

На правах рукописи

СОТНИЧ Инга Сергеевна

**ГЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И
ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕНОСНОСТИ
БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ СЕВЕРО-СУРГУТСКОГО
РАЙОНА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных
ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Новосибирск – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН).

Научный руководитель:

Костырева Елена Анатольевна

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Официальные оппоненты:

Гончаров Иван Васильевич

доктор геолого-минералогических наук, профессор, начальник управления лабораторных исследований пластовых флюидов, технологических жидкостей и реагентов Акционерного общества «Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа» (АО «ТомскНИПИнефть»), г. Томск

Зубков Михаил Юрьевич

кандидат геолого-минералогических наук, директор Общества с ограниченной ответственностью «Западно Сибирский геологический центр» (ООО «ЗапСибГЦ»), г. Тюмень

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт» (ФГБУ «ВНИГНИ»), г. Москва

Защита состоится 7 сентября 2022 г. в 15.00 часов на заседании диссертационного совета Д 003.068.02 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, в конференц-зале (630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3, ИНГГ СО РАН)

Отзыв в двух экземплярах, оформленный в соответствии с требованиями Минобрнауки России (см. вклейку), просим направлять по адресу: 630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3;

e-mail: moskvini39@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ИНГГ СО РАН

<http://www.ipgg.sbras.ru/ru/education/theses/d003-068-02/sotnich2022>

Автореферат разослан 22 июля 2022 г.

И.о. ученого секретаря
диссертационного совета,
д.г.-м.н.

В.И. Москвин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Объектом исследования настоящей диссертации является органическое вещество баженовской свиты (волжско–раннеберриасского возраста) Северо-Сургутского района Западной Сибири. Границы Северо-Сургутского района взяты по [Конторович и др., 2018a].

Район исследования находится в центральной части Западной Сибири, в Сургутском муниципальном районе Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО). Исследуемая территория относится к зоне сочленения двух надпорядковых структур - Хантейской гемиантеклизы Среднеобской региональной ступени и Южно-Надымской мегамоноклизы, входящей в состав Ямало-Карской региональной депрессии (Рисунок 1, см. вкл.) [Конторович и др., 2001]. Интервал залегания баженовской свиты 2790-2905 м в Хантейской гемиантеклизе и 2980-3003 м в Южно-Надымской мегамоноклизе, мощность не превышает 25-30 м.

Актуальность и степень разработанности. В связи с существующей в настоящее время тенденцией истощения ресурсно-сырьевой базы нефтегазоносных бассейнов довольно актуальным представляется вопрос поиска и изучения нетрадиционных источников углеводородов. В этих условиях наибольшее внимание сосредоточено на тонкозернистых высокоуглеродистых ($C_{org} > 5\%$) породах морского происхождения, органическое вещество которых выступает источником формирования нефтяных месторождений, а сами породы могут выступать в качестве самостоятельного резервуара нефти. В России среди таких толщ наиболее продуктивной как по нефтегенерационному потенциалу, так и степени его аккумуляционной реализации считается баженовская свита Западной Сибири. По данным ИНГГ СО РАН (вероятностная оценка А.Э. Конторовича, Л.М. Бурштейна, В.Р. Лившица и др.) в баженовской свите сосредоточено 150-500 млрд т геологических ресурсов нефти, а предварительная оценка извлекаемых ресурсов составляет примерно 18-60 млрд т [Конторович и др., 2014a; Конторович и др., 2019]. В этой связи баженовская свита становится основным объектом потенциального прироста запасов и добычи легкой высококачественной нефти. С 2012 года после успешного внедрения США в промышленную эксплуатацию эффективных технологий добычи нефти и газа из залежей сланцевых пород (гидроразрыв пласта), баженовскую свиту также часто стали сравнивать с американскими черносланцевыми формациями Баккен (штат Северная Дакота), Игл Форд (юго-запад Техаса), Монтерей (штат Калифорния, США) и др. [Прищепа, Аверьянова, 2013; 2014; Алексеев, 2013; Байков, Байкова, 2013a, б]. Тем не менее, по своему составу и условиям формирования баженовская свита является уникальной,

существенно отличаясь по литолого-фациальным характеристикам от остальных черносланцевых формаций.

На сегодняшний день баженовская свита выступает ключевым объектом для детальных литолого-геохимических исследований керна на макро и микроуровне, включая и входящее в его состав органическое вещество. Значительный вклад в его изучение в 1960-90-х гг. прошлого века внесли научные школы СНИИГГИМСа, ВНИГРИ, ЗапСибНИГНИ. Полученная в этот период информация о распределении и составе ОВ не утратила своего значения и сегодня. В XXI веке после открытия «сланцевой нефти» интерес к баженовской свите возобновился. Наиболее активно в настоящее время изучением геохимии ОВ баженовской свиты занимаются коллективы ИНГГ СО РАН, ВНИГНИ, ВНИГРИ, МГУ, НАО «СибНАЦ», НАЦ РН им. Шпилемана, ОАО «ТомскНИПИнефть», ООО «ЗапСибГЦ», ПАО «Лукойл», РГУ и ряда других организаций. Детальные исследования баженовской свиты осуществлялись, главным образом, для территории центральной части Западной Сибири, в основном в Салымском районе и площадях Краснотинского свода, в меньшей степени на юго-восточных площадях Западной Сибири и в районе Сургутского и Нижневартовского сводов. Для представленного исследования выбран Северо-Сургутский район (север Хантейской гемиянтеклизы), в котором геохимия органического вещества баженовской свиты малоизучена.

В связи с интересом к трудноизвлекаемой нефти в трещиноватых и трещинно-поровых коллекторах баженовской свиты [ВМР..., 2017; Выписка из протокола №4 секции УВС ЭТС ГКЗ от 28.06.2019], современные геохимические исследования органического вещества баженовской свиты, в частности пиролиз пород до и после экстракции хлороформенных битумоидов в комплексе с химико-битуминологическим анализом, являются актуальными и выступают неотъемлемой частью общего комплекса работ, проводимых для оценки геологических ресурсов нефти баженовской свиты.

Цель работы: выявление особенностей геохимии органического вещества баженовской свиты Северо-Сургутского района и оценка перспектив ее нефтеносности.

Научная задача: исследование состава и строения органического вещества баженовской свиты Северо-Сургутского района на основе изучения его пиролитических характеристик, содержания $C_{орг}$, выходов битумоидов, группового и углеводородного состава для определения генетической природы, условий осадконакопления и степени катагенетической преобразованности, а также апробация методики исследований обогащенных органическим веществом осадочных пород, разработанной в ИНГГ СО РАН.

Фактический материал и методы исследования. Коллекция кернового материала отобрана сотрудниками ИНГГ СО РАН: Е.А. Костыревой, В.Г. Эдер. В работе исследовано 429 образцов баженовской свиты, 35 образцов подачимовской толщи и 27 образцов георгиевской свиты из разрезов 4 скважин, пробуренных в Северо-Сургутском районе Западной Сибири: Дружная-322, Новоортьягунская-187, Повховская-70 и Южно-Ягунская-306. Отбор образцов проведен детально (каждые 0,3-0,5 м) из всех изучаемых разрезов скважин, вплоть до выделения отдельных 10 см прослоев.

Исследования проводились по разработанной в ИНГГ СО РАН методике для обогащенных органическим веществом осадочных пород [Конторович и др., 2018a], включающей выделение и изучение хлороформенных битумоидов из открытого (образцы грубого дробления (0,5 см) – ОГД, образцы регулярной формы (кубики и цилиндры) – ОРФ) и закрытого (образцы мелкого дробления (0,25 мм) – ОМД) порового пространства пород, а также проведение пиролитических исследований до и после экстракции пород.

Для отобранной коллекции на экспресс-анализаторе АН-7529 определено содержание органического углерода C_{org} (в % на породу) в 399 образцах. Методом пиролиза в варианте «Rock-Eval» на приборе Source Rock Analyzer (SRA) - TPH/TOC (Weatherford Laboratory, Instr. Division) изучено 399 проб пород до экстракции, 244 проб пород после экстракции битумоидов из ОГД и 132 пробы пород после экстракции битумоидов из ОМД. Содержание битумоидов (в % на породу) определялось для 92 проб ОРФ (кубики или цилиндры), 254 проб ОГД и 252 проб ОМД методом холодной экстракции хлороформом (с использованием центрифугирования для ОГД и ОМД). Фракции насыщенных углеводородов битумоидов (598 проб), выделенные с помощью адсорбционной хроматографии, исследовались методами газожидкостной хроматографии и хромато-масс-спектрометрии. Исследование распределения алканов нормального и изопреноидного строения проводилось на хроматографе «Маэстро ГХ 7820». Циклические углеводороды-биомаркеры и ароматические соединения анализировались на газовом хроматографе Agilent Technologies 6890 с масс-селективным детектором MSD 5973N.

При интерпретации геохимических данных учитывались результаты литологических (литотипы пород) и петрофизических исследований, полученные сотрудниками лаборатории седиментологии ИНГГ СО РАН (Эдер В.Г., Замирайлова А.Г., Родякин С.В., Ян П.А.) [Эдер и др., 2015, 2016, 2019; Конторович и др., 2018b]. Наименования типов пород приведены согласно классификации А.Э. Конторовича с соавторами

[Конторович и др., 2016].

Этапы исследования:

1. Литературный обзор геологического строения территории исследования (стратиграфия, литология, тектоника и нефтегазоносность) и геохимии органического вещества баженовской свиты;

2. Изучение и освоение геохимических методов (определения содержания $C_{орг}$, экстракции $b_{хл}$, пиролиза, адсорбционно-жидкостной хроматографии, газожидкостной хроматографии и хромато-масс-спектрометрии) согласно методике исследования геохимии органического вещества (ОВ), разработанной в ИНГГ СО РАН для высокообогащенных ОВ пород, начиная с отбора образцов и их пробоподготовки;

3. Выявление закономерностей распределения органического вещества баженовской свиты и его пиролитических характеристик в разрезе и по площади территории исследования;

4. Сравнительный анализ группового состава выделенных хлороформенных экстрактов (битумоидов) из открытого и закрытого порового пространства пород баженовской свиты;

5. Определение генетического типа ОВ, условий его осадконакопления и преобразования в диагенезе по распределению углеводородов-биомаркеров и ароматических соединений;

6. Установление степени катагенеза ОВ пород по пиролитическим и биомаркерным данным в сравнении с углепетрографическими, выполненными А.Н. Фоминым [Фомин, 2011].

7. Проведение количественной оценки перспектив нефтеносности органического вещества баженовской свиты Северо-Сургутского района.

Научная новизна. Единый отбор коллекции образцов с шагом не более 0,3 м для современных комплексных исследований (литологических, петрофизических и геохимических) позволил не только оценить качество и количество содержащегося органического вещества, но и определить закономерности его распределения в зависимости от литологического типа и пространственного строения породы. Установлено, что наилучшими нефтегенерационными характеристиками обладают обогащенные органическим веществом микститы, а силициты и карбонаты – потенциальные коллекторы баженовской свиты. Впервые проведено сравнение хлороформенных экстрактов из открытого и закрытого порового пространства пород баженовской свиты, изучен их углеводородный состав на молекулярном уровне. Доказана сходимость результатов определения группового состава битумоидов, извлеченных из образцов регулярной формы (кубики и цилиндры) и образцов грубого дробления (размерность до 0,5 см). Показано, что органическое вещество битумоидов закрытых пор менее преобразовано по сравнению с

битумоидами открытых пор при одной стадии катагенеза. Построена карта распределения плотности геологических ресурсов баженовской свиты для Северо-Сургутского района Западной Сибири.

Степень достоверности научных результатов обусловлена полнотой выхода керна в интервале баженовской свиты (95-100%); единым отбором образцов для комплексного литолого-геохимического исследования керна на макро-и микроуровне с необходимой частотой (шаг от 0,1 до 0,3-1,0 м) в зависимости от неоднородности разреза, что позволило проводить сравнительный анализ полученных результатов не только с опубликованными материалами, но и уточнять по отдельным образцам с данными, полученными литологами и петрофизиками; увеличением количества определений пористости и содержания битумоидов за счет образцов грубого дробления при оценке плотности геологических ресурсов; использованием современного оборудования; применением теоретически обоснованных методик интерпретации геохимических материалов на основе осадочно-миграционной теории нафтидогенеза.

Личный вклад автора. Автор участвовал в первичной пробоподготовке пород, самостоятельно выполнил аналитические работы по получению экстрактов из пород (25 проб ОГД и 20 проб ОРФ Повховской скважины), а также хроматографическому разделению 62 образцов битумоидов ОМД Новоуртягунской скважины. Проведено уточнение интерпретации хроматограмм и хромато-масс-фрагментограмм, выполнено самостоятельное обобщение полученных данных по содержанию органического углерода и хлороформенных битумоидов в породах, пиролитических параметров пород, группового состава битумоидов, по распределению углеводородов-биомаркеров, отражательной способности витринита.

Защищаемые научные результаты:

1. Содержание органического вещества и нефтегенерационный потенциал пород баженовской свиты на территории исследования уменьшаются вниз по разрезу. В кровле свиты по геохимическим характеристикам выделяется переходная зона между собственно баженовской свитой и подачимовской толщей, что также подтверждается данными литологических исследований и ГИС.

2. Битумоиды баженовской свиты на территории исследования находятся в свободном (фазовообособленном) и сорбированном состоянии преимущественно в закрытом поровом пространстве пород. В открытых порах находятся наиболее подвижные компоненты битумоидов, перераспределенные из закрытых пор в ходе первичной миграции и оставшиеся после вторичной миграции нафтидов из баженовской свиты в берриас-нижнеаптские (пласты групп А и Б) резервуары.

3. Преобразованность (зрелость) органического вещества баженовской свиты Северо-Сургутского района, установленная по комплексу геохимических методов, соответствует градации катагенеза $МК_1^1$ - $МК_1^2$ (главная фаза нефтеобразования). Анализ молекулярных показателей, наиболее чувствительных к вариациям зрелости, показал уменьшение преобразованности ОВ в западном направлении: от Повховской к Дружной и Новоуртыгунской, затем Южно-Ягунской площадям.

4. На основе апробации методики, разработанной в ИНГГ СО РАН для высокообогащенных органическим веществом пород [Конторович и др., 2018 а,б], проведена оценка геологических ресурсов нефти баженовской свиты Северо-Сургутского района, что позволило отнести территорию исследования к категории высоко перспективных для поисков нефти.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Установленные в результате исследований закономерности распределения ОВ и изменения его катагенетической зрелости существенно дополнили знания об условиях формирования баженовской свиты Северо-Сургутского района Западной Сибири и перспективах ее нефтеносности на изучаемой территории, а также внесли вклад в развитие представлений о дифференциации битумоидов в ходе их генерации и миграции в рамках осадочно-миграционной теории нафтидогенеза.

Практическая значимость работы состоит в апробации методики исследования обогащенных органическим веществом пород на образцах баженовской свиты и подтверждении необходимости ее применения для для морских высокоуглеродистых кремнисто-карбонатно-глинистых (микститовых) толщ. Показано, что образцы пород регулярной формы с ненарушенной структурой порового пространства (ОРФ), которые после извлечения битумоидов часто разрушаются и становятся непригодными для определения петрофизических исследований, могут быть заменены на образцы грубого дробления (ОГД), при условии отбора единого образца на все виды анализов (петрофизических, литологических и геохимических). Сравнение хлороформенных экстрактов, выделенных по разработанной в ИНГГ СО РАН методике из ОРФ и ОГД, показал хорошую сходимость результатов исследований их группового и углеводородного составов. Анализ результатов пиролитических исследований и содержаний хлороформенных битумоидов в породе позволяет сделать вывод о целесообразности проведения пиролиза после экстракции при условии значений $b_{хл}>0,5$ % на породе.

Апробация работы. Основные научные результаты диссертации индивидуально и в соавторстве опубликованы в 8 статьях в рецензируемых

научных журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, и 16 научных работах в сборниках материалов конференций. Результаты и основные положения диссертации в период с 2014 по 2022 гг. докладывались на 16 всероссийских и международных конференциях в городах Новосибирск, Томск, Тюмень, Санкт-Петербург и Сыктывкар: Международной научной студенческой конференции МНСК (НГУ, Новосибирск), Международной геолого-геофизической конференции и выставке EAGE (Санкт-Петербург, Тюмень), Всероссийском научно-практическом седиментологическом совещании (Томск), Международной конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург), Всероссийских научной конференции молодых ученых и студентов, посвященной 85-летию акад. А.Э. Конторовича (ИНГГ СО РАН, Новосибирск), Всероссийской научной конференции (Сыктывкар), Международной конференции «Химия нефти и газа», посвященной 50-летию Института химии нефти СО РАН (Томск), Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых «Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа –XXI век» (ИНГГ СО РАН, Новосибирск), Международной научной конференции в рамках выставки и конгресса Интерэкспо ГЕО-Сибирь (Новосибирск), Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых, посвященной 120-летию чл.-корр. АН СССР Н.Б.Вассоевича и 95-летию заслуженного геолога РСФСР С.Н.Неручева (ИНГГ СО РАН, Новосибирск).

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав и заключения. Объем диссертации составляет 168 страниц машинописного текста, включая 51 рисунок и 7 таблиц. Список литературы содержит 271 наименование, включая 26 иностранных работ.

Благодарности. Автор глубоко признателен и благодарен своему научному руководителю к.г.-м.н. Е.А. Костыревой за помощь и поддержку на всех этапах выполнения диссертации. Отдельную признательность автор выражает сотрудникам лаборатории геохимии нефти и газа, выполнявшим аналитические исследования – Н.В. Аксеновой, Н.П. Вертаковой, Н.В. Григорьевой, Е.Г. Гудяевой, К.В. Долженко, Е.А. Зубовой, Е.А. Ивановой, М.И. Качан, Н.М. Леминой, Н.В. Моисеевой, А.И. Чукановой, Н.П. Шевченко, а также сотрудникам лаборатории седиментологии за предоставленные литологические и петрофизические данные и научные консультации – А.В. Замирайловой, С.В. Родякину, В.Г. Эдер, П.А. Яну. Автор также искренне признателен за ценные советы и помощь в работе Л.С. Борисовой, А.И. Бурухиной, Л.М. Бурштейну, В.А. Каширцеву, Н.С. Ким, Д.С. Мельнику, В.И. Москвину, Т.М. Парфеновой, А.П. Родченко, С.В. Рыжковой, П.И. Сафронову, И.Д. Тимошиной, А.Н.

Фомину, М.А. Фомину, Е.А. Фурсенко.

Особую благодарность автор выражает д.г.-м.н., профессору, академику РАН А.Э. Конторовичу, который на протяжении многих лет является учителем поколений ученых-нефтяников, и чей вклад в становлении соискателя на пути в научной деятельности невозможно переоценить.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 посвящена анализу современного состояния и истории исследования баженовской свиты на изучаемой территории (стратиграфия, палеогеография, нефтеносность), особое внимание уделено истории изучения ОВ баженовской свиты. В **главе 2** приведены данные о фактическом материале и детально описана схема его исследования согласно методике, разработанной в ИНГГ СО РАН для высокообогащенных органическим веществом пород. **Глава 3** содержит основные результаты исследований и разбита на 3 части: *раздел 3.1.* посвящен анализу распределения органического углерода и пиролитических характеристик пород баженовской свиты по разрезу и по площади; *раздел 3.2.* посвящен исследованию состава битумоидов баженовской свиты, экстрагированных из открытого и закрытого порового пространства пород, а также анализу изменений значений пиролитических показателей S_1 и S_2 пород после удаления битумоидов; *раздел 3.3* посвящен результатам исследований индивидуального состава выделенных битумоидов. В **главе 4** на основе полученных геохимических данных проведена количественная оценка перспектив нефтеносности баженовской свиты Северо-Сургутского района Западной Сибири.

ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Содержание органического вещества и нефтегенерационный потенциал пород баженовской свиты на территории исследования уменьшаются вниз по разрезу. В кровле свиты по геохимическим характеристикам выделяется переходная зона между собственно баженовской свитой и подачимовской толщей, что также подтверждается данными литологических исследований и ГИС.

Полный выход керн в разрезах баженовской свиты Северо-Сургутского района и высокая частота его отбора позволила охарактеризовать как собственно баженовскую свиту, так и пограничные к ней интервалы разрезов подачимовской толщи и георгиевской свиты (Рисунок 2, см. вкл.).

Баженовская свита на территории исследования характеризуется так называемым «салымским» типом разреза, однако отличается от него

меньшей мощностью и глинистостью отложений [Эдер и др., 2015; 2016; 2019]. Содержание органического вещества в баженовской свите высокое ($C_{орг}$ до 24 % на породу, в основном, 5-15 %; $b_{хл\ общ}$ до 4,22 % на породу, в основном, 1,0-1,5 %), практически по всему разрезу свиты оно является породообразующим компонентом (в названии литотипа при $ОВ > 10\%$ добавляется «керогеновый»). В целом, органическое вещество распределено по разрезу баженовской свиты неравномерно, при этом отмечается приуроченность наиболее высоких концентрации $ОВ$ к верхней части баженовской свиты. В кровле свиты распространены микститы глинисто-кремнистые, которые слагают переходную зону баженовской свиты (описание ниже). Далее залегает так называемая «кокколитовая» пачка, представленная переслаиванием микститов (кероген-глинистых, кероген-кремнистых, кероген-глинисто-кремнистых, кероген-карбонатных и кероген-кремнисто-карбонатных) и карбонатных линз-прослоев. Эти породы обладают наиболее высоким содержанием органического вещества ($C_{орг} = 10-20\%$ и выше), новообразованных нафтидов ($b_{хл\ общ}$ до 2,7 % на породу; S_1 до 14 мг УВ/г породы) и остаточным нефтегенерационным потенциалом (S_2 до 112 мг УВ/г породы, $HI=400-600$ мг УВ/г $C_{орг}$) (Рисунки 3-5, см. вкл.), однако характеризуются низкими значениями индекса продуктивности (PI , в среднем, 0,1; $S_1/C_{орг} - 45-55$ мг УВ/г $C_{орг}$). В средней части разреза распространены в основном силициты керогеновые с прослоями темно-серых микститов кероген-кремнистых и кероген-глинисто-кремнистых, которые характеризуются средними значениями геохимических параметров ($C_{орг}=7-15\%$, $b_{хл\ общ}=0,6-2,5\%$ на породу, $S_1 < 12$ мг УВ/г породы, $S_2=20-80$ мг УВ/г породы, $HI=220-640$ мг УВ/г $C_{орг}$), переходными от верхней части баженовской свиты к нижней. В нижней части свиты выделяются темно-бурые массивные силициты (радиоляриты) и карбонаты, характеризующиеся относительно низкими содержаниями $ОВ$ ($C_{орг}=4-8\%$ на породу, в карбонатах 2-5 %), низким остаточным генерационным потенциалом ($S_2 < 43$ мг УВ/г породы, $HI=280-755$ мг УВ/г $C_{орг}$), но повышенным содержанием аллохтонных битумоидов ($b_{хл\ общ}$ 0,2-4,2 %, S_1 до 8,5 мг УВ/г породы) и относительно высоким индексом продуктивности (PI до 0,33, $S_1/C_{орг}$ до 250 мг УВ/г $C_{орг}$), свидетельствующие об активно протекающих процессах перераспределения образованной микронефти в баженовской свите. Эти породы принято рассматривать в качестве потенциальных коллекторов трещинно-кавернозного типа [BMP, 2017]. Качество органического вещества, согласно модифицированной диаграмме $HI-T_{max}$ (Рисунок 5, см. вкл.), соответствует керогену II типа (аквагенное $ОВ$).

При переходе от баженовской свиты к вышележащей подачимовской толще выделяется переходная зона (переходная зона баженовской свиты и

переходная зона подачимовской толщи) [Эдер и др., 2020], в которой фиксируется постепенное снижение содержания и качества ОВ. В переходной зоне баженовской свиты содержание $C_{орг} = 4,9 - 7,4 \%$ на породе, $b_{хл} = 0,7 - 1,8 \%$ на породе, S_1 варьируют от 2,5 до 7 мг УВ/г породы, S_2 – от 20 до 30 мг УВ/г породы, HI – от 371 до 485 мг УВ/г $C_{орг}$, что в целом, ниже, но сопоставимо со средними значениями в баженовской свите. Переходная зона подачимовской толщи представлена микститом глинистым и микститом глинисто-кремнистым, в которых содержание ОВ ($C_{орг} = 1,0 - 5,3 \%$, $b_{хл} = 0,1 - 0,7 \%$) и его пиролизные характеристики ($S_1 = 0,7-3,6$ мг УВ/г породы, $S_2 = 3 - 24$ мг УВ/г породы) заметно снижаются. Качество ОВ переходной зоны подачимовской толщи соответствует II типу керогена ($HI = 306 - 605$ мг УВ/г $C_{орг}$). Подачимовская толща представлена микститами глинистыми, кремнисто-глинистыми и аргиллитами, в которых содержание ОВ еще более низкое ($C_{орг}$ не превышает 3,7% на породе, $b_{хл} = 0,02-0,2 \%$). Породы обладают умеренным нефтегенерационным потенциалом ($S_1 = 0,1$ до 1,4 мг УВ/г породы, $S_2 = 0,3$ до 9,6 мг УВ/г породы, $HI = 60 - 328$ мг УВ/г $C_{орг}$), ОВ смешанного типа (аквагенное с примесью континентального).

При переходе от баженовской свиты к нижележащей георгиевской свите наблюдается изменение литологического состава с силицитов и карбонатов на микститы кремнистые, кремнисто-глинистые, аргиллиты и карбонаты, а также резкое снижение концентраций $C_{орг}$ до 0,1-4,3 %, $b_{хл}$ до 0,01-0,4 %. Породы георгиевской свиты характеризуются умеренным нефтегенерационным потенциалом (S_1 до 0,01 - 2,8 мг УВ/г породы, S_2 – до 0,06 - 4,6 мг УВ/г породы), органического вещества соответствует II и III типу керогена (HI – до 20-255 мг УВ/г $C_{орг}$).

2. Битумоиды баженовской свиты на территории исследования находятся в свободном (фазовообособленном) и сорбированном состоянии преимущественно в закрытом поровом пространстве пород. В открытых порах находятся наиболее подвижные компоненты битумоидов, перераспределенные из закрытых пор в ходе первичной миграции и оставшиеся после вторичной миграции нафтидов из баженовской свиты в берриас-нижнеаптские (пласты групп А и Б) резервуары.

Изучение органического вещества баженовской свиты по схеме, разработанной в ИНГГ СО РАН методике [Конторович и др., 2018], позволила разделить свободные битумоиды, выполняющие открытые поры, а также битумоиды закрытых пор и сорбированные. В проведенных исследованиях под битумоидами открытых пор подразумевается «свободная микронепть», т.е. экстракты битумоидов из недробленных

пород (ОРФ и ОГД), а под битумоидами закрытых пор – высвобождающиеся после разрушения пород в процессе дробления до 0,25 мм (ОМД) автохтонные битумоиды, содержащие как нафтиды заблокированных пор, так и сорбированные на поверхности пород химически связанные молекулы углеводов и гетероциклических соединений.

Исследования показали, что основной вклад (около 80 %) в общий выход хлороформенных битумоидов ($b_{\text{хл. общ}}$) вносят экстракты из закрытого порового пространства пород (до 2,0 % на породу), в то время как содержание битумоидов в открытых порах не превышает 1,0 % на породу и составляет, соответственно, около 20 % от $b_{\text{хл. общ}}$ (Рисунок 4, см. вкл.). В карбонатных породах доля битумоидов из открытого порового пространства может достигать 90 % от общего выхода хлороформенного битумоида. Стоит отметить, что содержание битумоидов в породе – это результирующая двух процессов – новообразования и первичной миграции, и в представленной работе учитываются лишь нафтиды, оставшиеся в породе на момент проведения исследований. Нужно иметь в виду, что баженовская свита является источником огромных запасов нефти в залежах берриас-аптского комплекса, следовательно, значительная часть битумоидов открытых пор покинула материнские породы в результате первичной и вторичной миграции. Кроме того, часть летучих фракций, заполняющих поровое пространство, была утеряна при бурении и подъеме керна на поверхность.

Анализ распределения пиролитических показателей S_1 и S_2 , измеренные до и после извлечения (экстракции) битумоидов, подтверждает выводы о распределении битумоидов открытых и закрытых пор. Значения показателя S_1 после экстракции битумоидов из открытого порового пространства снизились незначительно (примерно в 1,5 раза), в то время как после удаления битумоидов закрытых пор показателя S_1 уменьшились в 3 раза (Рисунок 3, см. вкл.). Показатель S_2 после удаления битумоидов также снижается, но по сравнению с S_1 в значительно меньшей степени. Изменение параметра S_2 связывается с удалением из породы в составе экстрактов высокомолекулярных смолистых компонентов, входящих в пик S_2 .

Групповой состав битумоидов открытых пор близок к нефтям (содержание УВ до 80 % на битумоид, асфальтенов – около 10%). В битумоидах закрытых пор содержание углеводов изменяется от 40 до 60 % на битумоид, концентрации асфальтенов – до 20 % (Рисунок 6, см. вкл.). В целом, содержание углеводов в битумоидах открытых пор выше по сравнению с битумоидами закрытых пор, в среднем, в 1,3-1,4 раза, содержание смол и асфальтенов – ниже (в 1,2-1,3 и 2-3,5 раза

соответственно), что объясняется «хроматографическим эффектом» первичной миграции по А.Э. Конторовичу и А.А. Трофимуку [Трофимук, Конторович, 1965; Вышемирский и др., 1971; Конторович и др., 2018а].

Информативными показателями перераспределения подвижных компонентов битумоидов в ходе адсорбционно-хроматографического фракционирования для изученной коллекции являются соотношение насыщенных (Me-Nn) углеводородов к ароматическим (Nn-Ar) и отношение смолы/асфальтены в битумоидах открытых и закрытых пор. Соотношение Me-Nn / Nn-Ar в битумоидах открытых пор из образцов Новоортьягунской и Повховской площадей достигает 4-5, из Дружной и Южно-Ягунской площадей - значения Me-Nn/Nn-Ar не превышают 3. В битумоидах закрытых пор возрастает концентрация ароматических углеводородов, соотношение Me-Nn/Nn-Ar значительно ниже: в образцах Повховской площади < 3, на остальных площадях < 2. Различие группового состава битумоидов по территории исследования может быть, по-видимому, объяснено катагенетической преобразованностью органического вещества. Соотношение смолы/асфальтены в битумоидах открытых пор изменяется от 2,5 до 30 (в единичных образцах до 60), что в среднем, в 1,5-2 раза выше по сравнению с битумоидами закрытых пор, где значения этого параметра варьируют от 1 до 15 (в единичных образцах до 30). Наименьшие значения отношения смолы/асфальтены отмечаются на Дружной площади: в битумоидах открытых пор значения изменяются от 3 до 12 (в среднем, 5,5), в битумоидах закрытых пор – от 1 до 9 (в среднем, 3). В битумоидах Южно-Ягунской и Повховской площадей значения параметра варьируют от 2,5-3 до 20-25 в битумоидах открытых пор (в среднем, 8 и 11 соответственно) и от 1-1,5 до 15 (в среднем, 5-5,5) в битумоидах закрытых пор. На Новоортьягунской площади значения отношения смолы/асфальтены наиболее высокие, в битумоидах открытых пор – 4,5÷30 (в среднем, 9,5), в битумоидах закрытых пор – 3÷17 (в среднем, 6).

Влияние миграционных процессов отмечается на молекулярном уровне по показателям, основанных на распределении как насыщенных (алканы, стераны, терпаны), так и ароматических (фенантрены, дибензотиофены, ароматические стероиды) соединений и отвечающих за степень катагенетической преобразованности ОВ. Значения этих показателей (например, изопреноидный коэффициент K_i , изомерные соотношения стеранов $(\beta\beta 20S+20R)/\alpha\alpha 20R$ C_{29} и $\alpha\alpha 20S/\alpha\alpha 20R$ C_{29} , метилфенантреновый индекс MPI, соотношение метилдибензотиофенов 4-МДБТ/1-МДБТ и др.) ниже и более выравнены в битумоидах закрытых пор по сравнению с битумоидами из открытого порового пространства пород [Сотнич, Костырева, 2021]. Поскольку процессы катагенетического преобразования

ОВ в одинаковой мере влияют на битумоиды открытых и закрытых пор, то отмечаемые в них различия значений показателей зрелости ОВ объясняются влиянием миграционных процессов, которые в первую очередь сказываются на битумоидах открытых пор.

Анализ молекулярных параметров, характеризующих фациально-генетический тип исходного органического вещества, таких как распределение нормальных алканов, отношение Pr/Ph, стерановый индекс (Рисунок 7, см. вкл.), трициклановый индекс, гомогопановый индекс, а также повышенное содержание дибензотиофенов, распределение метилдибензотиофенов (Рисунок 8, см. вкл.), преобладание триароматических стероидов над моноароматическими, преобладание C_{26} среди триароматических стероидов, подтверждает резко-восстановительную обстановку в осадках в диагенезе и аквагенную природу ОВ баженовской свиты, а также генетическое единство битумоидов, извлеченных из открытого и закрытого порового пространства пород.

3. Преобразованность (зрелость) органического вещества баженовской свиты Северо-Сургутского района, установленная по комплексу геохимических методов, соответствует градации катагенеза $МК_1^1$ - $МК_1^2$ (главная фаза нефтеобразования). Анализ молекулярных показателей, наиболее чувствительных к вариациям зрелости, показал уменьшение преобразованности ОВ в западном направлении: от Повховской к Дружной и Новоортьягунской, затем Южно-Ягунской площадям.

Катагенетическая преобразованность (зрелость) органического вещества баженовской свиты Северо-Сургутского района по данным отражательной способности витринита (значениями $R_{vt}^0 = 0,67 \div 0,78$, определения А.Н. Фомина) соответствует главной фазе нефтеобразования, градации катагенеза $МК_1^2$. По данным об элементном составе керогена баженовской свиты, содержание углерода (C_T) в горючей массе керогена образцов Дружной и Южно-Ягунской площадей изменяется от 74 до 80 %, водорода (Hг) – 6-7 %, сумма гетероэлементов (S+O+N) – от 14 до 20 % на горючую массу. Такой диапазон концентраций элементов в составе аквагенного керогена соответствует градации катагенеза $МК_1^1$. Согласно пиролитическим данным (T_{max} изменяется от 430 до 450°C) изученные образцы баженовской свиты попадают в зону зрелого керогена начала главной зоны нефтеобразования. При этом, несмотря на близкое территориальное расположение изучаемых площадей, отмечается увеличение преобразованности ОВ в ряду Южно-Ягунская (в основном, $T_{max} = 434 \div 442^\circ C$) → Новоортьягунская ($T_{max} = 436 \div 442^\circ C$) → Дружная

($T_{\max} = 437 \div 443^{\circ}\text{C}$) $\rightarrow$ Повховская ($T_{\max} = 439 \div 445^{\circ}\text{C}$) площади.

По молекулярным параметрам зрелости ($\text{CPI} = 0,8 \div 1,2$; изомерное отношение стеранов $(\beta 20\text{S} + 20\text{R}) / \alpha \alpha 20\text{R}$ $\text{C}_{29} = 3,5 \div 4,5$; $\text{Ts}/\text{Tm} = 0,5 \div 1,5$; $4\text{-МДБТ}/1\text{-МДБТ} = 1 \div 3$; и др.) также отчетливо видно уменьшение преобразованности ОБ баженовской свиты на территории исследования в западном направлении (Рисунок 9, см. вкл.): от Повховской площади, приуроченной к Южно-Надымской мегамоноклизе, к Новоортьягунской (зона сочленения Южно-Надымской мегамоноклизы и Хантейской гемиантеклизы) и Дружной (собственно Хантейская гемиантеклиза) площадям, и затем к Южно-Ягунской площади (Сургутский свод) [Сотнич, Костырева, 2021].

По информативности использования молекулярные показатели, характеризующие степень зрелости ОБ, можно разделить на информативные и слабоинформативные. К первым относятся Ts/Tm , $1/\text{K}_i = (\text{n-C}_{17} + \text{n-C}_{18}) / (\text{Pr} + \text{Ph})$, MDR, ДБТИ и ТАСИ, к последним – CPI, отношения стеранов $\alpha \alpha 20\text{S} / \alpha \alpha 20\text{R}$ C_{29} и $(\beta 20\text{S} + 20\text{R}) / \alpha \alpha 20\text{R}$ C_{29} , фенантроновые индексы MPI, MPI-1, MPI-2, PP-1 (за исключением может быть PP-1_{modified}) [Сотнич, Костырева, 2021]. Вторая группа показателей свидетельствует о зрелости изученного органического вещества, однако не позволяют выявить более детальную зависимость зрелости от территориальной приуроченности.

4. На основе апробации методики, разработанной в ИНГГ СО РАН для высокообогащенных органическим веществом пород, проведена оценка геологических ресурсов нефти баженовской свиты Северо-Сургутского района, что позволило отнести территорию исследования к категории высокоперспективных для поисков нефти.

Баженовская свита Северо-Сургутского района Западной Сибири соответствует основным критериям качественного прогноза нефтеносности: она характеризуется достаточными для нефтеносности толщами (20 - 35 м), перекрывается глинистыми отложениями подачимовской толщи, от нижележащих отложений отделяется глинистой георгиевской свитой; породы баженовской свиты на территории исследования (микститы в верхней и средней частях разреза) обладают микрослоистой структурой и высоким содержанием органического вещества ($\text{C}_{\text{орг}}$ до 24 % на породу), которое находится в главной фазе нефтеобразования (градиация $\text{MK}_1^1\text{-MK}_1^2$).

Залежи нефти в баженовской свите контролируются наличием или отсутствием коллектора, поэтому специалистами [ВМР..., 2017; и др.] было предложено оценку начальных геологических ресурсов нефти в ней осуществлять объемным методом: $Q_{\text{геол}} = F \cdot h \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{нефти}} \cdot \theta$, где F –

площадь, h – нефтенасыщенная толщина, K_n – коэффициент открытой пористости (общей пустотности пород), K_n – коэффициент нефтенасыщенности пород, $\rho_{\text{нефти}}$ – плотность нефти в атмосферных условиях, θ – пересчетный коэффициент. Формально, такой подход представляется правильным, но при этом в документах нет четких и регламентированных методик определения открытой пористости и нефтенасыщенности коллекторов в баженовской свите. В диссертационной работе, открытая пористость и нефтенасыщенность пород баженовской свиты были определены по разработанной в ИНГГ СО РАН методике [Конторович и др., 2018б].

Как показал сравнительный анализ, распределения литологического состава, характеристик органического вещества и открытой пористости пород по разрезу баженовской свиты на Повховской, Новоортьягунской, Дружной и Южно-Ягунской площадях крайне изменчиво. Прослои с повышенной открытой пористостью пород встречаются как в верхней части разреза баженовской свиты, обогащенной органическим веществом, так и в нижней части разреза, где распространены силициты и карбонаты с относительно пониженным содержанием ОВ (Рисунок 10, см. вкл.). Суммарная толщина нефтенасыщенных интервалов в разрезе баженовской свиты на территории исследования изменяется от 2,5 до 6,3 м, общая плотность геологических ресурсов нефти в них изменяется от 132,6 до 270,8 тыс. т/км² (Рисунок 11, см. вкл.).

Количество геологических ресурсов нефти баженовской свиты на территории участка площадью 7800 км² оценивается в 1,5 млрд т, средняя плотность геологических ресурсов составляет 193 тыс. т/км². При коэффициенте извлечения нефти 0,1, оценка извлекаемых ресурсов нефти баженовской свиты на изучаемом участке равна 150 млн т, что позволяет отнести территорию Северо-Сургутского района Западной Сибири к категории высоко перспективных для поисков нефти.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования геохимии органического вещества баженовской свиты в разрезах скважин Повховская-70, Дружная-322, Южно-Ягунская-306, Новоортьягунская-187, показали, что органическое вещество баженовской свиты накапливалось в аквагенных обстановках в высоковосстановительных условиях. В настоящее время органическое вещество (ОВ) находится в главной зоне нефтеобразования (градация катагенеза МК₁¹-МК₁²), однако в изученных разрезах преобразованность ОВ несколько различается – наиболее зрелым является ОВ Повховской площади, наименее – Южно-Ягунской площади. По уровню преобразованности ОВ баженовской свиты промежуточное положение

занимают Дружная и Новоуртьягунская площади.

По разрезу баженовской свиты органическое вещество распределено неравномерно, что объясняется цикличностью процесса осадконакопления: концентрации фоссилизированного в породах органического вещества растут по мере увеличения биологической продуктивности баженовского палеоморя (археи, бактерии, радиолярии, «кокколитофоридовые водоросли, бактерии, акритархи и т.д.). В прямой зависимости от содержания ОВ в породах находятся и пиролитические нефтегенерационные характеристики пород (S_1 , S_2 , HI), и содержание битумоидов (нафтидов) в породах.

Как показали пиролитические и битуминологические исследования, основная часть (около 80 %) оставшихся на сегодняшний день в баженовской свите нафтидов на территории исследования находится в закрытом поровом пространстве пород и может быть высвобождена только после механического разрушения пород. В открытом поровом пространстве пород в виде «свободной микронепти» находится лишь 20 % содержащихся в баженовской свите нафтидов. Этот факт существенно сказывается при оценке геологических ресурсов нефти в баженовской свите. Применение разработанной в ИНГГ СО РАН методики для комплексного исследования обогащенных органическим веществом керн баженовской свиты позволило провести такую оценку объемным методом. Геологические ресурсы нефти баженовской свиты на изучаемом участке площадью 7800 км² оцениваются в 1,5 млрд т, извлекаемые ресурсы при коэффициенте извлечения, по осторожности принятым равным 0,1, оцениваются в 150 млн т, что позволяет отнести территорию Северо-Сургутского района Западной Сибири к категории высоко перспективных для поисков нефти.

Результаты исследования рекомендуется использовать при бассейновом моделировании процессов генерации жидких и газообразных углеводородов баженовской свиты Северо-Сургутского района Западной Сибири и планировании поисково-оценочных работ. **Перспективы дальнейшей разработки темы** лежат в области углубленного изучения молекулярного состава битумоидов баженовской свиты и создания электронной библиотеки индивидуальных соединений, характерных для аквагенного органического вещества баженовской свиты.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, входящих в перечень ВАК:

1. Костырева, Е.А. Геохимия органического вещества баженовской свиты севера Хантейской антеклизы / Е.А. Костырева, *И.С. Сотнич* // Геология и геофизика. - 2017. - Т. 58. - № 3-4. - С. 533-543

2. Конторович, А.Э. Геохимия битумоидов баженовской свиты / А.Э. Конторович, Е.А. Костырева, С.В. Родякин, **И.С. Сотнич**, П.А. Ян // Геология нефти и газа. – 2018. – № 2. – С. 79–88.

3. Эдер, В.Г. Новые данные о литологии, органической геохимии и условиях формирования баженовской свиты Западной Сибири / В.Г. Эдер, Е.А. Костырева, А.Ю. Юрченко, Н.С. Балущкина, **И.С. Сотнич**, Е.В. Козлова, А.Г. Замирайлова, Н.И. Савченко // Георесурсы. – 2019. – Т. 21 – № 2. – С. 129-142

4. Замирайлова, А.Г. Литолого-геохимическая характеристика георгиевской, баженовской и куломзинской свит на Арчинской площади (Нюрольская впадина, Томская область) / А.Г. Замирайлова, Е.А. Костырева, В.Г. Эдер, С.В. Рыжкова, **И.С. Сотнич** // Геология нефти и газа. – 2019. – №3. – С. 99-113.

5. Эдер, В.Г. Литолого-геохимические и геофизические особенности приграничных толщ баженовского и куломзинского горизонтов (основание нижнего мела) центральных районов Западной Сибири / В.Г. Эдер, С.В. Рыжкова, Е.А. Костырева, М.А. Павлова, **И.С. Сотнич**, А.Г. Замирайлова, Е.В. Пономарева // Геология и геофизика. – 2020. – Т. 61. – № 7. – С. 943 – 961.

6. **Сотнич, И.С.** Ароматические соединения в битумоидах баженовской свиты севера Хантейской гемиянтеклизы / **И.С. Сотнич**, Е.А. Костырева // Георесурсы. – 2021. – Т. 23. – № 1. – С. 42-51.

7. Бурштейн, Л.М. К методике количественной оценки ресурсов углеводородов баженовской свиты юго-восточных районов Западно-Сибирского бассейна [Электронный ресурс] / Л.М. Бурштейн, А.Э. Конторович, С.В. Рыжкова, Е.А. Костырева, Е.В. Пономарева, П.И. Сафронов, **И.С. Сотнич** // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2021. – Т 16. – № 3. – с.1-22

8. Фомин, М.А. Прогноз литологического состава баженовской свиты на основе комплексной интерпретации геологических и геофизических материалов / М.А. Фомин, Е.А. Костырева, С.В. Рыжкова, Р.М. Саитов, **И.С. Сотнич**, В.Г. Эдер // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – № 1. – С. 154-167.

В других изданиях:

1. **Сотнич, И.С.** Строение разреза баженовской свиты в зоне сочленения Мансийской синеклизы и Сургутского свода / **И.С. Сотнич** // Материалы 52-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2014: Геология. – 2014. – С. 95-95

2. **Сотнич, И.С.** Строение разреза баженовской свиты в центральной

части Западной Сибири по комплексу ГИС / **И.С. Сотнич** // Материалы 53-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2015: Геология. – 2015. – С. 109-109

3. **Сотнич, И.С.** Особенности геохимии органического вещества баженовской свиты Повховской площади / **И.С. Сотнич** // Материалы 54-й международной научной студенческой конференции МНСК-2016 (г. Новосибирск, 16-20 апреля 2016 г.): Геология. - Новосибирск: Новосибирский гос. ун-т, 2016. - С. 118-118

4. Zhigulsky, I.A. Features of lithology and geochemistry of organic matter of the Bazhenov formation Pavlovskaya area with the use of GIS [Электронный ресурс] / Zhigulsky I.A., Eder V.G., **Sotnich I.S.**, Kostireva E.A., Halikova M.A. // 7th EAGE Saint Petersburg International Conference and Exhibition. Understanding the Harmony of the Earth's Resources Through Integration of Geosciences (Saint Petersburg, Russia, 11-14 April, 2016). - Saint Petersburg, 2016. - P. Tu A 13

5. **Сотнич, И.С.** Аллохтонные битумоиды баженовской свиты Дружного месторождения / **И.С. Сотнич**, Е.А. Костырева // Материалы V Международной конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского – Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ, 2017, с.652-655

6. Замирайлова, А.Г. Литолого-геохимическая характеристика баженовской и куломзинской свит на Арчинской площади (Нюрольская впадина, Томская область) / А.Г. Замирайлова, Е.А. Костырева, В.Г. Эдер, С.В. Рыжкова, **И.С. Сотнич** // Современные проблемы седиментологии в нефтегазовом инжиниринге: Труды III Всероссийского научно-практического седиментологического совещания (г. Томск, 10-12 апреля 2017 г.). - Томск: Изд-во ЦППС НД, 2017. - С. 77-83

7. **Сотнич, И.С.** Ароматические соединения в битумоидах баженовской свиты севера Хантейской гемиантеклизы / **И.С. Сотнич** // Актуальные проблемы геологии нефти и газа Сибири: Материалы 2-й Всероссийской научной конференции молодых ученых и студентов, посвященной 85-летию акад. А.Э. Конторовича (г. Новосибирск, 12-13 марта 2019 г.). – 2019. – С. 136-139

8. **Сотнич, И.С.** Углеводороды-биомаркеры в битумоидах баженовской свиты центральной части Западной Сибири / **И.С. Сотнич** // Геохимия нефти и газа, нефтематеринских пород, угля и горючих сланцев: Материалы Всероссийской научной конференции (г. Сыктывкар, 14-16 октября 2019 г.). – 2019. – С. 109-110

9. Рыжкова, С.В. Комплексная характеристика приграничных толщ баженовского и куломзинского горизонтов в центральном и юго-восточном районах Западной Сибири [Электронный ресурс] / С.В.Рыжкова, А.Г.Замирайлова, В.Г.Эдер, Е.А.Костырева, **И.С. Сотнич** //

Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Материалы VIII Всероссийского совещания с международным участием. Онлайн-конференция (7-10 сентября 2020 г., г. Сыктывкар). – 2020. – С. 204-207

10. **Сотнич, И.С.** Геохимия битумоидов открытых и закрытых пор пород баженовской свиты центральных районов [Электронный ресурс] / **И.С. Сотнич**, Е.А. Костырева // Химия нефти и газа: Материалы XI международной конференции, посвященной 50-летию Института химии нефти СО РАН (г. Томск, 28 сентября - 2 октября 2020 г.). – 2020. – С. 31-31

11. Рыжкова, С.В. Геохимическая, литологическая и геофизическая характеристика углеродистых карбонатно-глинисто-кремнистых пород баженовской свиты восточной части Западно-Сибирского осадочного бассейна / С.В. Рыжкова, А.Г. Замирайлова, Е.А. Костырева, **И.С. Сотнич**, В.Г. Эдер // Тюмень-2021. Управление недрами как кросс-функциональный процесс: Материалы 7-ой научно-практической конференции EAGE (Тюмень, Россия 22-26 марта 2021 г.) – Тюмень – 2021. – С.1-5

12. **Сотнич, И.С.** Дифференциация битумоидов баженовской свиты Северо-Сургутского района в ходе генерации и миграции / **И.С. Сотнич**, Е.А. Костырева, С.В. Рыжкова // Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа - XXI век: Материалы Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых, посвященной 150-летию академика АН СССР И.М. Губкина и 110-летию академика АН СССР и РАН А.А. Трофимука (г. Новосибирск, 14-15 сентября 2021 г.) – ИПЦ НГУ – Новосибирск – 2021. – С. 137-141

13. Фомин, М.А. Выделение коллекторов в разрезе баженовской свиты на основе комплексной интерпретации геологических и геофизических данных / М.А. Фомин, Е.А. Костырева, С.В. Родякин, С.В. Рыжкова, **И.С. Сотнич**, В.Г. Эдер // Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа - XXI век: Материалы Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых, посвященной 150-летию академика АН СССР И.М. Губкина и 110-летию академика АН СССР и РАН А.А. Трофимука (г. Новосибирск, 14-15 сентября 2021 г.) – ИПЦ НГУ – Новосибирск – 2021. – С.185-188

14. Фомин, М.А. Прогноз литологического состава баженовской свиты на основе комплексной интерпретации геологических и геофизических материалов (на примере разрезов северных районов ХМАО) / М.А. Фомин, Р.М. Сайтов, Е.А. Костырева, С.В. Рыжкова, **И.С. Сотнич**, В.Г. Эдер // Интерэкспо ГЕО-Сибирь - "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки

месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология": Материалы XVII международной научной конференции (г. Новосибирск, 19-21 мая 2021 г.) – ИНГГ СО РАН – Новосибирск – 2021. – Т. 2 – № 1 – С.291-300

15. Саитов, Р.М. Методологические приемы к прогнозу минерально-компонентного состава баженовской свиты на основе связей "КЕРН-ГИС" / Р.М. Саитов, М.А. Фомин, Е.А. Костырева, С.В. Рыжкова, **И.С. Сотнич**, В.Г. Эдер // Интерэкспо ГЕО-Сибирь - "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология": Материалы XVII международной научной конференции (г. Новосибирск, 19-21 мая 2021 г.) – ИНГГ СО РАН – Новосибирск – 2021 –Т. 2 – № 1 – с.236-245

16. **Сотнич, И.С.** Перспективы нефтеносности баженовской свиты Северо-Сургутского района / И.С. Сотнич, Е.А. Костырева // «Успехи органической геохимии»: 2-я Всероссийская научная конференция с участием иностранных ученых, посвященная 120-летию чл.-корр. АН СССР Н.Б.Вассоевича и 95-летию заслуженного геолога РСФСР С.Н.Неручева (5-6 апреля 2022 г.) – ИНГГ СО РАН. – Новосибирск. – 2022.

Технический редактор Т.С. Курганова

Подписано в печать 28.06.2022

Формат 60x84/16. Бумага офсет №1. Гарнитура Таймс

Печ.л. 1,0. Тираж 120. Зак. № 211

ИНГГ СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3

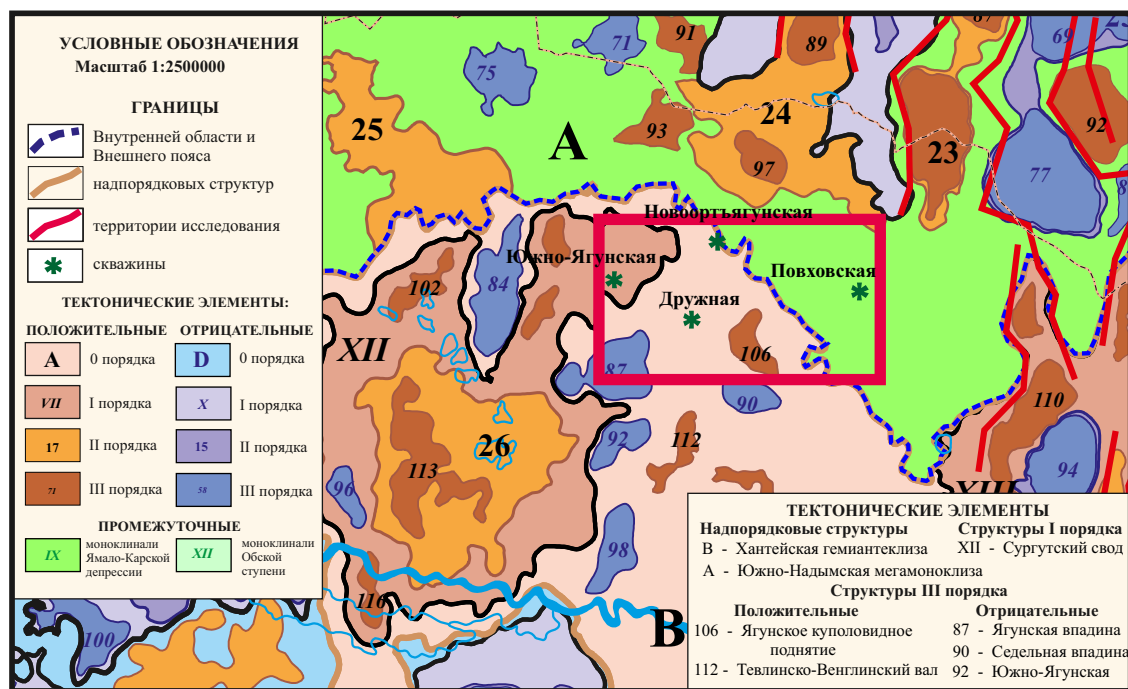
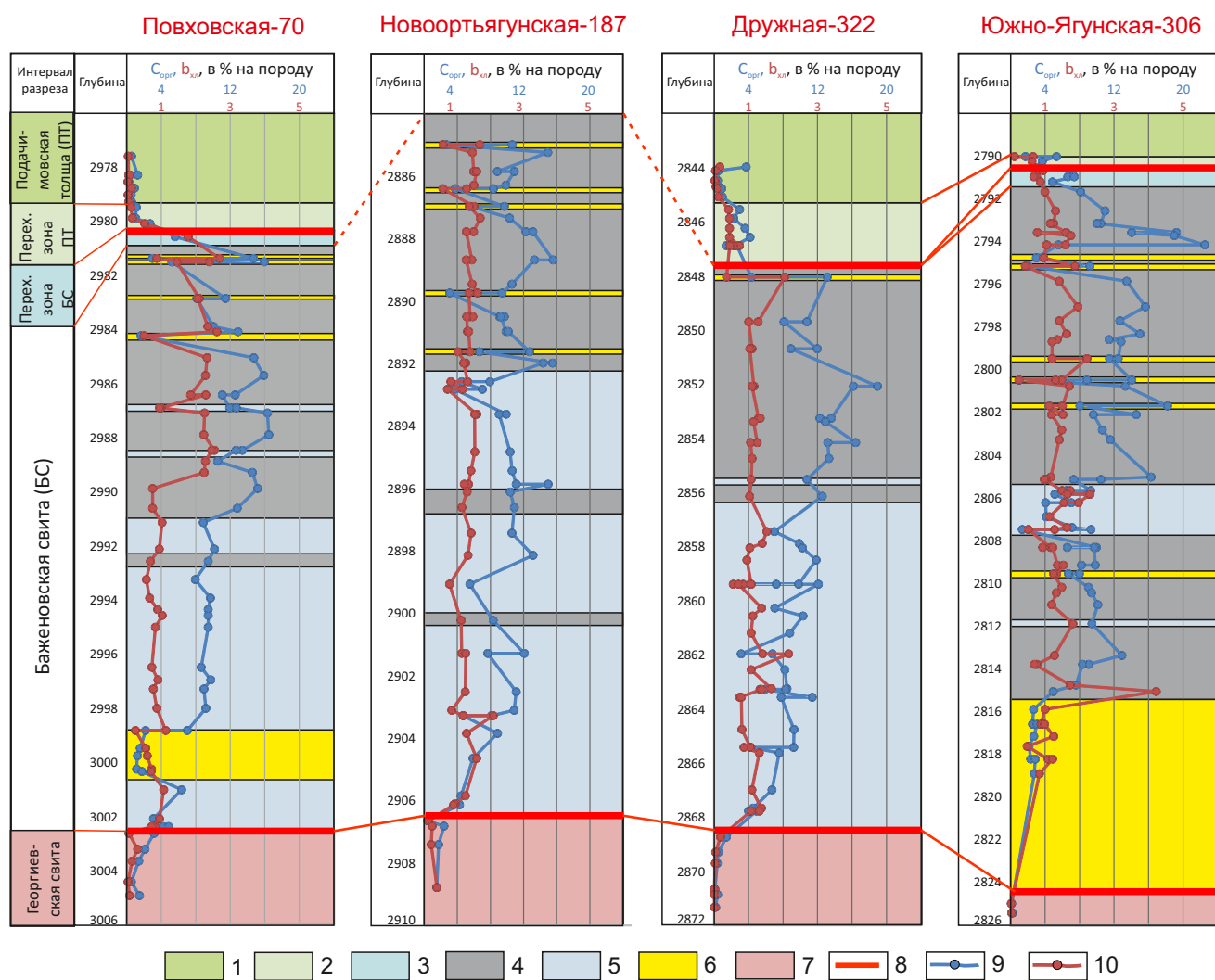


Рисунок 1 - Фрагмент тектонической карты по кровле юрского структурного яруса Западно-Сибирской НГП [Конторович и др., 2001]



Условные обозначения: 1 - нижняя часть подачимовской пачки; 2 - переходная зона подачимовской пачки; 3 - переходная зона баженовской свиты; 4 - микститы баженовской свиты: керогеновые, кероген-кремнистые, кероген-глинисто-кремнистые, кероген-карбонатные, кероген-кремнисто-карбонатные; 5 - силициты и керогеновые силициты; 6 - карбонаты; 7 - георгиевская свита; 8 - граница баженовской свиты; геохимические параметры: 9 - содержание органического углерода ($C_{орг}$) в породе, 10 - общее содержание битумоидов ($b_{кл}$) в породе.

Рисунок 2 - Распределение органического вещества по разрезу баженовской свиты в скважинах Северо-Сургутского района

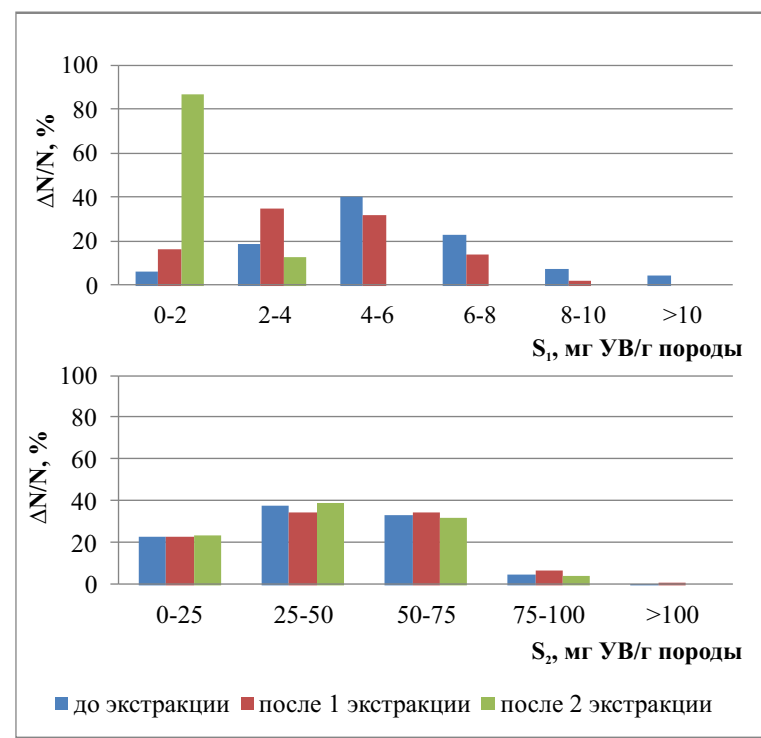


Рисунок 3 - Гистограммы распределения S_1 и S_2 в баженовской свите Северо-Сургутского района

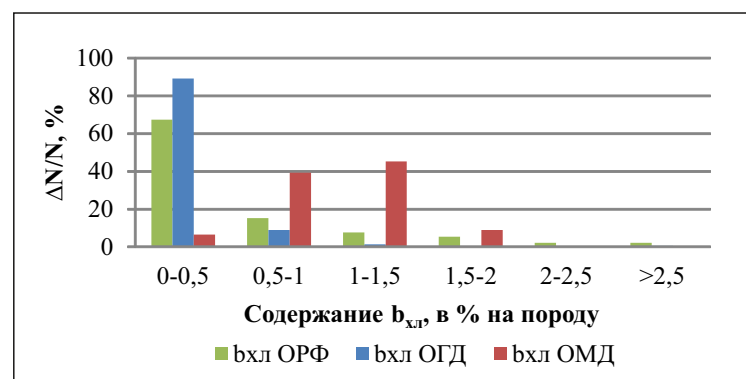


Рисунок 4 - Гистограмма распределения выходов хлороформенных битумоидов баженовской свиты

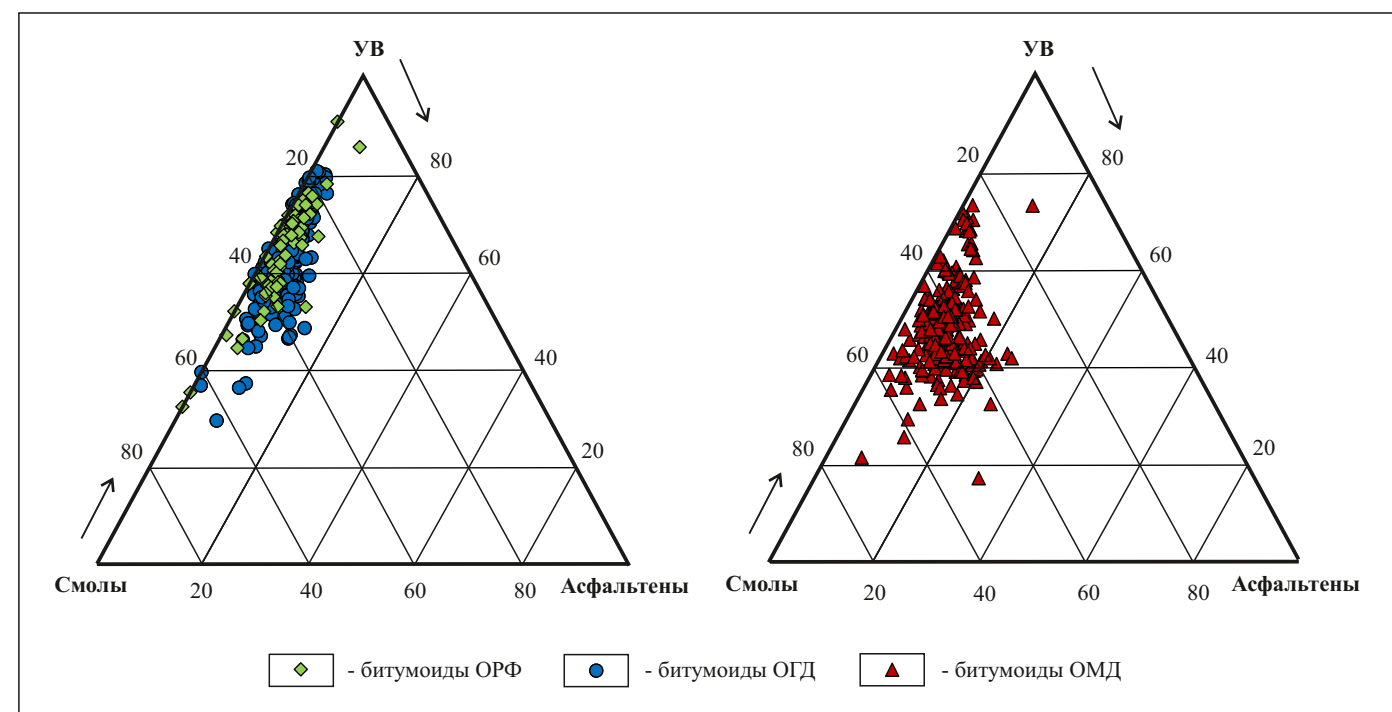


Рисунок 6 - Групповой состав битумоидов, извлеченных из открытого (ОРФ, ОГД) и закрытого (ОМД) порового пространства пород баженовской свиты Северо-Сургутского района

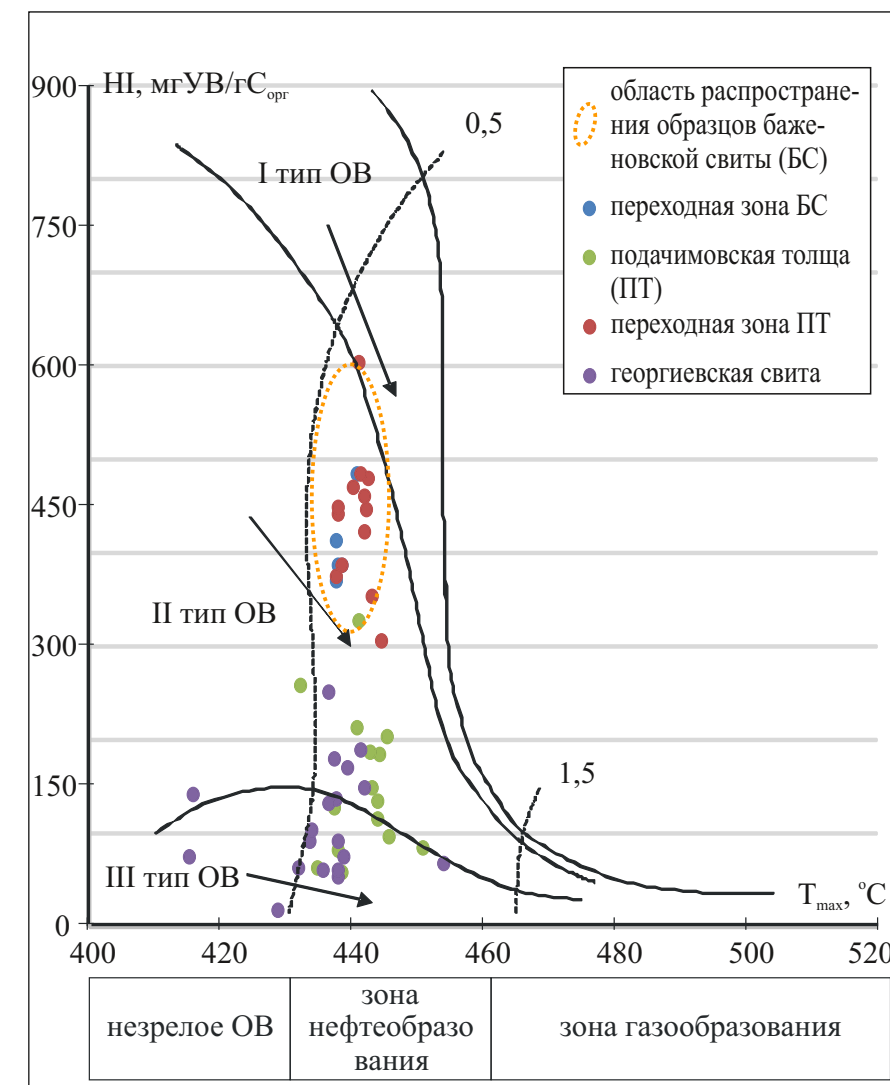


Рисунок 5 - Диаграмма HI- T_{max} подачимовской толщи, баженовской и георгиевской свит Северо-Сургутского района

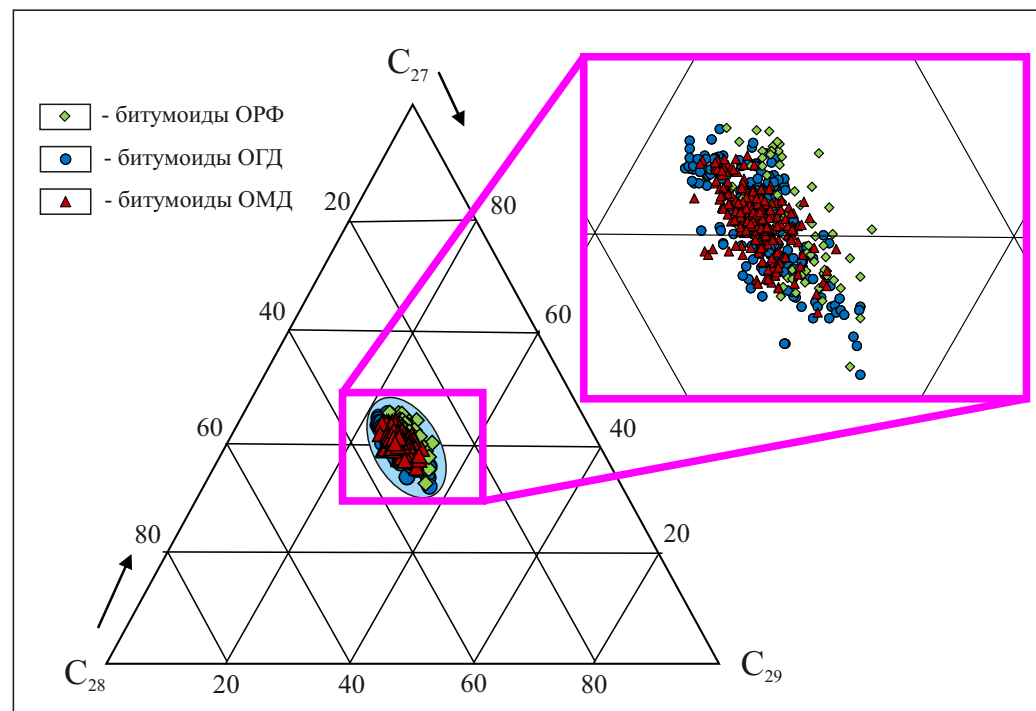


Рисунок 7 - Тригонограмма распределения стеранов (C_{27} - C_{29}) в битумоидах баженовской свиты открытых (ОРФ, ОГД) и закрытых (ОМД) пор

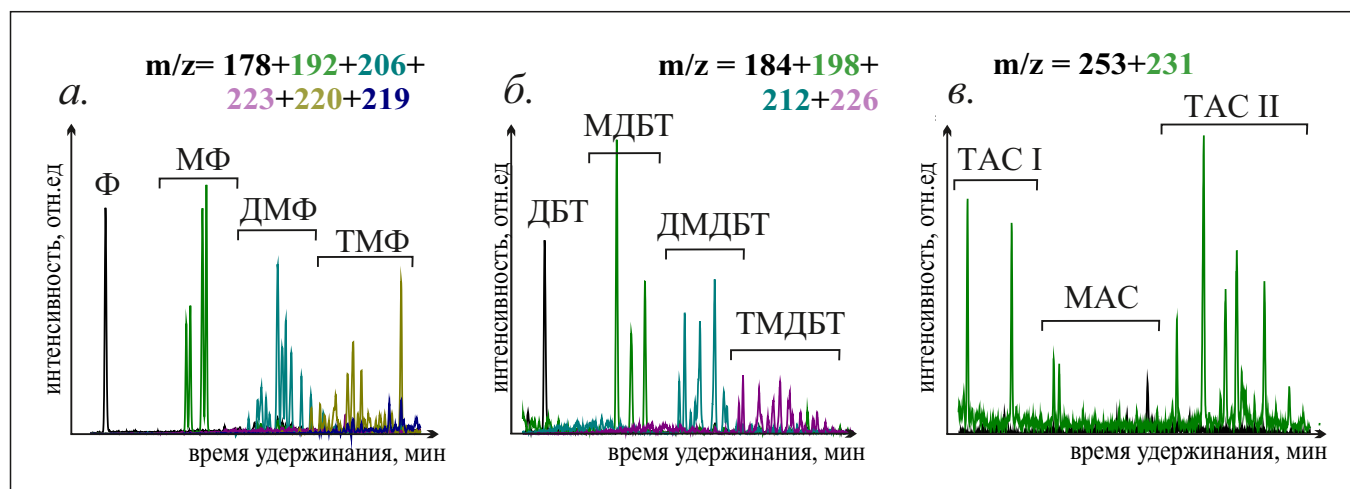


Рисунок 8 - Типовые хромато-масс-фрагментограммы ароматических соединений в битумоидах баженовской свиты: *а* - ароматические углеводороды фенантренового ряда, *б* - сероароматические соединения ряда дибензотиофена, *в* - моно- и триароматические стероиды

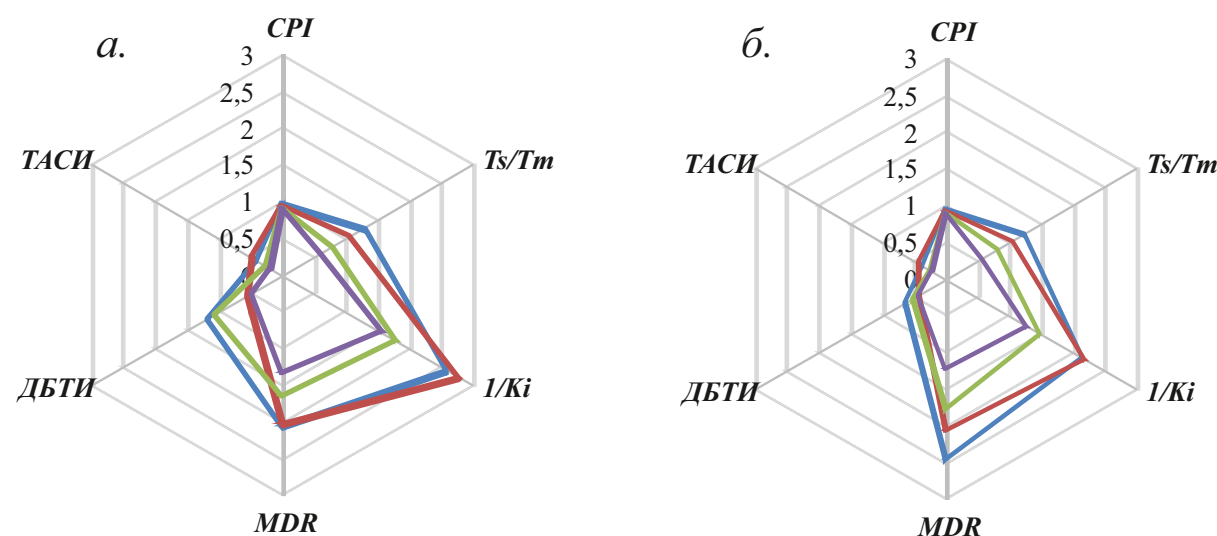


Рисунок 9 - Молекулярные показатели преобразованности ОВ баженовской свиты в битумоидах открытых (а) и закрытых (б) пор

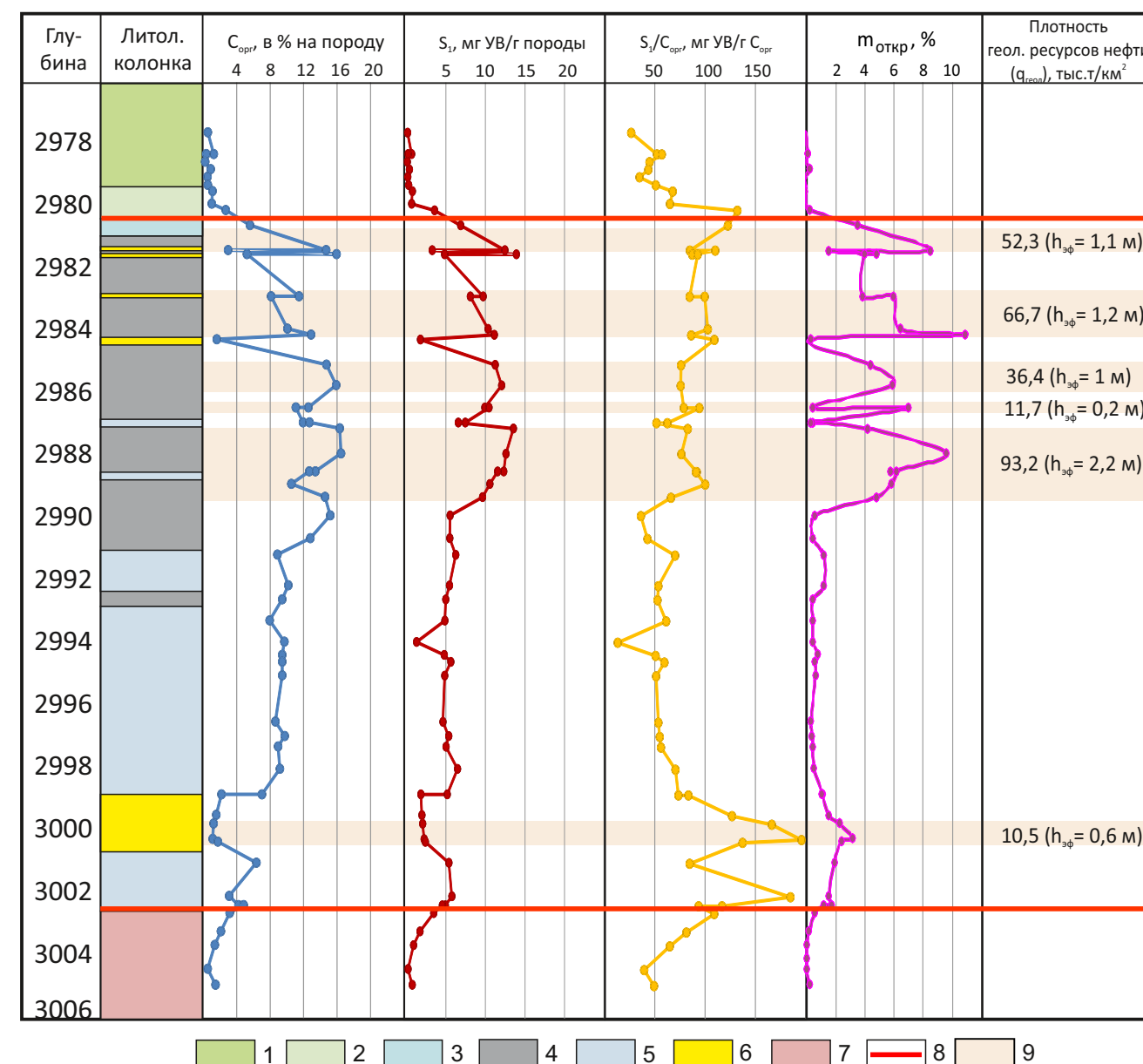


Рисунок 10 - Нефтенасыщенные интервалы в разрезе баженовской свиты в скважине Повховская-70 Северо-Сургутского района. Условные обозначения 1-8 см.на рис. 2; 9 - прослой с повышенными значениями открытой пористости

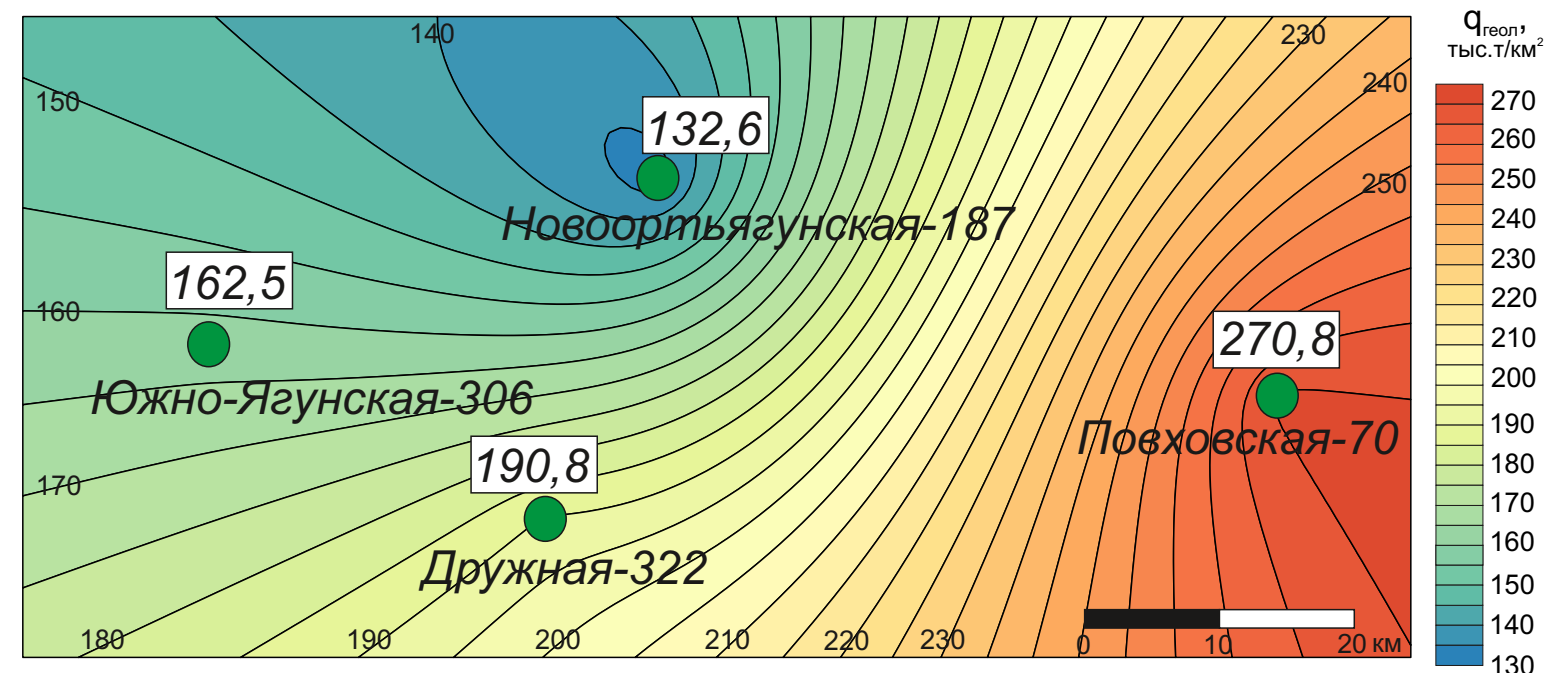


Рисунок 11 - Схематическая карта распределения плотности геологических ресурсов нефти баженовской свиты на территории Северо-Сургутского района Западной Сибири