ССК сокращается до полного выклинивания. Такие картины наблюдаются на склонах Адмиралтейского поднятия, вблизи архипелагов Земля Франца Иосифа, Новая Земля.

На ВСП часто наблюдается срезание ниже-среднеюрских отложений и несогласное залегание на них верхнеюрских, что свидетельствует о размывах внутри юрской толщи. В прогибах западной части БМШ (Гидли, Нордкап и Хаммерфест), в области развития соляной тектоники, соляные диапиры прорывают юрские отложения, с чем связано формирование тектонических ловушек для залежей нефти и газа.

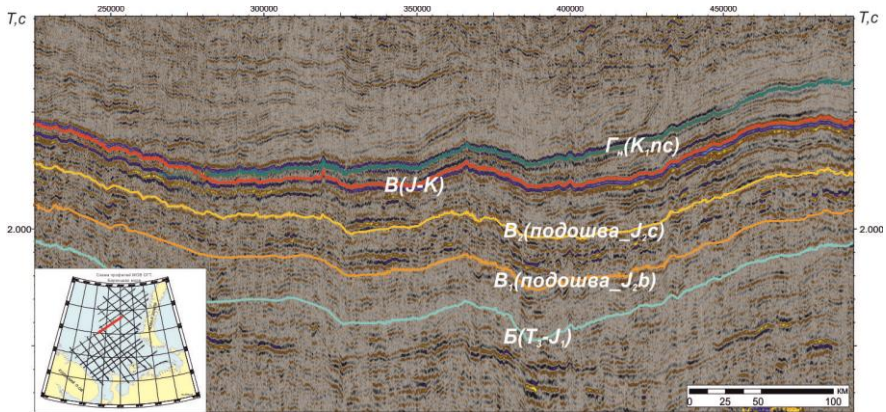


Рис. 1. Особенности строения юрского СК (по данным МАГЭ, 2009)

Нижнеюрско-ааленский и байосс-батский среднеюрский сейсмостратиграфические подкомплексы на ВСП характеризуется хаотичной записью, что указывает в пользу аллювиально-дельтового генезиса отложений. В районе Штокмановской седловины различимы отдельные русловые врезы в байосских отложениях. Верхняя граница байосс-батского аллювиально-дельтового подкомплекса связана с сейсмическим репером, соответствующим региональной батской трансгрессии морского бассейна.

На сейсмических разрезах на склонах поднятий в толще байосс-батских отложений нередко фиксируются присутствие клиноподобных тел.

Наиболее крупные тела закартированы в зоне перехода Печорской плиты к Южно-Баренцевской впадине, вблизи Мурманской и Северо-Мурманской структур. Очевидно, источником сноса была Восточно-Европейская платформа и Тимано-Печорский бассейн, откуда в это время выдвигалась крупная речная палеodelта.

В келловейском интервале разреза в районе Штокмановской седловины были выделены тела барового типа. Для них отмечено характерное увеличение мощности в осевой части и подошвенные несогласия (типа налеганий) на периферийных участках. Юго-восточный склон бара осложнен неглубоким врезом. В пользу барового генезиса песчаников келловейского возраста также свидетельствует форма каротажных кривых Штокмановской и Арктической скважин.

В районе Ледовой и Лудловской площадей келловейский комплекс имеет проградационное строение, указывающее на поступление основных масс осадочного материала с северо-востока, возможно с северной части Новой Земли, где в это время располагался еще один важный источник сноса. Образование литологических ловушек на восточном борту свода Федынского связано с выклиниванием и частичным срезанием келловейского комплекса отложений, что отчетливо фиксируется на ВСП (Рис.2). Роль флюидоупоров для этих ловушек играют верхнеюрские черные глины.

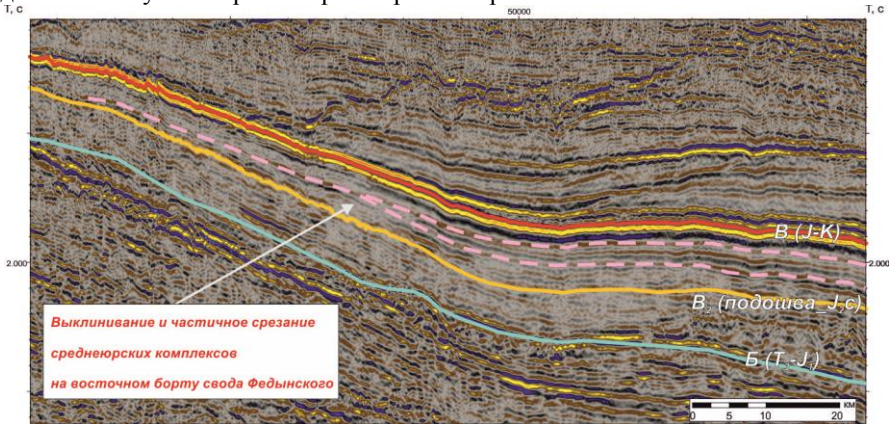


Рис.2. Несогласия типа подошвенное налегание и эрозионный срез на восточном склоне свода Федынского.

В восточной части БМШ вблизи Новой Земли средневерхнетриасовые и нижнеюрские отложения отсутствуют. Юрская часть разреза на Новоземельских складчатых блоках, расположенных в восточной акваториальной части БМШ, представлена породами батского, частично келловейского, и позднеюрского возраста. Временная мощность батско-верхнеюрского комплекса, не превышает 0,1 секунду, что соответствует 100

– 150 м. Это может свидетельствовать о существовании пролива Маточкин шар в течение позднеюрского времени, а также о его частичном затоплении в периоды высокого стояния уровня среднеюрского моря.

Глава 6. Строение юрского комплекса Баренцевоморского шельфа. Анализ материалов бурения скважин Северо-Кильдинской, Мурманской, С.-Мурманской, Куренцовской, Арктической, Лудловской, Ледовой, Крестовой и Ферсмановской восточной части БМШ и скважин месторождения Сновит и 7219/9-1 норвежской, а также коренных отложений архипелага Шпицберген, позволили провести детальную корреляцию юрских отложений. Юрская толща представляет собой единый седиментационный мегакомплекс трансгрессивного характера. В его основании преобладают песчаники и алевролиты аллювиально-дельтового генезиса. Вверх по разрезу увеличивается содержание алевролитов и аргиллитов. Завершается юрский разрез черными сапропелевыми глинами с высоким содержанием органического вещества (ОВ). В составе этого мегакомплекса выделяется несколько трансгрессивно-регрессивных комплексов более мелкого порядка. Каждый комплекс начинается регионально выдержанной трансгрессивной пачкой глинистых пород, а заканчивается песчаной. В кровле песчаной пачки часто отмечается резкое несогласие с глинистой толщей вышележащего цикла (Рис.3).

Циклическое строение юрского разреза и наличие перерывов между циклитами являются следствием эвстатических колебаний уровня моря и неравномерного поступления осадочного материала в бассейн. Перерывы в осадконакоплении наиболее выражены на границе аалена и байосса, а также бата и келловей. Байосская регрессия морского бассейна в батское время сменилась региональной трансгрессией. Преимущественно глинистые отложения бата хорошо коррелируются в пределах всего БМШ.

Регионально выдержанные глинистые отложения сформировались во время келловейской трансгрессии моря. Вместе с тем, мощные песчаные пласты келловейского возраста выделяются по каротажным и керновым данным в центральной части бассейна на Штокмановской, Арктической и частично Ледовой и Лудловской площадях. На Штокмановском месторождении именно в этих песчаниках находится основная залежь углеводородов Ю₀. Максимальное затопление в юрский период произошло в кимеридж-титонское время.

Периодически повторяющиеся регрессии на фоне общей трансгрессии моря нашли отражение в строении разреза, где преимущественно песчаные регрессивные толщи аллювиально-дельтового, дельтового и мелководно-морского генезиса перекрываются глинистыми отложениями, выполняющими роль региональных флюидоупоров. В юрском

периоде выделено **10 циклов**, три в раннеюрскую, шесть в среднеюрскую и один в позднеюрскую эпохи (Рис.3).

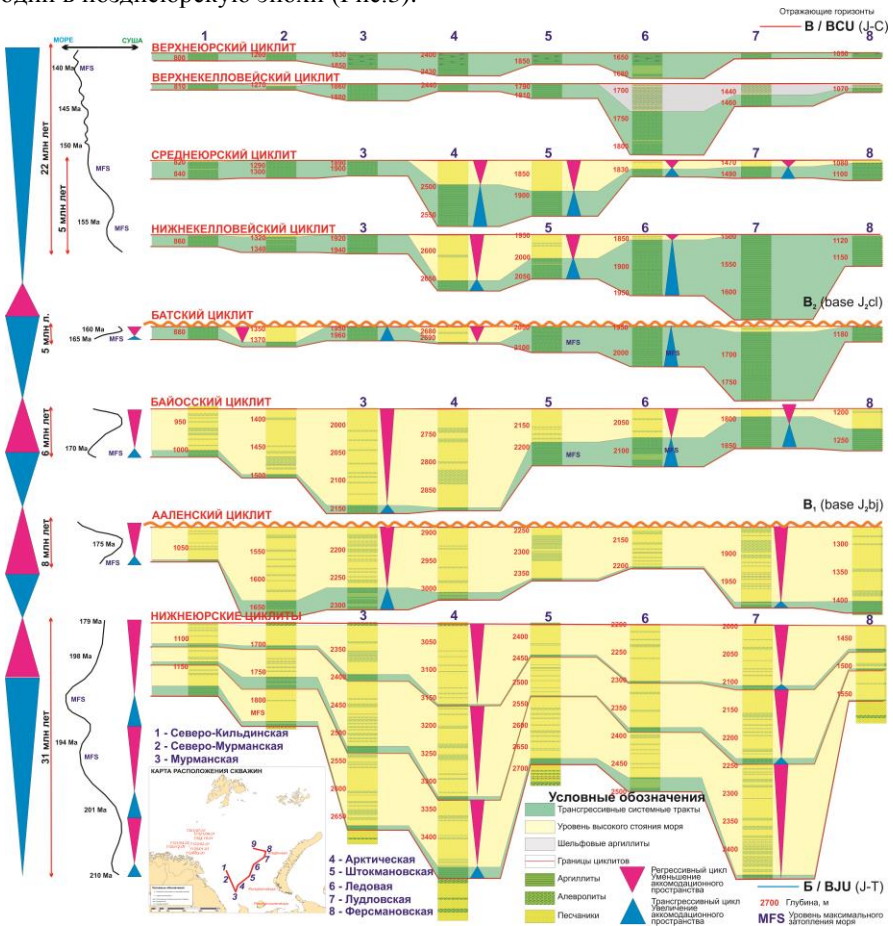


Рис 3. Циклы осадконакопления юрского комплекса БМШ

Глава 7. Юрские природные резервуары Баренцевоморского бассейна. Потенциально перспективными резервуарами в пределах БМШ могут быть аллювиально-дельтовые фации нижней юры, дельтовые аален-байосские и мелководно морские баровые отложения келловейского возраста. Продуктивность нижнеюрских песчаных резервуаров в восточной части БМШ пока не доказана. Однако несколько залежей были открыты в норвежском секторе. Для характеристики песчаных резервуаров было

проведено комплексное исследование керна, которое помимо детального макро и микроописаний, включало ситовой гранулометрический и рентгенофазовый анализы. Отдельные образцы изучались в поле сканирующего электронного микроскопа, определены фильтрационно-емкостные свойства.

Описание текстурно-структурных особенностей пород, вскрытых при бурении скважин и выполненное лично автором, позволило выделить различные их генетические типы. Нижнеюрские отложения имеют преимущественно аллювиальный генезис и ритмичное строение. Нижние части ритмитов сложены высоко проницаемыми песчано-галечниковыми русловыми пластами, тогда как в кровле преобладают алевро-глинистые пойменные образования, часто с линзочками углефицированного детрита. Среднеюрские песчаные пачки формировались в условиях проградирующих дельт. Келловейские песчаники имеют прибрежно-морской баровый генезис. Верхнеюрские глинистые отложения выступают в роли регионального флюидоупора.

Минерально-петрографический состав юрских алевро-песчаных пород довольно разнообразен. Среди них выделяются мезомиктовые и олигомиктовые песчаники келловоя. Батские песчаники представлены олигомиктовыми разностями, а байосские – мезомиктовыми. Песчаники ааленского и раннеюрского возраста представлены кварцевыми граувакками, также мезомиктовыми разностями, реже аркозами (Рис. 4).

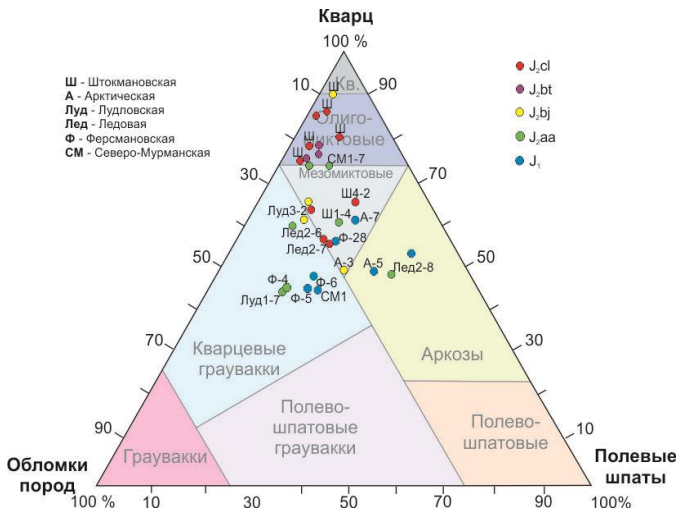


Рис. 4. Минерально-петрографический состав юрских пород Баренцевоморского бассейна.

Анализ треугольных диаграмм свидетельствует об увеличении доли кварца вверх по разрезу. Следует отметить большое сходство в составе келловейских песчаников из центральной части Южно-Баренцевоморской впадины и одновозрастных песчаников из Тимано-Печорского региона, что свидетельствует в пользу единства источников сноса. Во впадине минерально-петрографический состав келловейских пород меняется в северном направлении. При этом доля кварцевой составляющей снижается, и алевро-песчаники представлены мезомиктовыми разностями, близкими по составу к кварцевым грауваккам. Очевидно, что обломочный материал в районы Ледовой и Лудловской площадей поступал из другого источника. В его роли выступало Новоземельское поднятие, абразия которого усилилась в келловейский век. В составе обломков пород здесь фиксируются роговая обманка и хлорит, которые не характерны для центрального и южного секторов БМШ.

Согласно данным гранулометрического анализа, на Штокмановской площади келловейский коллектор сложен средне-мелкозернистыми хорошо окатанными и отсортированными песчаниками. Наблюдается уменьшение зернистости материала келловейского коллектора в периферийных областях развития баровых тел. На Ледовой и Арктической площадях происходит замещение песчаников крупно-среднезернистыми алевролитами, которые в разрезе чередуются с пропластками глин. Келловейские песчаники имеют крутой наклон кумулятивной кривой, что характерно для отложений, накапливающихся в прибрежно-морских обстановках.

Коллекторские свойства юрских пород определялись условиями своего формирования. Автором установлена связь ухудшения пористости и проницаемости коллекторов в различных литолого-фациальных зонах и с глубиной (Рис.5). Пористость келловейских песчаников Штокмановской скважины, отобранных с глубины 1700 м, составляет 22%, а в Арктической на глубине 2870 м – 9,7%. Относительно низкими значениями ФЕС характеризуются и ниже-среднеюрские алевро-песчаные породы в разрезе Арктической скважины, пористость которых не превышает 11%. Высокие значения ФЕС имеют нижеюрские песчанки Ферсмановской (Кп до 23%, Кпр до 1 Д) и ааленские песчаники Штокмановской (Кп до 17%, Кпр до 0,5Д) площадей. У одновозрастных песчаников Северо-Мурманской скважины близкие значения пористости, однако, проницаемость достаточно низкая и не превышает 10,9 мД. Хорошими коллекторскими свойствами обладают байосские породы Штокмановской и Лудловской скважин. Их пористость достигает в среднем 20%, а проницаемость варьирует от 0,5 до 1Д.

При исследовании образцов в поле растрового электронного микроскопа в межзерновом пространстве песчаников Арктической скважины были обнаружены тонкие волокнистые сростки иллита. Результаты

рентгенофазового анализа подтвердили присутствие этого минерала в составе глинистой фракции (до 17%). В баровых песчаниках Штокмановской скважины иллит отсутствует, но в порах развит хорошо окристаллизованный каолинит («стопки монет»). Этот факт можно связать с более высокой степенью преобразованности отложений в пределах Арктической площади, чем Штокмановской, что подтверждается высокой зрелостью ОБ в породе, определенной по степени отражательной способности витринита. Для байосских песчаников Штокмановской площади – $R_o=0,6$, тогда как на Арктической они достигают 0,82.

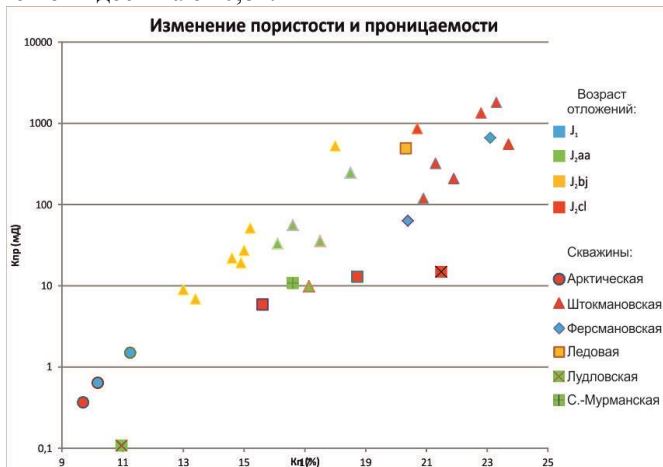


Рис.5. Распределение проницаемости и пористости, по результатам аналитических исследований образцов скважин восточной части БМШ.

Глава 8. Обстановки осадконакопления отложений юрского комплекса Баренцевоморского бассейна. Юрский комплекс сложен терригенными отложениями, которые накапливались в условиях периодической смены обстановок осадконакопления как во времени, так в пространстве от аллювиально-дельтовых, прибрежно-морских и мелководно-морских до относительно глубоководных. Обломочный материал поступал с юго-востока, со стороны Русской платформы через Тимано-Печорский бассейн. В качестве дополнительных источников сноса выступали Новоземельское поднятие и Свальбардская плита.

Наступление моря началось в раннеюрскую эпоху. Трансгрессия развивалась с запада на восток. Морские условия в раннеюрское время установились лишь на крайнем западе в районе современной Западно-Баренцевоморской континентальной окраины. Тогда как в прогибах Хаммерест, Тромсо и Бьерная западной части БМШ существовала обширная аллювиально-дельтовая равнина. В Южно-Баренцевской впадине, прогибе

Нордапп и на обрамляющих их седловинах господствовали условия аллювиальные и озерные обстановки.

На протяжении среднеюрской эпохи площадь, занимаемая морским бассейном, постепенно расширилась, мелководно-морские условия установились в пределах западной части БМШ повсеместно. В аалене и байоссе на большей части Южно-Баренцевской впадины и сопредельных территориях все еще накапливались озерно-аллювиальные и дельтовые осадки. Лишь в батский век их сменили здесь прибрежно- и мелководно-морские образования (Рис.6). В позднеюрскую эпоху морской, относительно глубоководный режим осадконакопления стал господствовать на всей площади бассейна. Как отмечалось выше, в составе позднеюрского комплекса преобладают глинистые отложения, содержащие большое количество ОВ (Сорг. – от 2-5% до 22-23%).

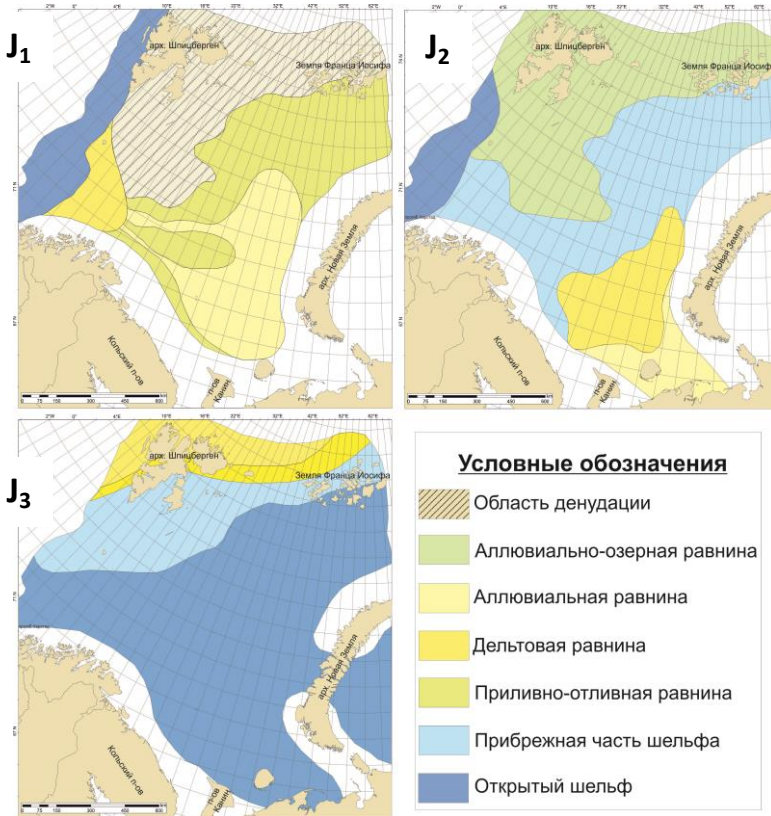


Рис.6. Палеорекострукции осадконакопления в юрский период

Глава 10. Перспективы нефтегазоносности юрского комплекса Баренцевоморского бассейна. Структурный план региона и характер строения юрского комплекса отложений определили формирование ловушек различного типа и распределение УВ по площади и разрезу. В результате анализа литолого-фациальной изменчивости отложений и их вторичных преобразований на территории БМШ выделены высокоперспективные, перспективные и малоперспективные зоны для поисков новых месторождений нефти и газа. Структурные ловушки в области развития баровых песчаников, приуроченных к центральной части российского сектора БМШ, относятся к высокоперспективным (первой категории). Потенциально перспективными являются зоны развития неантиклинальных и стратиграфических ловушек в бортовых частях инверсионных поднятий Федынского и Лоппа. В резервуарах аллювиально-дельтового генезиса, погруженных на значительные глубины ожидается ухудшение ФЕС за счет вторичных преобразований (Рис.8).

Заключение и выводы:

В Баренцевоморском бассейне юрский комплекс имеет широкое распространение. Максимальные мощности юрского комплекса приурочены к Южно-Баренцевской впадине, где они превышают 1 км. Нижнеюрские отложения развиты лишь в прогибах субширотной Центрально-Баренцевской депрессии, тогда как средне-верхнеюрские отложения перекрывают большую часть Баренцевоморского региона. На поднятиях Федынского и Лоппа их мощность сокращена до нескольких десятков метров.

Эвстатические колебания уровня моря нашли отражение в циклическом строении юрского разреза. Нижне-среднеюрские отложения накапливались в условиях аллювиально-дельтовой равнины. Наиболее крупными внутриформационными перерывами являлись позднеааленское и предкелловейское. Активное развитие аллювиально-дельтовых отложений в байосское время на фоне обмеления морского бассейна характерно для многих областей БМШ и шельфов Норвежского и Северного морей. В норвежской части Баренцева моря с байосскими отложениями связана продуктивная формация Сто, в российской – пласт Ю₁. Основной обломочный материал на БМШ с юго-востока, со стороны Русской платформы.

В келловейский век на большей части Баренцевоморского шельфа установились морские условия осадконакопления. На востоке в пределах Штокмановской седловины формировались баровые песчаные тела. Появляется дополнительный источник сноса на северо-востоке региона. Полученные данные свидетельствуют, что начиная с келловейского времени мог существовать пролив в центральной части архипелага Новая Земля, который соединял Баренцевоморский и Южно-Карский бассейны.

для баровых песчаников, развитых в центральной части восточного сектора БМШ. Вторичные преобразования, приведшие к ухудшению коллекторских свойств, свойственны для дельтовых песчаников, погруженных в центральной части Южно-Баренцевской впадины на глубину более 3 км. Региональным экраном для юрских залежей углеводородов служат битуминозные «черные глины» кимеридж-титонского возраста. Прогнозируемые скопления углеводородов связаны с антиклинальными структурами, а на склонах поднятий формировались литологические и тектонически-экранированные ловушки для залежей нефти и газа.

Публикации по теме диссертации:

Статьи в журналах рекомендованных ВАК:

1. **Суслова А.А.** Сейсмостратиграфический комплекс юрских отложений Баренцевоморского шельфа. // *Вестник Московского университета. Серия 4. Геология.* — 2013. — № 3. — С. 68–70.
2. Ступакова А.В., **Суслова А.А.**, Коробова Н.И., Бурлин Ю.К. Цикличность и перспективы юрского нефтегазоносного комплекса Баренцевоморского шельфа // *Вестник Московского университета. Серия 4. Геология.* — 2012. — Т. 67, № 6. — С. 35–42.
3. Ступакова А.В., Бордунов С.И., Сауткин Р.С., **Суслова А.А.**, Перетолчин К.А., Сидоренко С.А. Нефтегазоносные бассейны российской Арктики / *Геология нефти и газа.* — 2013. — № 3. — С. 30–47.

Статьи в других журналах:

4. Stoupakova A., Kirykhina T., **Suslova A.** et al. Structure, hydrocarbon prospects of the Russian western arctic shelf // AAPG. Arctic technology conference. Manuscript. Electronic version. — AAPG Houston, USA, 2012,
5. Stoupakova A.V., Henriksen E., Burlin Yu K., Larsen G.B., Milne J.K., Kiryukhina T.A., Golynchik P.O., Bordunov S.I., Ogarkova M.P., **Suslova A.A.** The geological evolution and hydrocarbon potential of the Barents and Kara shelves // *Arctic Petroleum Geology.* — Vol. 35 of Memoir of the geological Society of London. — London, 2011. — P. 235–255.
6. Казанин Г.С., Павлов С.П., Шлыкова В.В., Ступакова А.В., Норина Д.А., Сауткин Р.С., **Суслова А.А.** Сейсмо-геологическое строение Печорского и юго-восточной части Баренцева морей на основе интерпретации каркасной сети сейсмических профилей МОВ ОГТ 2Д // *Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии.* Выпуск 3. — Выпуск 3. Специальное издание, посвященное 40-летию МАГЭ. — ГЕОС Москва, 2011. — С. 59–81.
7. Kirykhina T., Stupakova A., Ulyanov G., Kirykhina N., Norina D., **Suslova A** Petroleum systems of the Russian western arctic basins // *Arctic Technology Conference.* — Houston, Texas, 2011, electron version

8. **Suslova A.***, Stoupakova A., Burlin Yu., Sautkin R. The history of development and prospectives of the Jurassic deposits on the Barents sea shelf // — 5th Saint Petersburg International Conference & Exhibition – Geosciences: Making the most of the Earth’s resources Saint Petersburg, Russia, 2012, electron version
9. **Суслова А.А.***, Ступакова А.В. Перспективы открытия новых месторождений углеводородов в юрском комплексе Баренцевоморского шельфа // Труды 11-й Международной конференции и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO / CIS Offshore 2013). — Химиздат, Санкт-Петербург, 2013. — С. 545–550.
10. **Suslova A.***, Stoupakova A., Burlin Y. Environments of sedimentation and distribution of the Jurassic strata // 72nd EAGE Conference & Exhibition. — Barcelona-2010, electron version
11. **Suslova A.***, Stoupakova A., Burlin Yu. et al. Jurassic reservoirs of the Barents Sea shelf. Environments of sedimentation / // Arctic Days 2010. — Tromso, Norway, 2010, electron version.
12. **Суслова А.***, Ступакова А., Бурлин Ю. Условия формирования юрских отложений Баренцевоморского шельфа // Молодые в геологии нефти и газа. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – ФГУП ВНИГНИ Москва, 2010. – С. 46–47.
13. Stupakova A.V., **Suslova A.A.***, Kirjukhina T.A. et al. Jurassic reservoirs of the Barents sea - environments of sedimentation // 3P ARCTIC. — The Polar Petroleum Potential. Conference and Exhibition. Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2009, electron version.
14. **Suslova A.** Jurassic reservoirs of the Barents Sea environments of sedimentation // 71st EAGE Conference & Exhibition - Student Programme Poster Abstracts. — Amsterdam, 2009, electron version.
15. **Суслова А.***, Бурлин Ю., Коробова Н. Условия формирования юрских резервуаров Баренцева моря // Геомодель-2009. — Геленджик, 2009, электронная версия.
16. **Суслова А.** Условия формирования продуктивного пласта Ю2 среднеюрских отложений Штокмановского месторождения // I Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов, посвященная памяти академика А.П. Карпинского. — Санкт-Петербург, 2009, электронная версия.
17. Kiryukhina T., Stoupakova A., Henriksen E., Sitar K., Bolshakova M., Bordunov S., Golinchik P., Safronova P., Mironcheva E., Ogarkova M., Norina D., Kiryukhina N., **Suslova A.** et al. Petroleum systems of Russian arctic shelf // 33 IGC Oslo. — 2008. — P. 237–237.

18. **Suslova A.** Seismostratigraphic complex of Jurassic deposits, Barents Sea shelf // *Moscow University Geology Bulletin*. — 2013. — Vol. 68, no. 3. — P. 68–70.
19. Stupakova A., **Suslova A.**, Korobova N., Burlin Yu. Cyclicity and prospects of the Jurassic oil and gas complex // *Moscow University Geology Bulletin*. — 2012. — Vol. 67, no. 6. — P. 353–360.
20. **Суслова А.А.***, Ступакова А.В. Перспективы открытия новых месторождений углеводородов в юрском комплексе Баренцевоморского шельфа // Труды 11-й Международной конференции и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO / CIS Offshore 2013). — Химиздат Санкт-Петербург, 2013. — С. 545–550.
21. **Суслова А.** Палеозойский разрез архипелага Шпицберген и перспективы его нефтегазоносности // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Информационные материалы 15-й научной конференции. – Геопринт Сыктывкар, 2002. – С. 155–157.
22. Ступакова А.В., **Суслова А.А.***, Бурлин Ю.К., Кирюхина Н.М. Условия формирования юрских резервуаров Баренцевоморского бассейна // 9-ая конференция и выставка по освоению ресурсов нефти и газа российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO / CIS Offshore 2009). — Санкт-Петербург, 2009
23. Stupakova A., Kiryukhina T., Henriksen E., Ogarkova M., Norina D., Kiryukhina N., **Suslova A.** Comparison of the Jurassic reservoirs of the Kara-Yamal region and the Barents sea / А. Ступакова, Т. Kiryukhina, Е. Henriksen et al. // EAGE Conference. — Rome, Italy, 2008.

Другие публикации:

24. Пронкин А.П., Савченко В.И., Хлебников П.А., Эрнст В.А., Филипцов Ю.А., Афанасенков А.П., Ефимов А.С., Ступакова А.В., Бордунов С.И., **Суслова А.А.**, Сауткин Р.С., Глухова Т.А., Перетолчин К.А. Новые данные о геологическом строении и возможной нефтегазоносности зон сочленения Западно-Сибирской и сибирской платформ со складчатым Таймыром / А. Пронкин, В. Савченко, П. Хлебников и др. // Геология нефти и газа. — 2012. — № 1. — С. 30–44.