

Аннотация. На основе новейших результатов интерпретации геолого-геофизических данных и материалов сейсморазведки и органико-геохимических анализов нефтегазопродуцирующих толщ детализированы численные модели динамики и масштабов генерации углеводородов в куонамской нефтегазопродуцирующей толще Курейской синеклизы на доэоценовый период.

Ключевые слова: куонамский комплекс, историко-геологическое моделирование, Курейская синеклиза

Hydrocarbon generation history of the Central area of Kureyka syncline

E.S. Yaroslavtseva¹, I.A. Gubin¹, P.I.Safronov¹, L.M. Burshtein¹

¹Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk

Annotation. By the latest results of the interpretation of geological-geophysical material and geochemical data the quantitative model of hydrocarbon generation dynamics in Kuonamka formation developed in IPGG has been significantly specified. Time-differentiated schemes of the hydrocarbon amount separately for liquid and gaseous products had been developed based on kerogen catagenesis reconstruction.

Введение

Реконструкция масштабов и динамики генерации углеводородов (УВ) нефтегазопродуцирующими толщами (НГПТ) осадочно-породных бассейнов является одним из существенных элементов прогноза перспектив нефтегазоносности. Для территории Курейской синеклизы эти вопросы впервые рассматривались в работах [Геология нефти и газа, 1981; Конторович и др., 1999; Баженова и др., 1971, 1972а, б и др.]. Исследования данной проблемы продолжают в наши дни [Баженова, 2019; Ярославцева, Бурштейн, 2022; Масленников и др., 2021; Баженова, 2019; Соболев и др., 2010; Ярославцева, Носков, 2021; Ярославцева, Бурштейн, 2022; Ярославцева, 2022; Губин и др., 2018; и др.].

Значительные перспективы рассматриваемой территории связаны с кембрийским комплексом, в котором роль нефтегазопродуцирующей толщи (НГПТ) выполняют куонамская и шумнинская свиты. Куонамская свита и ее аналог сформированы преимущественно в ботомско-амгинское время в обстановке некомпенсированного прогибания в открытом морском бассейне, с юга ограниченной полосой рифогенных тел [Асташкин и др., 1984; Филиппов и др., 2014; Мельников и др., 2018; Моисеев и др., 2021; Сухов и др., 2018, 2016 и др.].

Новейшие структурные построения и результаты геохимических исследований позволили уточнить ранее разработанные численные модели масштабов и динамики генерации в ней нафтидов [Ярославцева, Бурштейн, 2022; Моисеев и др., 2021 и др.], в том числе разделить оценить масштабы генерации жидких и газообразных УВ.

Цель: на основе уточненных данных о строении разреза и свойствах рассеянного органического вещества, а также реконструкции термической истории осадочного чехла, разработать вариант количественной модели динамики и масштабов генерации нефти и газа куонамской НГПТ в центральных районах Курейской синеклизы на доэоценовый период.

Методика исследования

Теоретические основы историко-генетического (бассейнового) моделирования заложены в трудах ([Конторович, Трофимук 1976; Конторович, 1970; Вассоевич, 1967; Tissot, Welte, 1984] и др.). Математический аппарат бассейнового моделирования детально описан в работах [Hantschel et al., 2009 и др.].

Моделирование выполнено в программно-методическом комплексе Temis Flow (Бейсип Франлаб). Методика работы предполагает построение структурной модели, на основе которой с использованием данных о тепловом режиме недр производится восстановление истории погружения и прогрева осадочного чехла. Далее с использованием характеристик НГПТ выполняется реконструкция динамики и масштабов генерации, миграции и аккумуляции УВ.

Структурная модель сформирована на основе материалов ИНГТ СО РАН: комплекта структурных карт по основным стратиграфическим уровням (поверхность фундамента, поверхность рифея, кровля ванаварской свиты венда, кровля оскобной свиты венда, кровля тэтрской свиты венда-нижнего кембрия, подошва и кровля куонамской свиты нижнего-среднего кембрия, подошва и кровля верхней кембрия, кровля байкитской свиты ордовика, подошва силура, подошва триаса), а также разбивку по скважинам, Чириндинская-271, Сохолохская-706, Кирамкинская-1, Кочечумская-2 и др. (рис. 1)

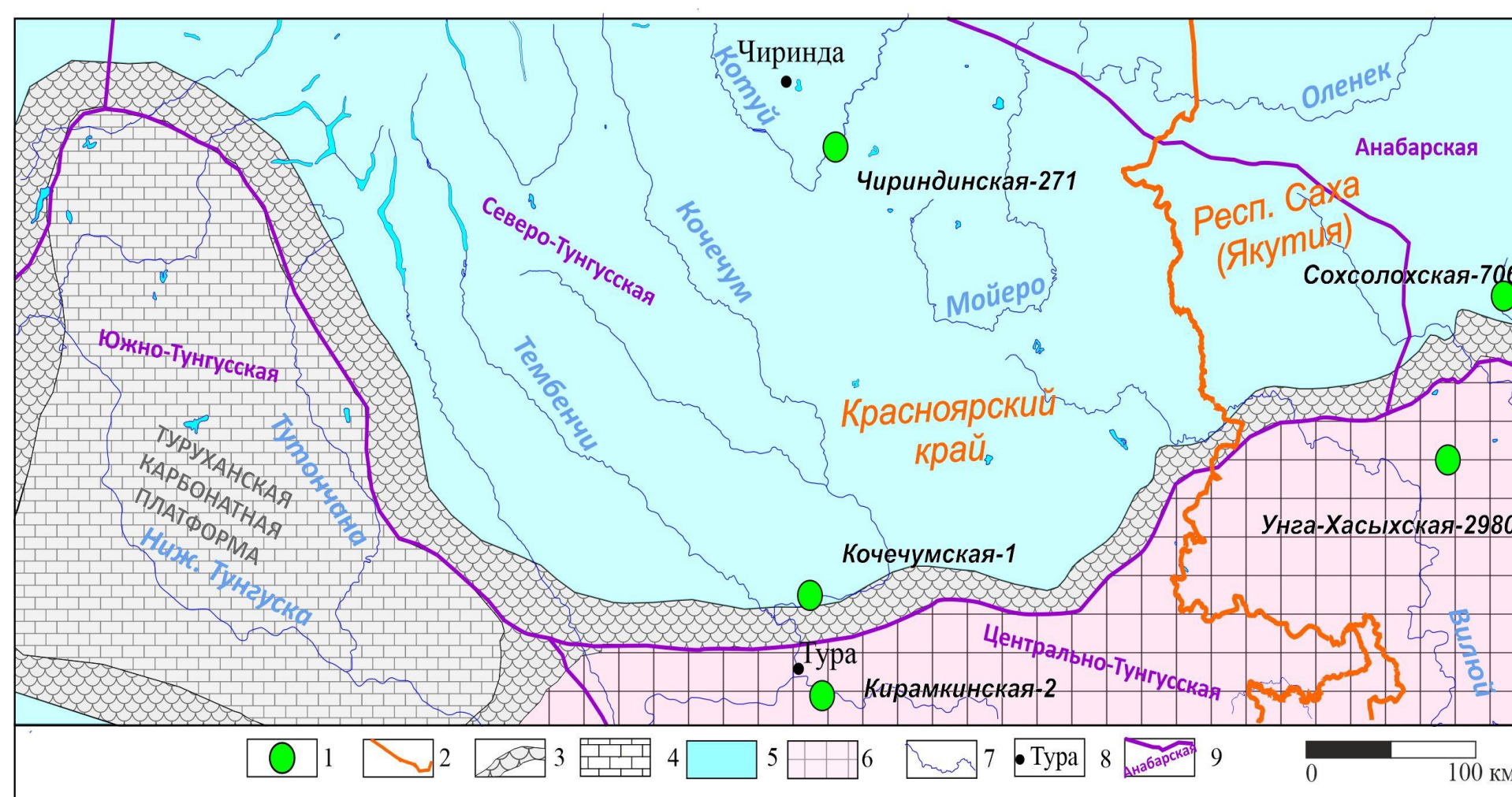


Рис. 1. Обзорная карта района исследования с элементами сейсмофациального районирования ниже-среднекембрийских отложений

Условные обозначения:
 1 – скважины, 2 – границы субъектов РФ, 3–6 – элементы сейсмофациального районирования [Сухов и др., 2016; Моисеев и др., 2021]; 3 – нижне-среднекембрийский рифогенный барьер, 4 – карбонатная платформа, 5 – область развития куонамского комплекса, 6 – область развития соленодного бассейна, 7 – гидротесь, 8 – населенные пункты, 9 – контуры и названия нефтегазоносных областей

Реконструкция температурной истории осадочного чехла в общем случае требует учета истории температур дневной поверхности, фактических измерений по палеотермометрам, распределения современных температур и тепловых потоков в осадочном чехле [Hantschel, Kuegel, 2009]. Слабая изученность территории, отсутствие достоверных данных по палеотермометрам, в том числе и в связи с влиянием пермо-триасового траппового магматизма не позволяют в полной мере реализовать данный подход. В связи с этим в работе реконструкция термической истории отложений на доэоценовый период проведена путем одномерного моделирования истории погружения и прогрева пород в разрезах скважин Чириндинская-271, Леданская-3, Фокинская-225 и др [Ярославцева, Носков, 2021; Ярославцева, Бурштейн, 2022].

При этом в качестве калибровочного параметра использовано значение глубинного теплового потока через нижнюю границу литосферы. Значения этого параметра, использованные при моделировании, заданы на основе общетеоретических, литературных данных [Добрецов, 2010; Дучков и др., 2011 и др.].

При моделировании значение глубинного теплового потока через нижнюю границу литосферы принималось постоянным и равным 40 мВт/м². Для учета влияния развития сибирского суперплума [Добрецов, 2010 и др.] в одномерных моделях предполагалось, что в конце перми на отрезке 15 млн лет глубинный тепловой поток плавно возрастал до 70 мВт/м².

Модель эволюции ОВ куонамской НГПТ в катанезе построена с учетом проведенных в ИНГТ СО РАН оценок кинетических характеристик керогена, а также с применением карт толщин обогащенных ОВ пород НГПТ [Бурштейн и др., 2023; Ярославцева и др., 2022]. При этом было принято, что при генерации нафтидов: жидкие продукты генерации не мигрировали из НГПТ и при дальнейшем погружении и нагреве испытывали вторичные преобразования с генерацией газа [Конторович и др., 2021].

Результаты исследования

Наиболее существенными результатами моделирования являются полученные схематические карты распределения плотности генерации жидких и газообразных УВ с дифференциацией по времени.

Согласно реконструкции динамики осадонакопления, центральная часть Курейской синеклизы в позднекембрийское и ордовикское время испытывает интенсивное прогибание. На рубеже позднего кембрия-раннего ордовика в ходе погружения куонамская НГПТ входит в главную зону нефтеобразования (ГЗН) и начинает генерировать жидкие УВ (рис. 2А). Плотности генерации нефти в этот период достигают 4,5 млн т/км². В этот же период в центральной части территории наблюдается последующий постепенный выход толщ из ГЗН, вхождение ее в глубинную зону газообразования (ГЗГ) и генерация газообразных УВ. Плотность генерации газа в этот период достигает 1,5-2 млрд м³/км² (рис. 3А).

В ордовике площадь вхождения куонамской НГПТ в ГЗН расширяется от центра очага к периферии, при этом плотности генерации жидких углеводородов несколько снижаются (до 4 млн т/км²) (рис. 2Б). В центральной части территории расширяется площадь вхождения толщ в ГЗГ и возрастают плотности генерации газа (до 4 млрд м³/км²) (рис. 3Б). В силурийское и раннедевонское время происходит смещение области погружения куонамской НГПТ в западном направлении и снижение интенсивности генерации жидких и газообразных УВ до 1,5 млн т/км² и 1,7 млрд м³/км² соответственно (рис. 2В, 3В).

К началу карбона генерационный потенциал куонамской НГПТ в центральной части Курейской синеклизы полностью реализован (рис. 2Г, 3Г). В западной части территории в это время происходит постепенное снижение плотности генерации газа. На северо-западной и северо-восточных окраинах территории куонамская толща не подверглась значительному катанезу в доэоценовое время.

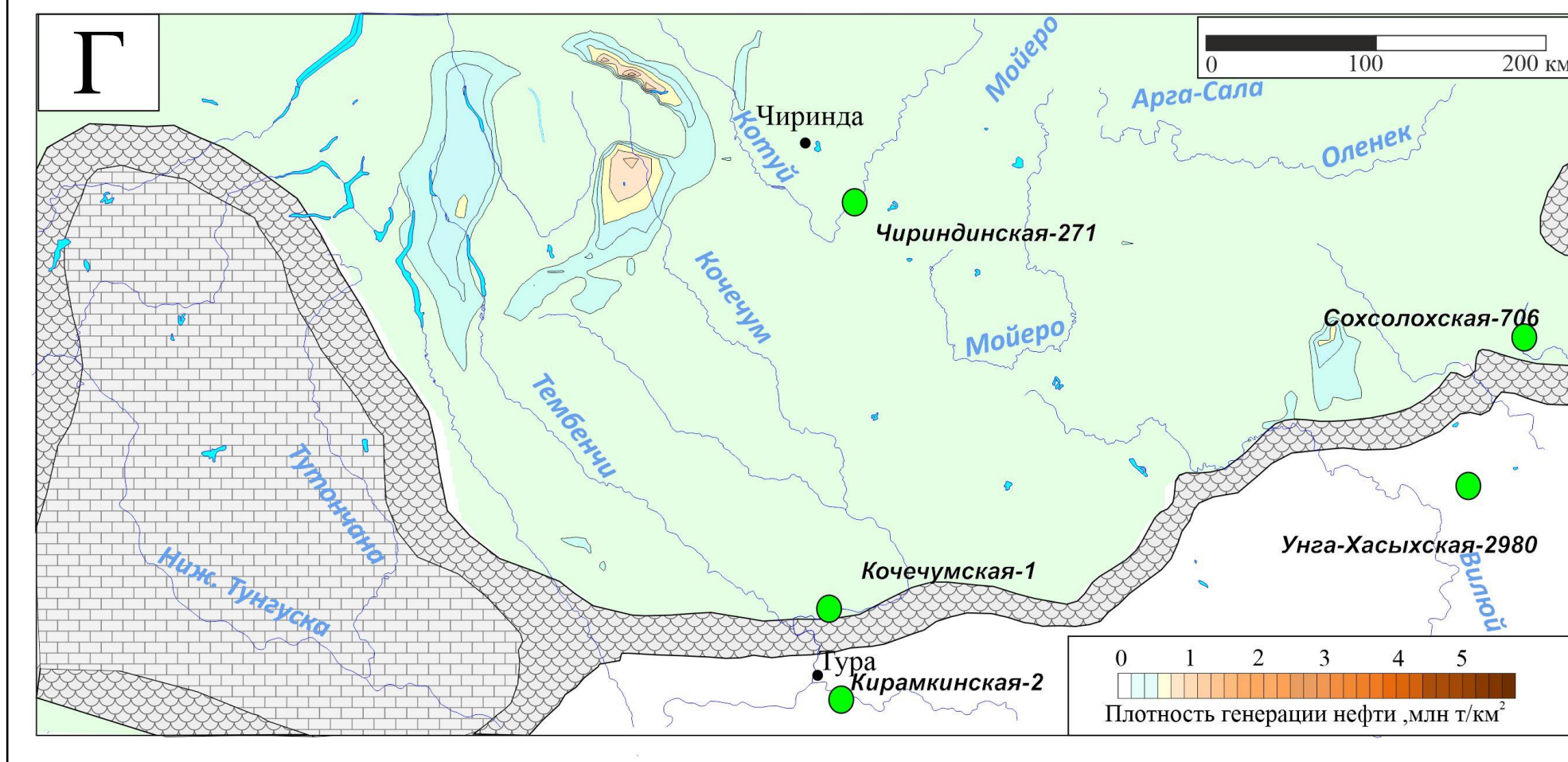
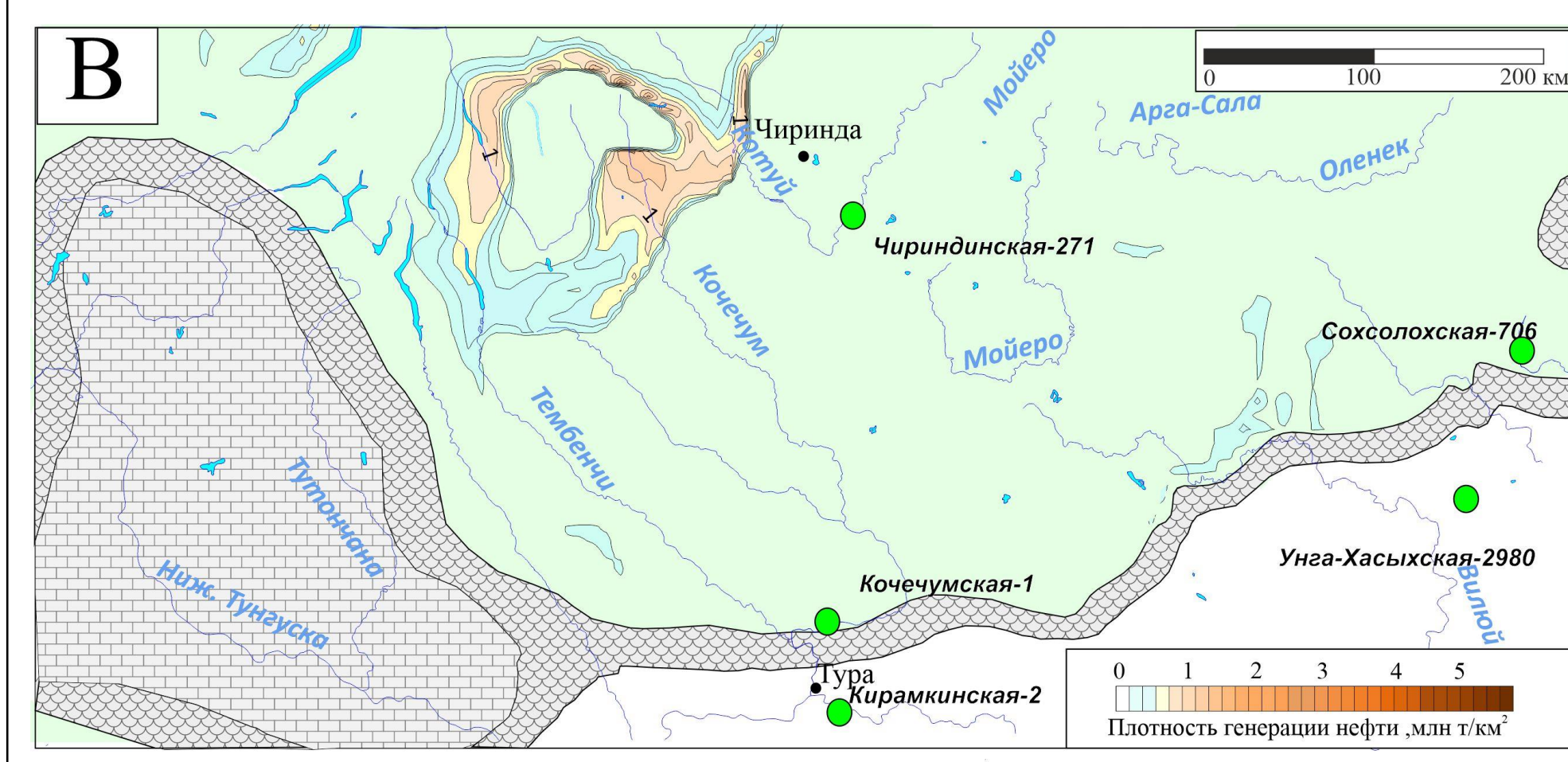
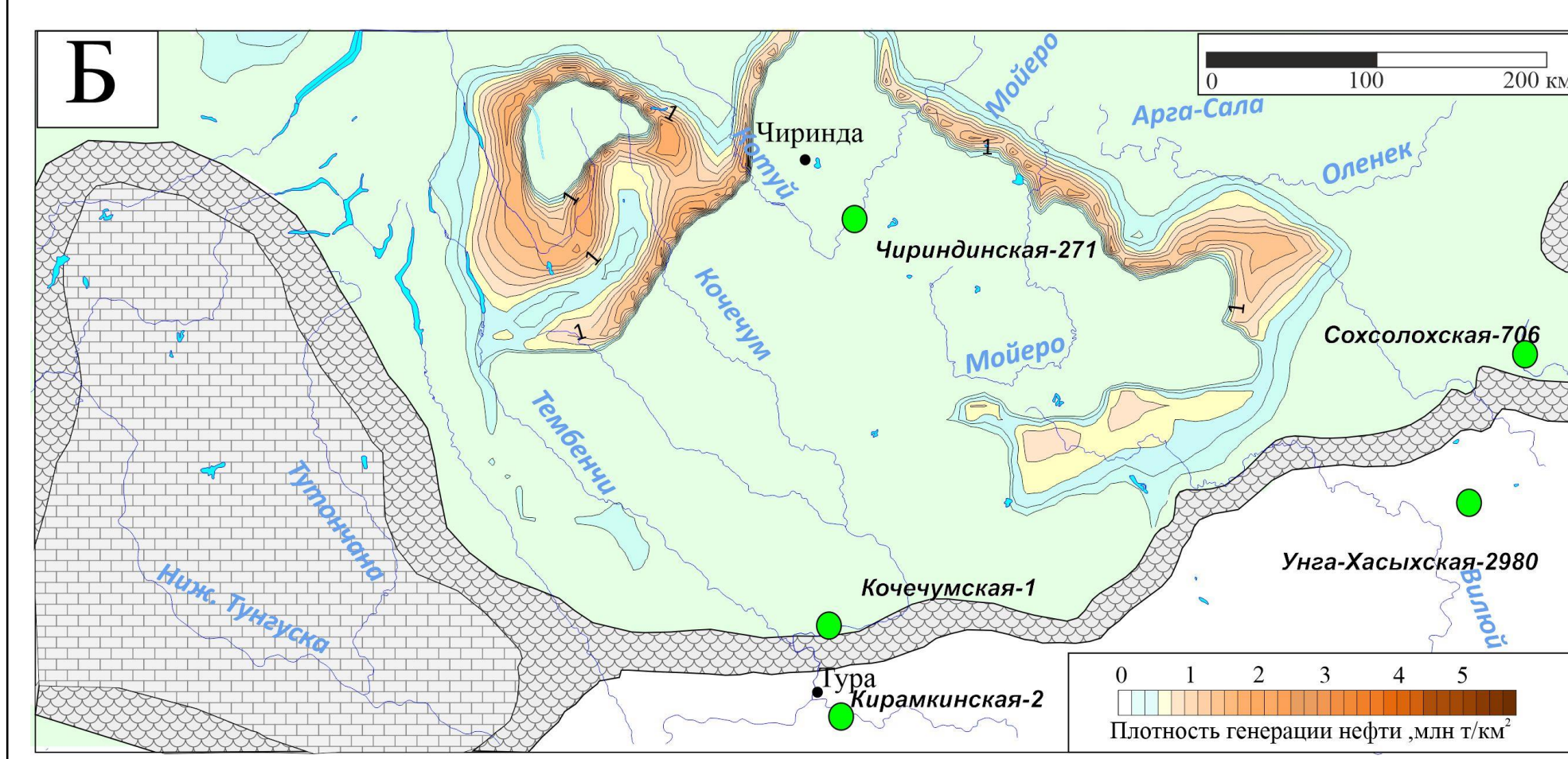
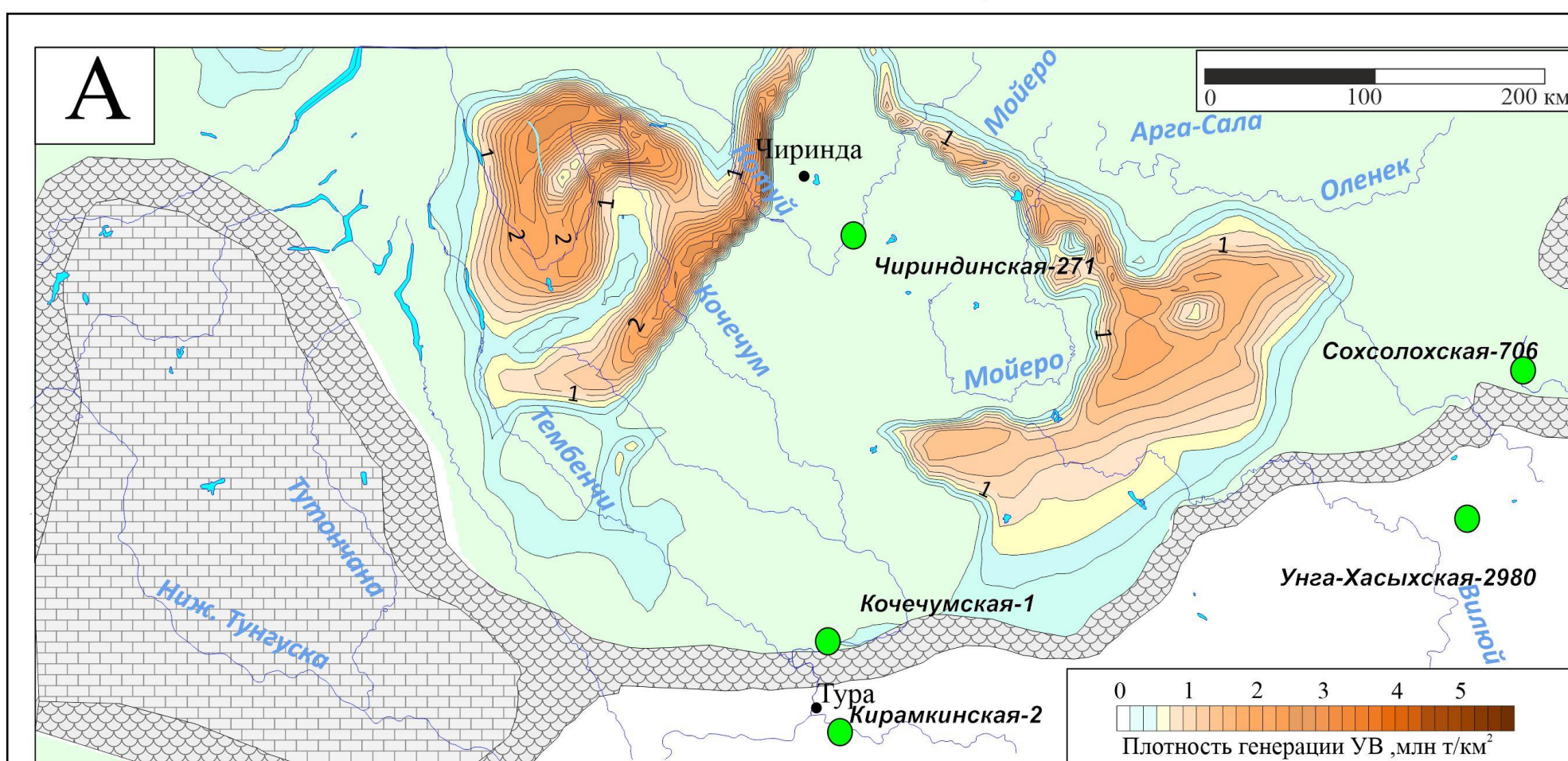


Рис. 2. Плотности генерации нефти: А – 500-475 млн л. назад (конец кембрия-начало ордовика), Б – 475-450 млн л. назад (ордовик), В – 400-450 млн л. назад (поздний ордовик-ранний девон), Г – 400-350млн. л. назад (девон-ранний карбон). (Условные обозначения см. на рис 1)

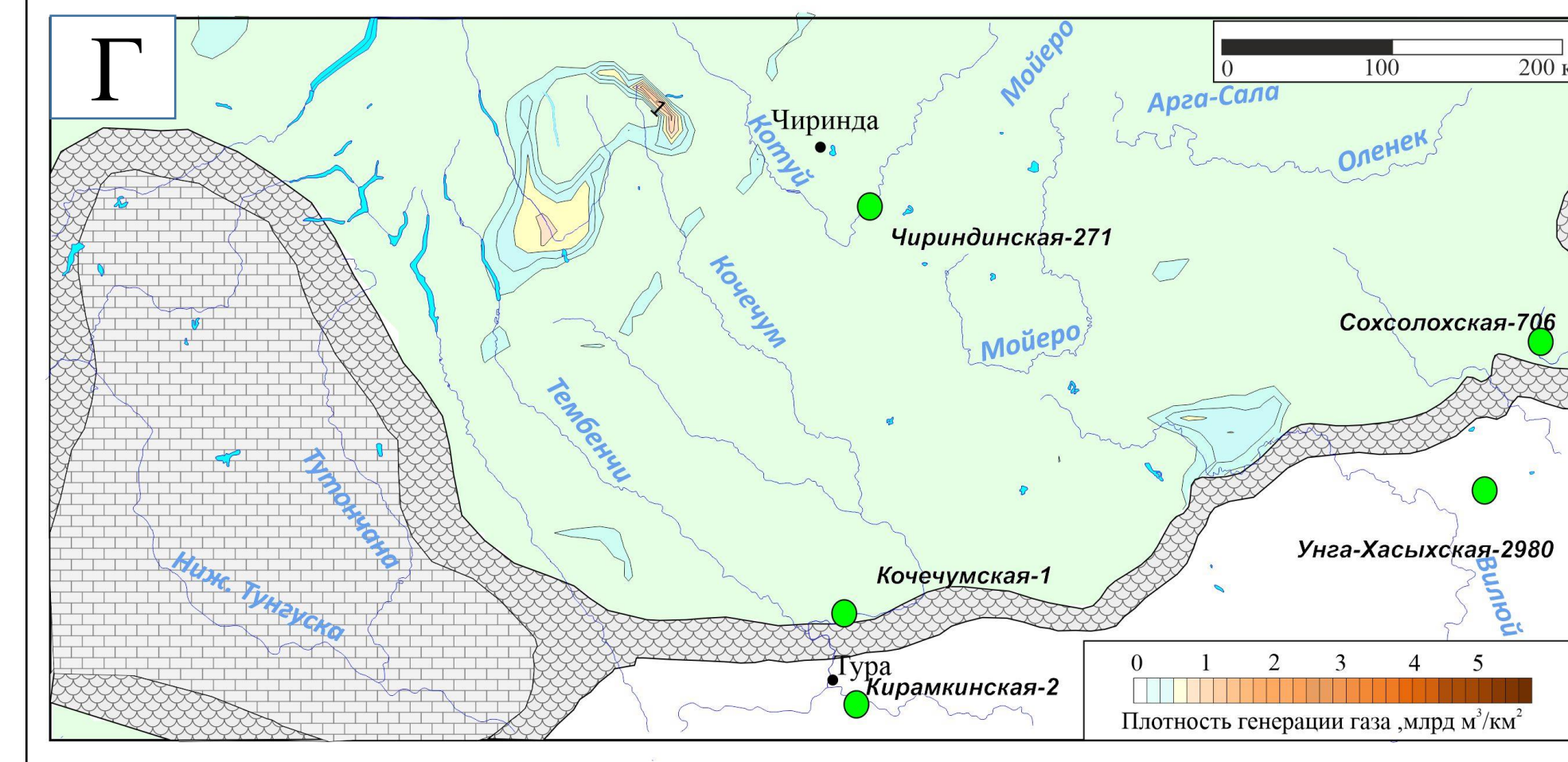
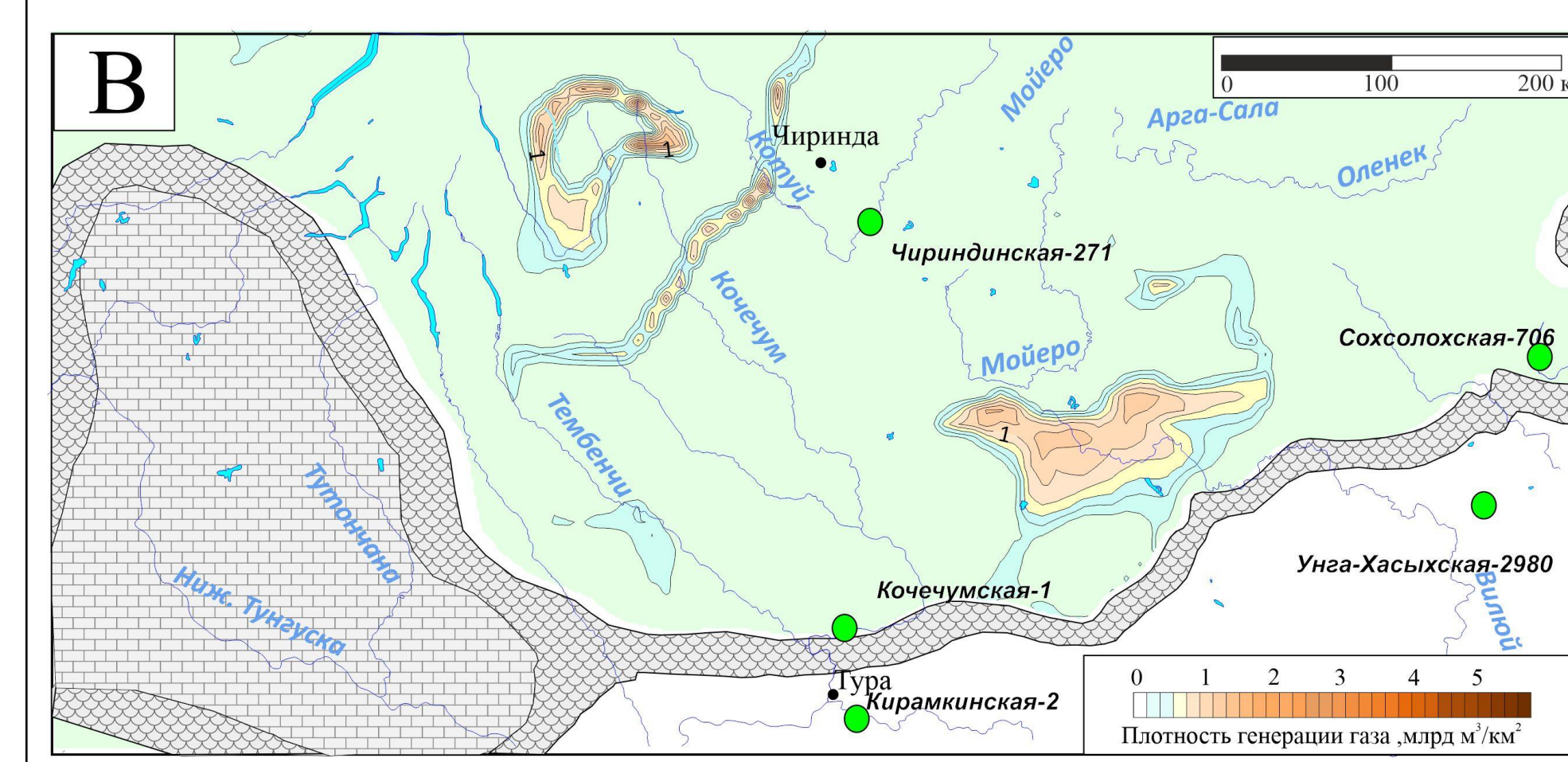
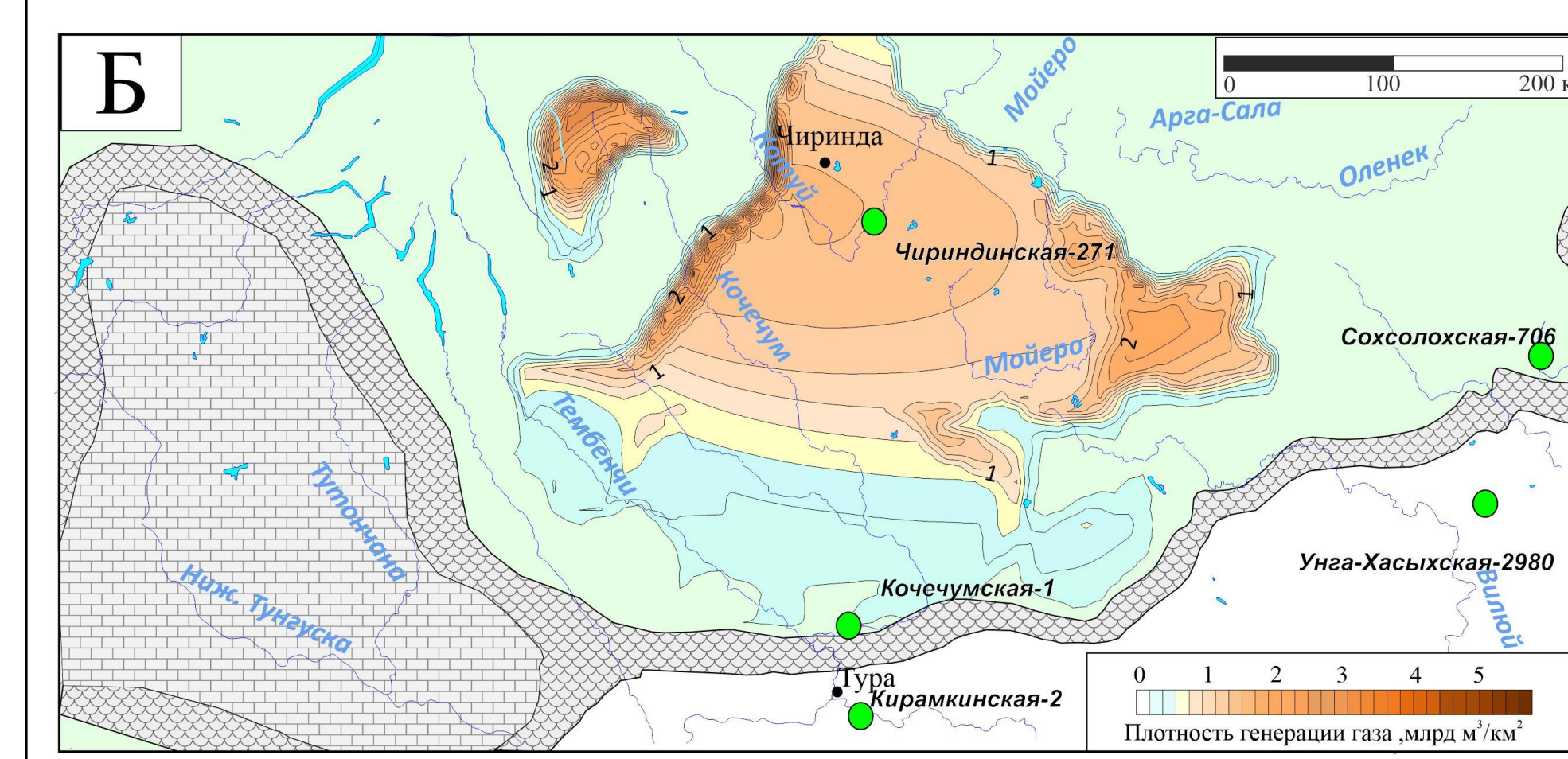
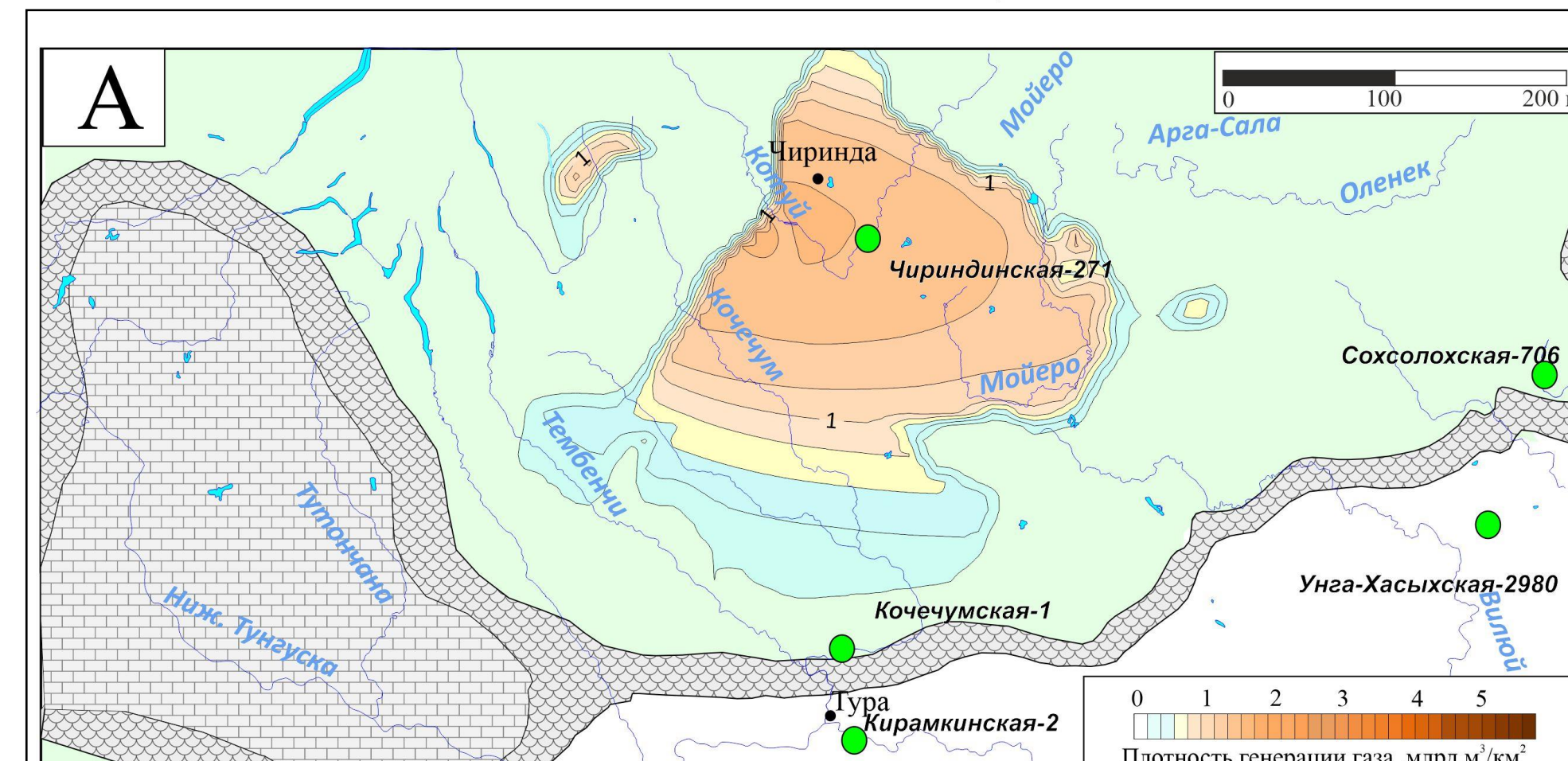


Рис. 3. Плотности генерации газа: А – 500-475 млн л. назад (конец кембрия-начало ордовика), Б – 475-450 млн л. назад (ордовик), В – 400-450 млн л. назад (поздний ордовик-ранний девон), Г – 400-350млн. л. назад (девон-ранний карбон). (Условные обозначения см. на рис 1)

Работа выполнена при финансовой поддержке Проекта № FWZZ-2022-0012 Государственной программы ФНИ

Список использованной литературы

- Асташкин В.А., Варламов А.И., Губин Н.К., Еханян А.Е., Переладов В.С., Роменко В.И., Сухов С.С., Умлерич Н.В., Федоров А.Б., Федякин А.П., Шинкин Б.Б., Хобия Е.И. Геология и перспективы нефтегазоносности рифовых систем кембрия Сибирской платформы. М., Недра, 1984, 181 с.
- Баженова Т.К., Вожов В.И., Гураев Ф.Г. и др. Главные критерии перспектив нефтегазоносности запада Сибирской платформы. // Проблемы нефтегазоносности Сибири: Новосибирск: «Наука», 1971. – С. 186-213
- Баженова Т.К., Дакнова М.В., Желтова Т.П., Лебедев В.С., Можогова С.В., Ларкин В.И., Назарова Е.С., Нечитайло Г.С., Грайзер Э.М., Киселев С.М., Киселева Ю.А., Горюнова Е.А., Борисова Л.Б. Нефтемагнетерские формации, нефти и газы докембрия и нижнего – среднего кембрия Сибирской платформы // Под ред. А.И. Варламова, А.П. Афанасенкова. М., ВНИГНИ, 2014, 124 с.
- Баженова Т.К., Дробот Д.И., Евтушенко В.М., Кащенко С.А., Конторович А.Э., Макаров К.К., Савицкий В.Е., Самсонов В.В., Шабанов Ю.Я., Шинкин Б.Б. Рассеянное органическое вещество в отложениях кембрия Сибирской платформы // Геохимия нефтегазоносных толщ кембрия Сибирской платформы. Тр.СНИИГТМСа: вып. 139, 1972а. С. 4-18
- Баженова Т.К., Дробот Д.И., Евтушенко В.М., Кащенко С.А., Конторович А.Э., Макаров К.К., Неручев С.Г. Катагенез изменения рассеянного органического вещества и нефтеобразование в кембрийских осадочных толщах // Геохимия нефтегазоносных толщ кембрия Сибирской платформы. Тр.СНИИГТМСа: вып. 139, 1972б. С. 19-41.
- Баженова, Т. К. Нижнекембрийский очаг нефтегазообразования на Севере Тунгусской синеклизы (Красноярский край) // Т. К. Баженова // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2019. – Т. 14. – № 4. – С. 1. – DOI 10.17353/2070-5379/42_2019.
- Вассоевич Н.Б. Теория осадочно-миграционного происхождения нефти (исторический обзор и современное состояние) // Изв. АН СССР. Сер. геол., 1967, № 11, с. 137-142.
- Геология нефти и газа Сибирской платформы / под ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова, А.А. Трофимука – М.: Недра, 1981. – 552 с.
- Губин И.А., Конторович А.Э., Моисеев С.А., Фомин А.М., Ярославцева Е.С. Выделение очагов генерации углеводородов в куонамской свите в Северо-Тунгусской НГО с использованием сейсмических данных // Интерэкспо Гео-Сибирь, Новосибирск, 2018, т.2, с. 47-55. doi: 10.18303/2618-981X-2018-2-47-55.
- Добрецов Н.Л. Глобальная геодинамическая эволюция Земли и глобальные геологические модели // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 6. С. 761-784.
- Дучков А.Д., Добрецов Н.Н., Аюнов Д.Е., Соколова Л.С. Мерзлотно-геотермический атлас Сибири и Дальнего Востока // Динамика физических полей Земли. – М.: Светот Плюс, 2011. – С. 207-221
- Конторович А.Э. Теоретические основы объемно-генетического метода оценки потенциальных ресурсов нефти и газа // Материалы по геохимии нефтегазоносных бассейнов Сибири. Новосибирск, СНИИГТМС, 1970, с. 4-52. (Тр. СНИИГТМС, вып. 95).
- Конторович А.Э., Трофимук А.А. Литогенез и нефтегазообразование. Горючие ископаемые. Проблемы геологии и геохимии нафтидов и битуминозных пород – Наука – М. – С. 19-36 – 1976.
- Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Лившиц В.Р. Теория нафтидогенеза: количественная модель эволюции аквального органического вещества в катанезе // Геология и геофизика – том 62 – № 8 – С. 1026-1047 – 2021

- Конторович А.Э. Разнообразные очаги нафтидообразования и нафтидоаккумуляции на Северо-Азиатском кратоне // А.Э. Конторович, С.Ф. Бахтуров, А.К. Башарин, С.Ю. Беляев, Л.М. Бурштейн, А.А. Конторович, В.А. Крилин, А.И. Ларичев, Ли Толу, В.Н. Меленевский, И.Д. Тимошина, Г.С. Фрадкин, А.В. Хоменко // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40. – № 11. – С. 1676-1693
- Масленников М. А. и др. Перспективы нефтегазоносности кембрийских барьерных рифовых систем Сибирской платформы в свете новых геолого-геофизических данных // Масленников М.А., Сухов С. С. Соболев П. Н., Наумова Е. Г., Прошко А.Н., Ракигина И.В., Константинова О.Л. // Геология нефти и газа. – 2021. – № 4. – С. 29-50. – DOI 10.31087/0016-7894-2021-4-29-50.
- Мельников Н.В. Вент-Нижнекембрийский соленодный бассейн Сибирской платформы. (Стратиграфия, история развития). Изд. 2-е, доп. – Новосибирск: СНИИГТМС, 2018. – 177 с.
- Моисеев, С. А. Уточнение предельных нефтегазоносности ниже-среднекембрийских отложений Северо-Тунгусской перспективной нефтегазоносной области с учетом современных результатов региональных геологоразведочных работ / С. А. Моисеев, А. М. Фомин, И. А. Губин // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2021. – Т. 16, № 3. – DOI 10.17353/2070-5379/24_2021. – EDN WRJEPM
- Соболев П.Н., Сухоручко В.И., Анциферова О.А. (указать инициалы) / Аналоги доманических отложений куонамской свиты на западе Сибирской Платформы // Успехи органической геохимии. Материалы Всероссийской научной конференции (11-15 окт. 2010 г.), ИНГТ СО РАН, 2010, с. 315-319.
- Сухов С.С., Шабанов Ю.Я., Пегель Т.В., Сараев С.В., Филиппов Ю.Ф., Коровников И.В., Сундуков В.М., Федоров А.Б., Варламов А.И., Ефимов А.С., Конторович В.А., Конторович А.Э. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Кембрий Сибирской платформы. В 2 т. Т. 1: Стратиграфия. – Новосибирск, ИНГТ СО РАН, 2016. – 497с.
- Сухов, С. С. Палеогеография как инструмент реконструкции кембрийского рифообразования на Востоке Северо-Тунгусской нефтегазоносной области: от истории исследований к перспективам / С. С. Сухов, А. М. Фомин, С. А. Моисеев // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2018. – Т. 13. – № 3. – С. 8. – DOI 10.17353/2070-5379/28_2018.
- Филиппов Ю.А., Мельников Н.В., Ефимов А.С., Валдык В.И., Горюнов Н.А., Евграфов А.А., Смирнов Е.В., Шербаков В.А., Култышев В.Ю. Нижне-среднекембрийский рифогенный барьер на севере Сибирской платформы объект первоочередных нефтегазопоисковых работ // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – № 2 (18). – с. 25-35
- Ярославцева Е. С., Бурштейн Л. М., Конторович А. Э. Парфенова Т. М. Закономерности распределения содержания органического вещества в породах куонамской свиты и ее стратиграфических аналогов (кембрий Сибирской платформы) // Успехи органической геохимии : Материалы 2-й Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых, посвященной 120-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР Н.Б. Вассоевича и 95-летию со дня рождения заслуженного геолога РСФСР, профессора С.Г. Неручева, Новосибирск, 05-06 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. – С. 310-313. – DOI 10.25205/978-5-4437-1312-0-310-313. – EDN SKNLPA.

- Ярославцева Е.С., Бурштейн Л.М. Моделирование истории генерации углеводородов в куонамской свите Курейской синеклизы // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2022, т.17, № 4, с. 1-16. doi: 10.17353/2070-5379/38_2022
- Ярославцева Е.С., Носков И.И. Динамика генерации углеводородов куонамским комплексом Курейской синеклизы по материалам скважины Чириндинская 271 // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2021, Т. 2, №1, с. 307-315. doi: 10.33764/2618-981X-2021-2-1-307-315
- Hantschel T., Kauerauf A.I. Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling. Berlin: Springer, 2009. 476 p.
- Tissot B. P. Petroleum Formation and Occurrence / B. P. Tissot, D. H. Welte. – Berlin-Heidelberg-New York : Springer-Verlag, 1984. – 538 p.