

## **ДИНАМИКА ГЕНЕРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ КУОНАМСКИМ КОМПЛЕКСОМ КУРЕЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ ПО МАТЕРИАЛАМ СКВАЖИНЫ ЧИРИНДИНСКАЯ 271**

*Екатерина Сергеевна Ярославцева*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3, младший научный сотрудник, e-mail: yaroslavtsevae@ipgg.sbras.ru

*Илья Игоревич Носков*

Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, студент, e-mail: noskovii@ipgg.sbras.ru

На основании разреза скважины Чириндинская-271 проведена реконструкция истории погружения осадочного чехла Курейской синеклизы, восстановлена история катагенеза куонамской нефтегазопроизводящей толщи на момент до начала траппового магматизма, установлено время вхождения куонамского комплекса в главную зону нефтеобразования, рассчитаны масштабы генерации углеводородов на момент до начала траппового магматизма.

**Ключевые слова:** Курейская синеклиза, Восточная Сибирь, куонамская нефтегазопроизводящая толща, динамика генерации углеводородов, 1-D бассейновое моделирование

## **HYDROCARBON GENERATION DYNAMICS OF KUREIKA SYNCLINE KUONAMKA SOURCE ROCK BASED ON THE DATA OF CHIRINDINSKAYA-271 WELL**

*Ekaterina S. Yaroslavtseva*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptuyuga Ave., Junior Researcher, e-mail: yaroslavtsevae@ipgg.sbras.ru

*Ilya I. Noskov*

Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2, Pirogova st., student, e-mail: noskovii@ipgg.sbras.ru

Based on the materials of Chirindinskaya-271 well Kureika syncline sedimentary boundary subsidence history has been performed, the history of source rock catagenesis before trap magmatism has been recreated, the time of kuonamka source rock getting into oil window has been set, hydrocarbon generation extent has been calculated till the moment before trap magmatism.

**Keywords:** Kureika syncline, East Siberia, Kuonamka source rock, hydrocarbon generation dynamics, 1-D basin modeling

Проблеме строения и нефтегазоносности западной части Сибирской платформы посвящено большое количество работ [1-11]. Одним из способов изучения нефтегазоносности бассейнов является исследование масштабов генерации углеводородов нефтегазопроизводящими толщами (НГПТ). Впервые эти вопросы по отношению к изучаемой территории анализировались в работах [9, 12, 13].

Осадочный чехол рассматриваемой территории сложен отложениями позднего протерозоя, палеозоя, триаса и четвертичной системы. Основные перспек-

тивы связаны с кембрийским нефтегазовым комплексом [14]. Важнейшим геологическим событием, определяющим нефтегазоносность рассматриваемого региона, стал пермо-триасовый магматизм. Методический подход к оценке перспектив нефтегазоносности бассейнов с проявлением траппового магматизма отражен в работах [15-16]. Его сущность заключается в том, что на начальном этапе исследований проводится восстановление динамики генерации углеводородов (УВ) на момент начала траппового магматизма, а затем оценивается влияние траппов. В настоящей работе отражены результаты выполнения первого этапа исследования – проведения численного 1D моделирования динамики генерации углеводородов в куонамской толще Курейской синеклизы в разрезе скважины Чириндинская-271 на дотрапповый период.

Скважина Чириндинская-271 расположена на северо-востоке Курейской синеклизы, пробурена до глубины 4538 м, вскрывает разрез от нижнего кембрия до верхнего силура [17]. На глубине 4364 м обнаружены пачки битуминозных аргиллитов куонамской свиты. В центральной части свиты содержится трапповая интрузия долеритов мощностью около 35 м [17]. Не вскрыты бурением на Чириндинской площади, но предполагаются по сейсмическим данным отложения венда и рифея [18-19].

### ***Методы и материалы исследования***

Теоретические основы методики и принципиальная схема проведения численного моделирования динамики генерации УВ отражены в работах [8, 20-22.]. Моделирование проводилось в программно-методическом комплексе Genex. Методика работы в нем предполагает построение структурно-литологической модели, которая позволяет с применением метода разуплотнения восстановить историю формирования осадочного чехла рассматриваемого бассейна. С использованием структурно-литологической модели проводится реконструкция истории прогрева отложений, на основе кинетических схем преобразования керогена проводится моделирование динамики генерации углеводородов в осадочном чехле.

При формировании *структурно-литологической модели* разрез подразделяется на изохронные латерально-неоднородные тела, свойства которых задаются в виде комбинации стандартных литотипов. Физические свойства литотипов задаются по результатам лабораторных анализов или могут быть взяты из стандартных библиотек [20]. В настоящей работе использованы стратиграфические разбивки по скважине Чириндинская-271. Представления о невоскрытых данной скважиной глубокопогруженных отложениях рифея и венда составлены по литературным данным [18-23].

Формирование *температурной модели* осадочного чехла требует учета истории температур дневной поверхности, фактических измерений по палеотермометрам, распределения современных температур и тепловых потоков в осадочном чехле. При этом учитывается вклад радиогенного тепла [24]. По причине древнего возраста осадочного чехла Курейской синеклизы данные по отражательной способности витринита отсутствуют. Сведения по естественным палео-

термометрам также не могут быть использованы, во-первых, по причине слабой изученности рассматриваемой территории, во-вторых, в связи с широким распространением в осадочном чехле траппов.

Восстановление температурного поля проведено с применением одномерного моделирования. В качестве калибровочного параметра использовано значение плотности глубинного теплового потока через нижнюю границу литосферы. Представления о распределении значений этого параметра в истории рассматриваемого бассейна опираются на современные реконструкции на основе плюмовой и рифтовой тектоники [25-30]. Так, на основе литературных данных в модели отражено предположительное возрастание значения глубинного теплового потока в девонское, а затем в пермо-триасовое время [27-28]. Как отмечено ранее, локальный прогрев пород в ходе внедрения в тело куонамской свиты трапповой интрузии в триасовое время при моделировании не учитывался.

*Геохимическая модель.* При моделировании задаются следующие параметры НГПТ: исходное содержание углерода в породе ( $C_{орг}$ ), исходное значение нефтегазогенерационного потенциала (НП), мощность генерирующей толщи. В связи с недостатком данных по геохимии нефтегазопроизводящей толщи непосредственно в пределах Курейской синеклизы, оценка этих параметров дана на основе литературных данных по геохимии куонамского комплекса прилегающих территорий [12, 31-33]. В соответствии с результатами специализированного пиролиза ИНГГ кинетические параметры керогена куонамской НГПТ соответствуют параметрам керогена Menil II [34]. Оценка мощности обогащенной ОВ части НГПТ в скважине Чириндинская-271, определена на основе данных гаммакаротажа (30м), исходное значение  $C_{орг}$  – 6%, исходное значение нефтегазогенерационного потенциала – 600 мг УВ/г  $C_{орг}$ .

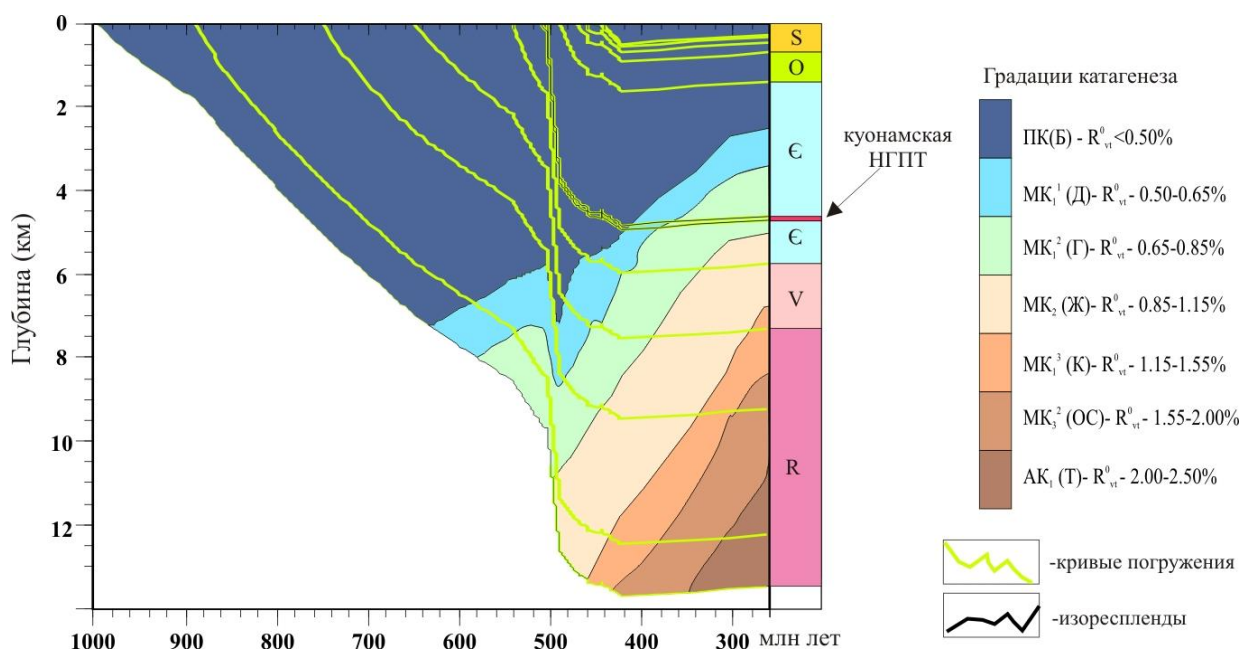


Рис. 1. История погружения и катагенеза пород в разрезе скв. Чириндинская-271 на дотрапповый период

По результатам моделирования истории погружения и катагенеза пород в разрезе скважины Чириндинская-271 отложения куонамской НГПТ достигли уровня зрелости  $МК_1^2$ - $МК_2$  порядка 390 млн лет назад, вошли в главную зону нефтеобразования и продолжали находиться в ней в дотрапповый период (рис.1.). На основе полученных моделей погружения была восстановлена история созревания ОБ и динамика реализации углеводородного потенциала бассейна [8, 22, 20, 35-37].

По результатам моделирования генерация УВ куонамским комплексом в разрезе скважины Чириндинская-271 началась в конце кембрия (рис. 2).

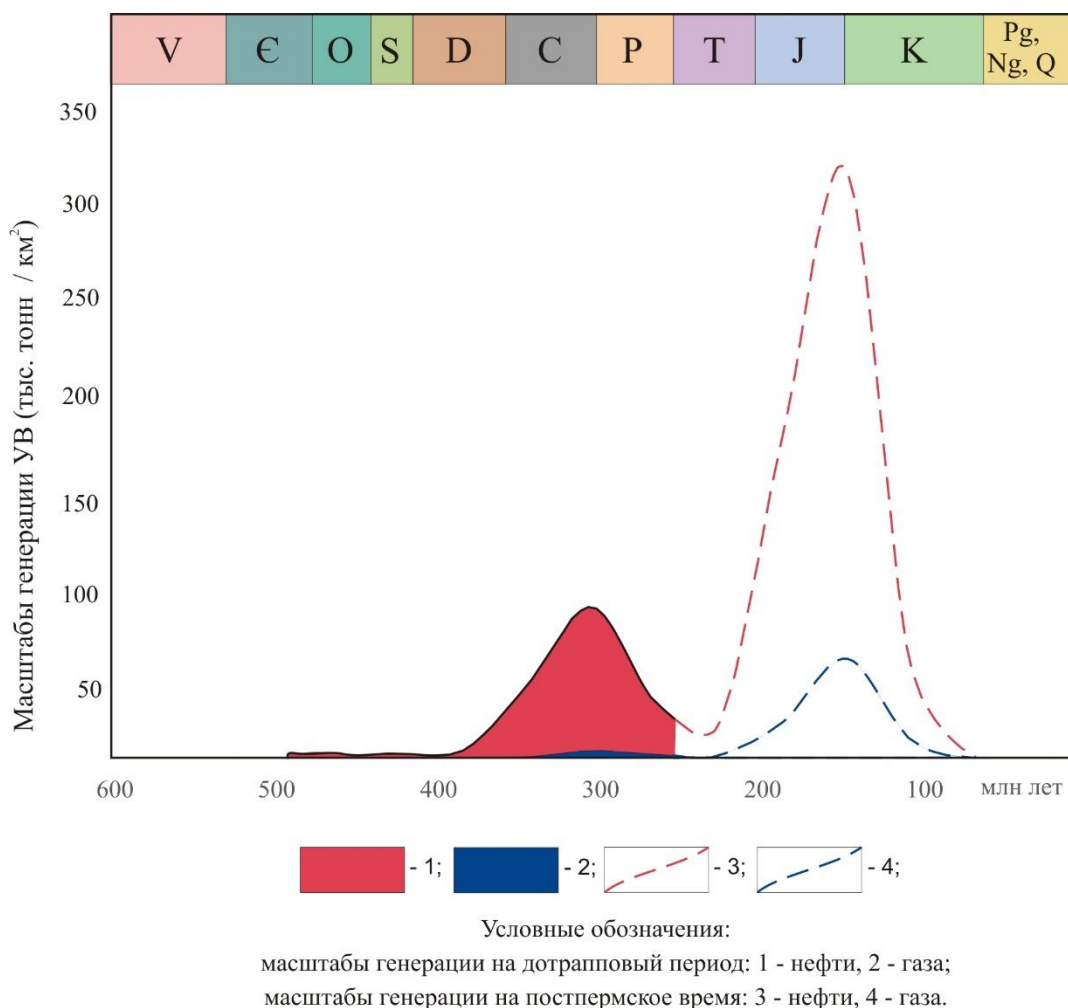


Рис. 2. Динамика генерации углеводородов куонамским комплексом в разрезе скв. Чириндинская-271

В девоне процессы генерации углеводородов интенсифицировались, а к перми интенсивность генерации начала снижаться. Повышение значения глубинного теплового потока в триасовое время и неисчерпанный генерационный потенциал органического вещества пород куонамского комплекса предположительно могли привести к новой интенсификации процессов генерации углеводородов (рис. 2). Кроме того, при моделировании не учитывался вторичный кре-

кинг, таким образом, масштабы генерации газа на постпермском этапе могли быть значительно больше. Следует также отметить, что внедрение трапповой интрузии в тело куонамской свиты в разрезе изучаемой скважины могло и несомненно отразилось на масштабах и динамике генерации в постпермское время, однако степень и характер влияния требует дальнейшего детального изучения.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта Программы ФНИ №0266-2019-0006*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженова Т.К., Дробот Д.И., Кащенко С.А., Конторович А.Э., Макаров К.К., Прескова Р.Н. Нафтиды и перспективы нефтегазоносности кембрия Сибирской платформы // Геохимия нефтегазоносных толщ кембрия Сибирской платформы. Тр. СНИИГГиМСа, вып. 139. - 1972. – С. 4-18.
2. Баженова Т.К., Дробот Д.И., Евтушенко В.М., Кащенко С.А., Конторович А.Э., Макаров К.К., Неручев С.Г. Катагенные изменения расеянного органического вещества и нефтеобразование в кембрийских осадочных толщах // Геохимия нефтегазоносных толщ кембрия Сибирской платформы. Тр. СНИИГГиМСа, вып. 139. – 1972. – С. 4-18.
3. Органическая геохимия палеозоя и допалеозоя Сибирской платформы и прогноз нефтегазоносности / Под ред. К. К. Макарова, Т. К. Баженовой. – Л.: Недра, 1981. – 211 с.
4. Баженова Т.К. Генетические аспекты раздельного прогноза нефтегазоносности бассейнов древних платформ // Теория и практика нефтегеологического прогноза. – СПб.: ВНИГРИ, 2008. – С.123-150.
5. Савицкий В.Е., Евтушенко В.М., Егорова Л.И., Конторович А.Э., Шабанов Ю.Я. Кембрий Сибирской платформы (Юдомо-Оленекский тип разреза. Куонамский комплекс отложений). Тр. СНИИГГиМСа, вып. 130. – М.: Недра, 1972. – 200 с.
6. Сулимов И.Н., Баженова Т.К., Мельников Н.В. Старосельцев В.С. Перспективы нефтегазоносности западной части Сибирской платформы // Материалы по геологии и нефтегазоносности Восточной Сибири. Тр. СНИИГГиМСа, вып. 63. – 1967. – С. 3-18.
7. Килина Л.И., Конторович А.Э., Малюшко Л.Д., Савицкий В.Е., Шишкин Б.Б. Основные черты геохимии и литологии Алданского яруса северо-западной части Сибирской платформы // Материалы по литологии и геохимии нефтегазоносных бассейнов Сибири. Труды СНИИГГиМС, вып. 78. – Новосибирск, 1968. – С. 116-131.
8. Конторович А.Э. Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности. Труды СНИИГГиМСа. Вып. 229. – М.: Недра, 1976. – 250 с.
9. Конторович А.Э., Бахтуров С.Ф., Башарин А.К., Беляев С.Ю., Бурштейн Л.М., Конторович А.А., Кринин В.А., Ларичев А.И., Ли Году, Меленевский В.Н., Тимошина И.Д., Фрадкин Г.С., Хоменко А.В. Разновозрастные очаги нафтидообразования и нафтидонакопления на Северо-Азиатском кратоне // Геология и геофизика. – 1999. – Т.40. – №11. – С. 1676 – 1693.
10. Старосельцев В.С., Дивина Т.А. Нефтегазоносность ордовикско-девонских отложений севера Курейской синеклизы // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52. – № 8. – С. 1165—1171
11. Старосельцев В.С. Критерии прогноза нефтегазоперспективных комплексов платформ// Теория и практика нефтегеологического прогноза. – СПб.: ВНИГРИ, 2008. – С.110-122
12. Баженова Т.К., Дахнова М.В., Жеглова Т.П. Нефтематеринские формации, нефти и газы докембрия и нижнего среднего кембрия Сибирской платформы. – М.: ВНИГНИ, 2014. – 128 с.

13. Баженова Т.К. Нижнесреднекембрийский очаг нефтегазообразования на севере Тунгусской синеклизы (Красноярский край) [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2019. – Т.14. – №4. – [http://www.ngtp.ru/upload/iblock/6a9/42\\_2019.pdf](http://www.ngtp.ru/upload/iblock/6a9/42_2019.pdf)
14. Геология нефти и газа Сибирской платформы / под ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова, А.А. Трофимука – М.: Недра, 1981. – 552 с.
15. Конторович А.Э., Мельников Н.В., Старосельцев В.С., Хоменко А.В. Влияние интрузивных траппов на нефтегазоносность палеозойских отложений Сибирской платформы // Геология и геофизика. – 1987. - № 5. – С. 14-20.
16. Конторович А.Э., Хоменко А.В. Теоретические основы прогноза нефтегазоносности осадочных бассейнов с интенсивным проявлением траппового магматизма // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42. – № 11-12. – С. 1764-1773
17. Дивина Т.А., Егорова Л. И., Салихов А.А., Старосельцев В.С., Белобородова Г.В. Новые материалы по стратиграфии докембрия и кембрия северо-востока Тунгусской синеклизы // Геология и геофизика. – 1996. – Т. 37. – №7. – С. 23-33
18. Филиппов Ю.А., Мельников Н.В., Ефимов А.С., Вальчак В.И., Горюнов Н.А., Евграфов А.А., Смирнов Е.В., Щербаков В.А., Култышев В.Ю. Нижне-среднекембрийский рифогенный барьер на севере Сибирской платформы – объект первоочередных нефтегазописковых работ // Нефтегазовая геология. – 2014. – №2 (18). – С. 25-35.
19. 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 // ГЕО-Сибирь-2018. Т. 2. Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология: Сб. материалов XIV Международного научного конгресса, г. Новосибирск, 23-27 апреля 2018 г. – 2018. – Т. 2. – С. 47-55
20. Галушкин Ю. И. Моделирование осадочных бассейнов и оценка их нефтегазоносности – М.: Научный мир, 2007. – 455 с.
21. Hantschel T., Kauerauf. A. I. Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling – Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Science & Business Media, 2009. – 476 p.
22. Tissot B. P., Welte D. H. Petroleum Formation and Occurrence – Berlin-Heidelberg-New York: Springer-Verlag, 1984. – 538 p.
23. Мельников Н.В., Якшин М.С., Шишкин Б.Б., Ефимов А.О., Карлова Г.А., Килина Л.И., Константинова Л.Н., Кочнев Б.Б., Краевский Б.Г., Мельников П.Н., Наговицин К.Е., Постников А.А., Рябкова Л.В., Терлеев А.А., Хабаров Е.М. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. - Новосибирск: Академическое издательство "Гео", 2005. - 428 с.
24. Температура, криолитозона и радиогенная теплогенерация в земной коре Северной Азии. – Новосибирск: изд-во ОИГГМ, 1994. – 141 с.
25. Добрецов Н.Л. Глобальная геодинамическая эволюция Земли и глобальные геологические модели // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. – № 6. – С. 761-784.
26. Добрецов Н.Л. Геологические следствия термохимической модели плюмов // Геология и геофизика. – 2008. – Т. 49. – № 7. – С. 587-604.
27. Добрецов Н.Л. Основы тектоники и геодинамики. – Новосибирск: изд-во НГУ, 2011. – 492 с.
28. Добрецов Н.Л. Взаимодействие тектоники плит и тектоники плюмов: вероятные модели и типичные примеры // Геология и геофизика. – 2020. – Т. 61. – № S5–6. – С. 617–647.
29. Полянский О.П., Прокопьев А.В., Королева О.В., Томшин М.Д., Ревердатто В.В., Бабичев А.В., Свердлова В.Г., Васильев Д.А. Природа теплового источника базитового магматизма при формировании Вилуйского рифта на основе данных о возрасте дайковых поясов и численного моделирования // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 10. – С. 1519–1541.
30. Прокопьев А.В., Полянский О.П., Королева О.В., Васильев Д.А., Томшин М.Д., Ревердатто В.В., Новикова С.А. Среднепалеозойский и среднетриасовый импульсы траппового

магматизма на востоке Сибирской платформы: результаты первых  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ -датировок долеритовых силлов // Доклады РАН. Науки о Земле. – 2020. – Т. 490. – № 1. – С. 7–11.

31. Парфенова Т.М., Бахтуров С.Ф., Шабанов Ю.Я. Органическая геохимия нефтепроизводящих пород куонамской свиты кембрия (восток Сибирской платформы) // Геология и геофизика. – 2004. – Т. 45. – № 7. – С. 911–923.

32. Парфенова Т.М., Конторович А.Э., Борисова Л.С., Меленевский В.Н. Кероген куонамской свиты // Геология и геофизика. – 2010. – Т.51. – №3. – С. 353 – 363.

33. Бахтуров С.Ф., Евтушенко В.М., Переладов В.С. Куонамская битуминозная карбонатно-сланцевая формация. – Новосибирск: Наука, 1988. – 160 с.

34. Behar F., Vandenbroucke M, Tang Y., Marquis F, Espitalie J. Thermal cracking of kerogen in open and closed systems: determination of kinetic parameters and stoichiometric coefficients for oil and gas generation // Organic Geochemistry. – 1997. – Vol. 26. – № 5–6, P. 321–339

35. Bordenave M.L. [et al.] Applied Petroleum Geochemistry / – Paris, 1993. – 524 p.

36. Burnham A.K. A Simple Kinetic Model of Oil Generation, Vaporization, Coking, and Cracking // Energy Fuels. – 2015. – Vol. 29 (11). – P. 7156–7167.

37. Burnham A.K., Sweeney J.J. A chemical kinetic model of vitrinite maturation and reflectance // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1989. – V. 3. – № 10. – P. 2649–2657.

## REFERENCES

1. Bazhenova T.K., Drobot D.I., Kashchenko S.A., Kontorovich A.E., Makarov K.K., Preskova R.N. Naftidy i perspektivy neftegazonosnosti kembriya Sibirskoj platformy // Geohimiya neftegazonosnyh tolshch kembriya Sibirskoj platformy. Tr. SNIIGGiMSa, vyp. 139. - 1972. – S. 4–18.

2. Bazhenova T.K., Drobot D.I., Evtushenko V.M., Kashchenko S.A., Kontorovich A.E., Makarov K.K., Neruchev S.G. Katagennye izmeneniya raseyannogo organicheskogo veshchstva i nefteobrazovanie v kembrijских osadochnyh tolshchah // Geohimiya neftegazonosnyh tolshch kembriya Sibirskoj platformy. Tr. SNIIGGiMSa, vyp. 139. – 1972. – S. 4–18.

3. Organicheskaya geohimiya paleozoya i dopaleozoya Sibirskoj platformy i prognoz neftegazonosnosti / Pod red. K. K. Makarova, T. K. Bazhenovoj. – L.: Nedra, 1981. – 211 s.

4. Bazhenova T.K. Geneticheskie aspekty razdel'nogo prognoza neftegazonosnosti bassejnov drevnih platform // Teoriya i praktika neftegeologicheskogo prognoza. – SPb.: VNIGRI, 2008. – S.123–150.

5. Savickij V.E., Evtushenko V.M., Egorova L.I., Kontorovich A.E., SHabanov YU.YA. Kembrij Sibirskoj platformy (YUdomo-Olenekskij tip razreza. Kuonamskij kompleks otlozhenij). Tr. SNIIGGiMSa, vyp. 130. – M.: Nedra, 1972. – 200 s.

6. Sulimov I.N., Bazhenova T.K., Mel'nikov N.V. Starosel'cev V.S. Perspektivy neftegazonosnosti zapadnoj chasti Sibirskoj platformy // Materialy po geologii i neftegazonosnosti Vostochnoj Sibiri. Tr. SNIIGGiMSa, vyp. 63. – 1967. – S. 3–18.

7. Kilina L.I., Kontorovich A.E., Malyushko L.D., Savickij V.E., SHishkin B.B. Osnovnye cherty geohimii i litologii Aldanskogo yarusa severo-zapadnoj chasti Sibirskoj platformy // Materialy po litologii i geohimii neftegazonosnyh bassejnov Sibiri. Trudy SNIIGGiMS, vyp. 78. – Novosibirsk, 1968. – S. 116–131.

8. Kontorovich A.E. Geohimicheskie metody kolichestvennogo prognoza neftegazonosnosti. Trudy SNIIGGiMSa. Vyp. 229. – M.: Nedra, 1976. – 250 s.

9. Kontorovich A.E., Bahturov S.F., Basharin A.K., Belyaev S.YU., Burshtejn L.M., Kontorovich A.A., Krinin V.A., Larichev A.I., Li Godu, Melenevskij V.N., Timoshina I.D., Fradkin G.S., Homenko A.V. Raznovozrastnye ochagi naftidoobrazovaniya i naftidonakopleniya na Severo-Aziatskom kratone // Geologiya i geofizika. – 1999. – Т.40. – №11. – S. 1676 – 1693.

10. Starosel'cev V.S., Divina T.A. Neftegazonosnost' ordoviksko-devonskih otlozhenij severa Kurejskoj sineklizy // Geologiya i geofizika. – 2011. – Т. 52. – № 8. – S. 1165—1171

11. Starosel'cev V.S. Kriterii prognoza neftegazoperspektivnyh kompleksov platform// Teoriya i praktika neftegeologicheskogo prognoza. – SPb.: VNIGRI, 2008. – S.110-122
12. Bazhenova T.K., Dahnova M.V., ZHeglova T.P. Neftematerinskie formacii, nefiti i gazy dokembriya i nizhnego srednego kembriya Sibirskoj platformy. – M.: VNIGNI, 2014. – 128 s.
13. Bazhenova T.K. Nizhnesrednekembrijskij ochag neftegazoobrazovaniya na severe Tungusskoj sineklizy (Krasnoyarskij kraj) [Elektronnyj resurs] // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. – 2019. – T.14. – №4. – [http://www.ngtp.ru/upload/iblock/6a9/42\\_2019.pdf](http://www.ngtp.ru/upload/iblock/6a9/42_2019.pdf)
14. Geologiya nefiti i gaza Sibirskoj platformy / pod red. A.E. Kontorovicha, V.S. Surkova, A.A. Trofimuka – M.: Nedra, 1981. – 552 s.
15. Kontorovich A.E., Mel'nikov N.V., Starosel'cev V.S., Homenko A.V. Vliyanie intruzivnyh trappov na neftegazonosnost' paleozojskih otlozhenij Sibirskoj platformy // Geologiya i geofizika. – 1987. - № 5. – S. 14-20.
16. Kontorovich A.E., Homenko A.V. Teoreticheskie osnovy prognoza neftegazonosnosti osadochnykh bassejnov s intensivnym proyavleniem trappovogo magmatizma // Geologiya i geofizika. – 2001. – T. 42. – № 11-12. – S. 1764-1773
17. Divina T.A., Egorova L. I., Salihov A.A., Starosel'cev V.S., Beloborodova G.V. Novye materialy po stratigrafii dokembriya i kembriya severo-vostoka Tungusskoj sineklizy // Geologiya i geofizika. – 1996. – T. 37. – №7. – S. 23-33
18. Fillipcov YU.A., Mel'nikov N.V., Efimov A.S., Val'chak V.I., Goryunov N.A., Evgrafov A.A., Smirnov E.V., SHCHerbakov V.A., Kultyshev V.YU. Nizhne-srednekembrijskij rifogennyj bar'er na severe Sibirskoj platformy – ob"ekt pervoocherednyh neftegazoposkovykh rabot // Neftegazovaya geologiya. – 2014. – №2 (18). – S. 25-35.
19. Gubin I.A., Kontorovich A.E., Moiseev S.A., Fomin A.M., YAroslavceva E.S. Vydelenie ochagov generacii uglevodorodov v kuonamskoj svite v Severo-Tungusskoj NGO s ispol'zovaniem sejsmicheskikh dannyh // GEO-Sibir'-2018. T. 2. Nedropol'zovanie. Gornoe delo. Napravleniya i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh. Ekonomika. Geoeologiya: Sb. materialov XIV Mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa, g. Novosibirsk, 23-27 aprelya 2018 g. – 2018. – T. 2. – S. 47-55
20. Galushkin, YU. I. Modelirovanie osadochnykh bassejnov i ocenka ih neftegazonosnosti – M.: Nauchnyj mir, 2007. – 455 s.
21. Hantschel T., Kauerauf. A. I. Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling – Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Science & Business Media, 2009. – 476 p.
22. Tissot B. P., Welte D. H. Petroleum Formation and Occurrence – Berlin-Heidelberg-New York: Springer-Verlag, 1984. – 538 p.
23. Mel'nikov N.V., YAkshin M.S., SHishkin B.B., Efimov A.O., Karlova G.A., Kilina L.I., Konstantinova L.N., Kochnev B.B., Kraevskij B.G., Mel'nikov P.N., Nagovicin K.E., Postnikov A.A., Ryabkova L.V., Terleev A.A., Habarov E.M.Stratigrafiya neftegazonosnyh bassejnov Sibiri. Rifej i vend Sibirskoj platformy i ee skladchatogo obramleniya. - Novosibirsk: Akademicheskoe izdatel'stvo "Geo", 2005. - 428 s.
24. Temperatura, kriolitozona i radiogennaya teplogeneraciya v zemnoj kore Severnoj Azii. – Novosibirsk: izd-vo OIGGM, 1994. – 141 s.
25. Dobrecov N.L. Global'naya geodinamicheskaya evolyuciya Zemli i global'nye geologicheskie modeli // Geologiya i geofizika. – 2010. – T. 51. – № 6. – S. 761-784.
26. Dobrecov N.L. Geologicheskie sledstviya termohimicheskoy modeli plyumov // Geologiya i geofizika. – 2008. – T. 49. – № 7. – S. 587-604.
27. Dobrecov N.L. Osnovy tektoniki i geodinamiki. – Novosibirsk: izd-vo NGU, 2011. – 492 s.
28. Dobrecov N.L. Vzaimodejstvie tektoniki plit i tektoniki plyumov: veroyatnye modeli i tipichnye primery // Geologiya i geofizika. – 2020. – T. 61. – № S5–6. – S. 617–647.
29. Polyanskij O.P., Prokop'ev A.V., Koroleva O.V., Tomshin M.D., Reverdatto V.V., Babichev A.V., Sverdlova V.G., Vasil'ev D.A. Priroda teplovogo istochnika bazitovogo magmatizma



pri formirovani Vilyuj'skogo rifta na osnove dannyh o vozraste dajkovykh pojasov i chislennogo modelirovaniya // *Geologiya i geofizika*. – 2018. – T. 59. – № 10. – S. 1519–1541.

30. Prokop'ev A.V., Polyanskij O.P., Koroleva O.V., Vasil'ev D.A., Tomshin M.D., Reverdatto V.V., Novikova S.A. Srednepaleozojskij i srednetriasovyj impul'sy trappovogo magmatizma na vostoke Sibirskoj platformy: rezul'taty pervykh 40Ar/39Ar-datirovok doleritovykh sillov // *Doklady RAN. Nauki o Zemle*. – 2020. – T. 490. – № 1. – S. 7–11.

31. Parfenova T.M., Bahturov S.F., SHabanov YU.YA. Organicheskaya geohimiya nefteprodukovyashchih porod kuonamskoj svity kembriya (vostok Sibirskoj platformy) // *Geologiya i geofizika*. – 2004. – T. 45. – № 7. – S. 911–923.

32. Parfenova T.M., Kontorovich A.E., Borisova L.S., Melenevskij V.N. Kerogen kuonamskoj svity // *Geologiya i geofizika*. – 2010. – T.51. – №3. – S. 353 – 363.

33. Bahturov S.F., Evtushenko V.M., Pereladov V.S. Kuonamskaya bituminoznaya karbonatno-slancevaya formaciya. – Novosibirsk: Nauka, 1988. – 160 s.

34. Behar F., Vandembroucke M, Tang Y., Marquis F, Espitalie J. Thermal cracking of kerogen in open and closed systems: determination of kinetic parameters and stoichiometric coefficients for oil and gas generation // *Organic Geochemistry*. – 1997. – Vol. 26. – № 5–6, P. 321–339

35. Bordenave M.L. [et al.] *Applied Petroleum Geochemistry* / – Paris, 1993. – 524 p.

36. Burnham A.K. A Simple Kinetic Model of Oil Generation, Vaporization, Coking, and Cracking // *Energy Fuels*. – 2015. – Vol. 29 (11). – P. 7156–7167.

37. Burnham A.K., Sweeney J.J. A chemical kinetic model of vitrinite maturation and reflectance // *Geochim. Cosmochim. Acta*. – 1989. – V. 3. – № 10. – P. 2649–2657.

© *Е. С. Ярославцева, И. И. Носков, 2021*