

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫХ ЛОВУШЕК В КАМСКО-КИНЕЛЬСКОЙ СИСТЕМЕ ПРОГИБОВ

Вязовкина Екатерина Олеговна, аспирант Самарский государственный технический университет, 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, kate_vyazovkina@mail.ru

Гусев Владимир Васильевич, к.г.-м.н., профессор кафедры «Общая физика, геология и физика нефтегазового производства» Самарский государственный технический университет, 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, vlgusev53@mail.ru

Данная работа посвящена выявлению и анализу геологического строения ловушек неантиклинального типа в пределах Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП) на примере пласта СII радаевского горизонта. Отложения радаевского горизонта выделяются лишь в пределах Усть-Черемшанского и Муханово-Ероховского прогибов ККСП, регионально выклиниваясь в направлении их бортовых зон. Это может быть одним из благоприятных факторов на поиски неантиклинальных ловушек углеводородов в зонах выклинивания пласта СII. По состоянию на сегодняшний день, граница выклинивания пласта СII на территории Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП) Самарской области неоднозначна, и требует уточнения. В результате исследований выделена новая граница распространения и выклинивания пласта СII радаевского горизонта посредством сопоставления корреляционных схем, построена обновленная модель пласта СII, карта эффективных и нефтенасыщенных толщин, проведен анализ распределения коллекторских свойств. Выполнен подсчет запасов с учетом выбранных аналогичных подсчетных параметров и коэффициентов для Восточного купола Южного месторождения.

Ключевые слова: геологоразведочные работы, сейсморазведка, неантиклинальные ловушки, условия осадконакопления, схема корреляции, подсчет запасов, ГИС, подсчетные параметры

GEOLOGICAL CONDITIONS OF NON-ANTICLINAL TRAPS FORMATION AND DEVELOPMENT WITHIN THE KAMSKO-KINELSKAYA DOWNFOLD SYSTEM

Vyazovkina Ekaterina O., post-graduate Student, Samara State Technical University FSBEI of Higher Education, Molodogvardeiskaya st., 244, 443100, Samara, Russia, kate_vyazovkina@mail.ru

Gusev Vladimir V., candidate of geological and mineralogical sciences, professor of the «General Physics, Geology and Physics of Oil and Gas Production» chair of Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya st., 244, 443100, Samara, Russia, vlgusev53@mail.ru

This work is about the identification and analysis of the non-anticline traps geological structure within the Kamsko-Kinelskaya downfold system (KKDS) on the example of the CII layer of the Radaevian horizon. The Radaevian horizon deposits are allocated only within the Ust-Cheremshanskian and the Mukhanovo-Erokhovskian depressions of the KKDS, regionally wedged in the direction on-board zones. This fact may be one of the advantage factors in the search for non-anticlinal hydrocarbon traps in the CII layer wedge zones. At the moment, the CII reservoir blowout border in the Kamsko-Kinelskaya Downfolds System (KKDS) within Samara region is ambiguous, and requires clarification. As a result, new boundary of distribution and wedge of the Radaevian horizon CII layer was highlighted by comparing correlation schemes, an updated CII layer model was built, a map of efficient and oil-saturated thicknesses, analysis of the distribution of collection properties, geological heterogeneity and fishing characteristics of the reservoir was analyzed. The reserves were calculated based on the similar counting parameters and coefficients for the Vostochny dome fold of the Yuzhny field.

Keywords: geological exploration, seismic survey, non-anticlinal traps, depositional conditions, correlation scheme, reserves calculation, well logging, volumetric parameters

Волго-Уральская нефтегазоносная провинция является одним из основных регионов добычи углеводородов в России. Продолжающееся несколько десятилетий снижение суммарных добываемых объемов нефти и газа в пределах провинции предопределяет необходимость обеспечения прироста сырьевой базы углеводородов. Геологоразведочные работы начала XXI века оставляют повод для оптимизма, несмотря на то, что в Поволжье открываются, как правило, мелкие месторождения. В связи с открытием высокодебитных залежей в девонских и каменноугольных карбонатах появляются высказывания ученых о «втором рождении» Волго-Уральской провинции. Несмотря на высокую степень разведанности региона структурным, глубоким бурением и сейсморазведкой, многие аспекты геологического строения остаются не до конца выясненными. Одним из геологически сложных участков на юге провинции является зона сочленения крупных тектонических элементов первого порядка: Бузулукской впадины, Южно-Татарского, Жигулевско-Пугачевского сводов и Мелекесской впадины. Эта территория в административном отношении приурочена к Самарской области – региону с высокоразвитой инфраструктурой. Область относится к старейшим нефтегазодобывающим регионам страны. Стратиграфический диапазон, в котором выявлены промышленные залежи углеводородов, весьма широк: от девонских до пермских отложений. Регион характеризуется высокой плотностью поисково-разведочного и эксплуатационного бурения, накоплен обширный фактический материал. Вместе с тем, в связи со сложностью геологического строения остаются неясными многие аспекты строения, формирования и развития геологических объектов, понимание которых играет ключевую роль в дальнейшем проектировании геологоразведочных работ. Все это предопределяет необходимость создания геологических региональных и локальных моделей нефтегазоносных объектов, обеспечивающих оптимизацию геологоразведочного процесса и повышение его информативности с применением современных средств обработки и интерпретации геолого-геофизических данных и, в первую очередь, корреляции разрезов скважин.

До настоящего времени существовало представление о плоскопараллельном строении радаевско-козьвинских отложений. Нижнюю часть этого комплекса, сложенную в пределах некомпенсированных прогибов могло быть связано с образованием «врезов». Терригенные отложения нижнего карбона образуют один из основных региональных нефтегазоносных комплексов Волго-Уральской нефтегазоносной провинции – терригенный (визейский) нижнекаменноугольный нефтегазоносный комплекс, включающий отложения козьвинского, радаевского, бобриковского горизонтов (нижневизейский подъярус), перекрытые отложениями тульского и алексинского горизонтов (верхневизейский подъярус) (рис. 1). преимущественно глинистыми отложениями с подчиненным количеством алеволитов, песчаников, традиционно относили к козьвинскому горизонту. Формирование козьвинских отложений в пределах Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП) связывали с условиями относительно глубоководного шельфа. Радаевский горизонт развит только в эрозионных впадинах и залегает согласно на отложениях козьвинского горизонта [3].

В пределах ККСП терригенная толща нижнего карбона издавна считается весьма благоприятной на клиноформные ловушки. Наиболее перспективными в этом отношении считаются внутренние прибортовые зоны прогибов, где выклиниваются отложения козьвинского (пласты CVII, CVI, CV) и радаевского (CIV, CIII, CII) горизонтов. Перекрывающие отложения бобриковского горизонта (Пласт CI) имеют повсеместное распространение на территории Самарской области, за пределами ККСП пласт CI индексируется как B₂.

Повышенный интерес к Камско-Кинельской системе прогибов стали проявлять еще в начале 50-х годов прошлого столетия после открытия месторождений нефти в Самарской области с залежами в песчаных пластах верхней мощной терригенной толщи.

Первые исследования сводились к необходимости выяснения стратиграфического объема, расчленения и корреляции разрезов (В. М. Познер, В. А. Лобов, М. Ф. Мирчинк [6]).

Интерес к проблеме перспектив нефтеносности пород радаевского горизонта в пределах ККСП возник более 40 лет тому назад, в частности ей занимались В. И. Тропольский и Э. З. Бадамшин, С. С. Эллерн, И. А. Ларочкина, С. Ю. Ненароков, Т. В. Шикарова [4, 5, 7], по мнению которых формирование залежей в терригенных отложениях нижнего карбона

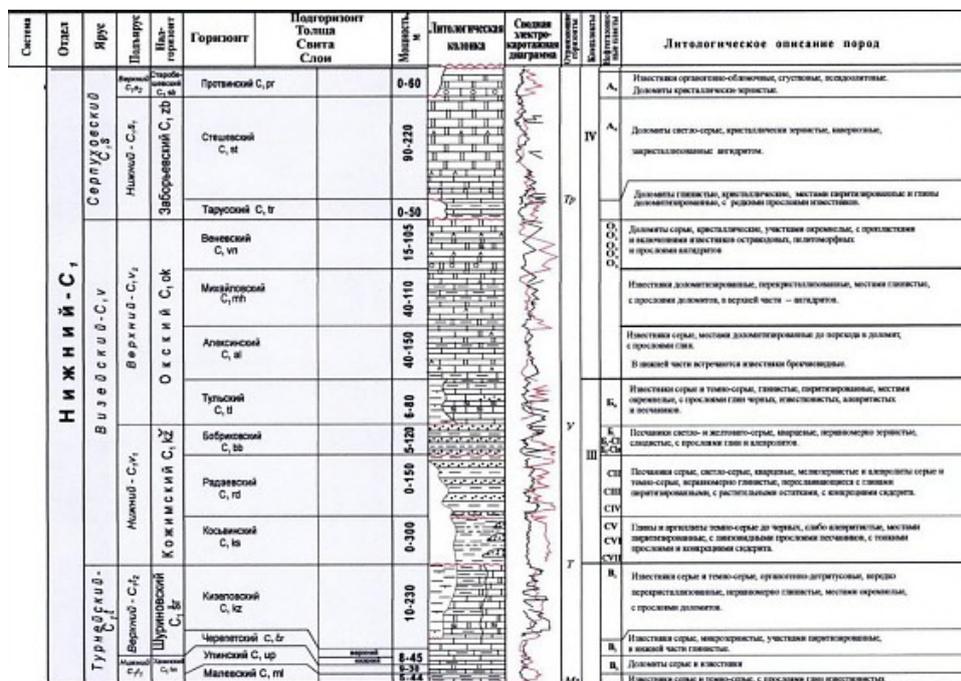


Рис. 1. Литолого-стратиграфический разрез

В пределах исследуемой территории геологический разрез представлен породами кристаллического фундамента, осадочными отложениями рифея, девонскими, каменноугольными, пермскими, мезозойскими и кайнозойскими породами. Осадочный чехол залегает на размытой поверхности кристаллического фундамента.

Особый интерес уделен истории изучения нижнекаменноугольных отложений в пределах Камско-Кинельской системы прогибов.

Благодаря комплексным геолого-геофизическим исследованиям и данным глубокого бурения выяснены основные черты геологического строения Самарской области на настоящий момент времени.

В пределах исследуемой территории геологический разрез представлен породами кристаллического фундамента, осадочными отложениями рифея, девонскими, каменноугольными, пермскими, мезозойскими и кайнозойскими породами. Осадочный чехол залегает на размытой поверхности кристаллического фундамента.

В административном отношении площадь исследований расположена на северо-востоке Самарской области, в пределах Исаклинского и Сергиевского районов.

В соответствии со схемой тектонического районирования Волго-Уральской нефтегазоносной провинции территория Самарской области относится к Волжско-Камской антеклизе Русской плиты Восточно-Европейской платформы. На территории Самарской области выделяются тектонические элементы I порядка: Мелекесская

впадина, Южно-Татарский свод, Сокская седловина, Жигулевско-Пугачевский свод, Бузулукская впадина.

В региональном тектоническом плане площадь исследований приурочена к Сокской седловине и склону Южно-Татарского свода (рис. 2).



Рис. 2. Тектоническая схема (А – Южно-Татарский свод, Б- Сокская седловина)

По отложениям нижнего карбона площадь расположена в осевой зоне, внутреннем и внешнем борту Усть-Черемшанского прогиба ККСР.

В формировании ККСР выделялось пять основных этапов: франкий, фаменский, турнейский, формирующие карбонатные бортовые уступы впадины и косвинско-радаевский и бобриковский, когда происходило заполнение осевой и бортовых зон прогиба терригенными осадками.

На представленном рисунке 3 отображена схема залегания терригенных пластов CVIII-СII в пределах ККСР. В терригенной толще, заполняющей впадину, выявлялось семь выклинивающихся к ее бортам пластов (CVIII-СII); причем пласты-коллекторы CVIII, CVII, CVI, CV отнесенные к верхней части косвинского горизонта, прослеживались лишь, в «осевой» (депрессивной зоне, границы распространения пластов CIV, СIII, СII последовательно расширялись в направлении обоих (юго-западного и северо-восточного) бортов. Пласты СI, СII отличаются региональной выдержанностью в пределах Камско-Кинельской системы прогибов.

В осевой зоне ККСР в пределах изучаемых месторождений выявлены залежи УВ в пластах радаевского (CIV, СIII, СII) и бобриковского (СIа, СI) горизонтов нижнего карбона. В пределах внутренней и внешней бортовых зон ККСР нефтенасыщенными являются пласты радаевского (СII) и бобриковского (СIа, СI) горизонтов нижнего карбона (рис. 3).

Пласт СII радаевского горизонта визейского яруса нижнего карбона представлен песчаниками кварцевыми, мелко- и среднезернистыми, с прослоями алевролитов и глин. Покрышкой для залежей служит пачка глинистых пород, разделяющая пласты СII и СIа мощностью 8–15 м.

Согласно имеющимся данным, пласт СII отличается хорошей региональной выдержанностью в пределах ККСП, выполняя крупное палеорусло (рис. 4).

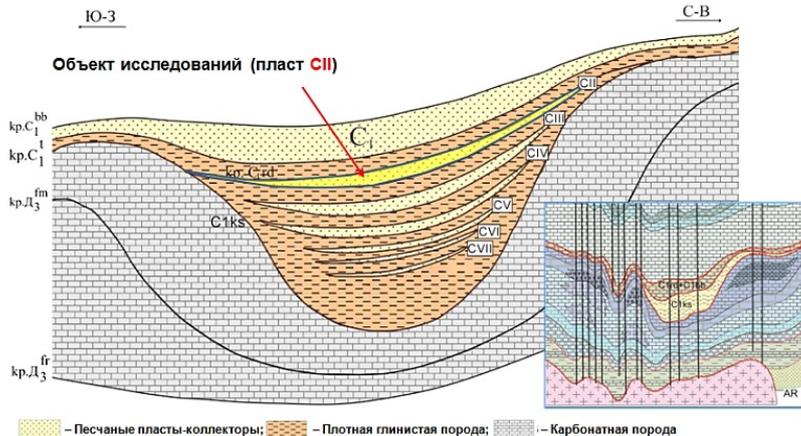


Рис. 3. Схема залегания пластов косьвинско-радаевского, радаевско-бобриковского возрастов.
1 – песчаники; 2 – глины; 3 – карбонатные толщи



Рис. 4. Региональное распространение пласта СII

Проанализирована Первоначальная схема корреляции, принятая технологическим проектом разработки в пределах Западного и Восточного куполов Южного участка (рис. 3). По данным представленной схемы получен следующий вывод: начиная со скважины 423 Восточного купола, пласт СII выклинивается, одновременно отмечается резкое увеличение мощности пласта СI бобриковского горизонта. Данная модель распределения пластов не сопоставима со сложившейся моделью о представлении распределения пластов в пределах ККСП (рис. 5).

В связи с вышеуказанной теорией о выклинивании косьвинско-радаевского комплекса пластов в пределах ККСП возник вопрос о правдоподобности представленной схемы. Проведён подробный анализ выделения пласта СII на основе данных ГИС в пределах Сергиевского купола. Маркирующими границами пласта, принятыми в ка-

честве эталона, являлись каротажные данные скважин близрасположенного Восточного купола Южного месторождения (рис. 6).

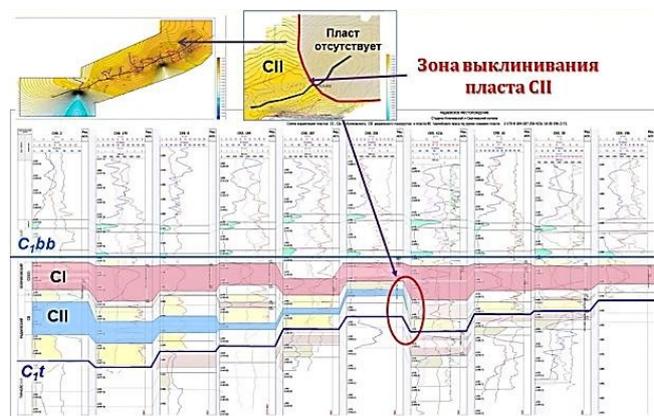


Рис. 5. Схема распределения пластов бобриковско-радаевского интервала по данным на 2015 год, принятой при составлении проектно-технологической документации для Южного участка



Рис. 6. Уточненная схема корреляции в пределах Западного и Восточного куполов по данным ГИС

На рисунке представлены корреляционные схемы по линиям профилей 1, 2, 3, проведенным через Северный и Южный ЛУ.

Проведён подробный анализ выделения пласта СII на основе данных ГИС в пределах Восточного купола. Маркирующими границами пласта, принятыми в качестве эталона, являлись каротажные данные скважин близрасположенного Западного купола Южного участка.

В итоге установлено, что граница простираения выклинивания пласта СII радаевского горизонта смещена в северо-восточном направлении относительно участка исследуемых работ (расположена в пределах Западного купола Северного месторождения).

Для определения площади нефтеносного продуктивного поля использовались структурные карты, построенные по кровле коллектора. Границы залежей продук-

тивных пластов приняты по границам, утвержденным ГКЗ. Средневзвешенные нефтенасыщенные толщины, коэффициент пористости и нефтенасыщенности, пересчетный коэффициент, плотность нефти и КИН взяты по данным Государственного баланса на основании отчетов по проведению ПЗ и ОПЗ.

На рисунке 7 представлена кровля проницаемой части Восточного купола по уточненной модели. Залежь пластового типа. Для определения площади нефтеносного продуктивного поля использовались структурные карты, построенные по кровле коллектора. Для определения значений средневзвешенных нефтенасыщенных толщин использовались карты нефтенасыщенных толщин, построенных по данным бурения. Средняя толщина нефтенасыщенных пропластков составила 4,2 м и была принята в дальнейшем при подсчете запасов. Пересчетный коэффициент, плотность нефти и КИН приняты по данным государственного баланса на основании отчетов по проведению подсчета запасов.

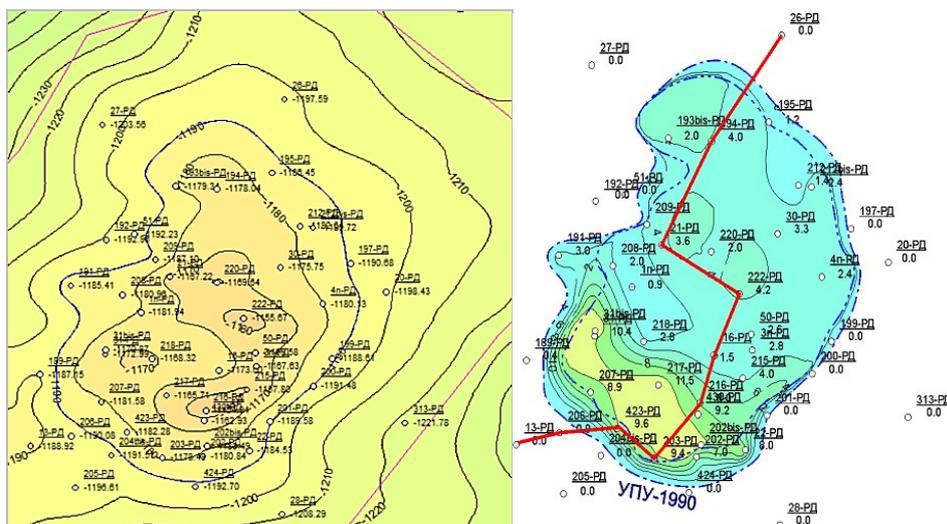


Рис. 7. а – структурная карта по кровле проницаемой части пласта СII Восточного купола Южного месторождения; б – карта нефтенасыщенных толщин пласта СII Восточного купола Южного месторождения

Условный подсчетный уровень принят согласно профилю, проведенному через залежь пласта СII по карте нефтенасыщенных толщин. Согласно проведенному анализу профиля устанавливаем, абсолютная отметка принятого уровня составляет минус 1990 м (рис. 8). Далее проведен подсчет запасов нефти в пределах Восточного купола Южного месторождения объемным методом. Такие параметры как плотность нефти и пересчетный коэффициент принимались аналогично пласту СII Западно-Западного купола, числящегося на балансе. КИН принят в целом для пласта СI Восточного купола, состоящего на балансе. Коэффициенты пористости и нефтенасыщенности принимались так же, как для пласта СI Восточного купола Южного месторождения.

Исследования позволили выполнить подсчет начальных геологических и извлекаемых запасов нефти пластов СI, СII Восточного купола. Начальные запасы нефти пласта СII – 7327,5 тыс. т, пласта СI, состоящего на балансе – 17684,6 тыс. т, пласта СI после пересчета запасов – 10677,5 тыс. т.

Извлекаемые запасы пласта СII составили 4044,8 тыс. т, пласта СI, состоящего на балансе – 9761,9 тыс. т, пласта СI после пересчета запасов – 5894 тыс. т.

Таким образом, по результатам работ выделена новая граница распространения и выклинивания пласта СII радаевского горизонта с использованием результатов ин-

6. Мирчинк, М. Ф. Тектоника и зоны нефтенакопления Камско-Кинельской системы прогибов. / М. Ф. Мирчинк, Р. О. Хачатрян – М. : Наука, 1965.
7. Нефтегазоносные и перспективные комплексы центральных и восточных областей Русской платформы. – Л. : Недра, 1970. – Т. 3. Каменноугольные отложения Волго-Уральской нефтегазоносной области.
8. *Michael Montenari Stratigraphy and timescales* // Elsevier Science United States. – Vol. 1, 2016. – 506 p.
9. Pierre Cotillon Stratigraphy Best-set Typesetter Ltd., Hong Kong. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, United States, 2012. – 187 p.
10. Puchkov, V. *Paleozoic evolution of the East European continental margin involved into the Urals* // Mountain Building in the Uralides: Pangea to the Present / Edited by Dennis Brown, Christopher Juhlin and Victor Puchkov. AGU Geophysical Monograph Series. – 2002. – Vol. 132. – pp. 9–31.
11. Willner, A. P. Contrasting provenance signals in Riphean and Vendian sandstones in the SW Urals (Russia): constraints for a change from passive to active continental margin conditions in the Neoproterozoic. *Prec. Res.* / A. P. Willner, T. Ermolaeva, L. Stroink, U.A. Glasmacher, U. Giese, V. N. Puchkov, V. I. Kozlov and R. Walter. – 2011. – Vol. 110 (1–4). – pp. 215–239.

References

1. Vyazovkina, E. O. *Osobennosti formirovaniya razvitya plasta CII radaevskogo gorizonta v predelakh Kamsko-Kinelskoy sistemy progibov na primere Samarskoy oblasti* [Features of formation development of the CII formation of the Radaevsky horizon within the Kama-Kinel system of deflections on the example of the Samara region]. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Novie idei v geologii nefiti i gaza-2019"* [International Scientific and Practical Conference "New ideas in the Geology of oil and gas-2019]. Moscow, 2019, pp. 99–101.
2. Vyazovkina, E. O. Vyazovkina, A. O. *Obosnovanie modeli plasta CII radaevskogo gorizonta na osnove detal'noi korrelyatsii skvazhin v predelakh Kamsko-Kinelskoy sistemy progibov* [Obnovaniya plasta CII radaevskogo gorizonta based details of 'noi korrelyatsii skvazhin in KSKO-Kinelskoy sistemy progibov]. Perm', 2019, pp. 301–303.
3. *Geologia i neftenosnost' Kamsko-Kinelskikh progibov* [Geology and oil content of Kamsko-Kinelsky depression], Kazan, University Pub. House, 1970, pp. 307.
4. Larochkina, I. A., Nenarokov, S. Yu., Shikarova, T. V. *Perspektivi neftenosnosti porod Elhovskogo gorizonta v progibakh Kamsko-Kinelskoy sistemy na territorii tatarii* [The perspective of the inferiority of the delivery of the Elkhov horizon in the systems of Combo-Kinels routes on the territory of Tatarstan]. *Geologia i osvoenie resursov nefiti v Kamsko-Kinelskoy sistemy progibov* [Geology and development of oil resources in the Kama-Kinels trough system]. M., Nauka, 1991, pp. 56–57.
5. Lisovskaya, T. I. *Obobshchenie i analiz dannykh burenia i seismorazvedki s cel'yu povysheniya effektivnosti geologorazvedochnykh rabot* [Generalization and analysis of drilling and seismic data in order to improve the efficiency of geological exploration]. *Otchet o rabotakh tematicheskoy partii № 31/86* [Report on the work of the thematic party]. Kuibyshev, 1987, pp. 34–35.
6. Mirchin, M. F., Hachaturyan, R. O. *Tektonika i zoni neftenakopleniya Kamsko-Kinelskoy sistemy progibov* [Tectonics and oil accumulation zone of the Kama-Kinels trough system]. M., Nauka, 1965, pp. 49.
7. *Neftegazonosnye i perspektivnye kompleksi central'nykh i vostochnykh oblastey Russkoy platformy* Book III. [Oil and gas-bearing and promising complexes of the central and eastern regions of the Russian platform]. *Kamennougol'nye otlozheniya Volgo-Ural'skoy neftegazonostoy oblasti* [Carboniferous deposits of the Volga-Ural oil and gas region]. L., Nedra, 1970, Book III, pp. 65.
8. *Michael Montenari Stratigraphy and timescales*. Elsevier Science United States, 2016, ol. 1, 506 p.
9. Pierre Cotillon Stratigraphy Best-set Typesetter Ltd., Hong Kong Springer-Verlag Berlin Heidelberg, United States, 2012, 187 p.
10. Puchkov, V. *Paleozoic evolution of the East European continental margin involved into the Urals*. *Mountain Building in the Uralides: Pangea to the Present*. Ed. by D. Brown, Ch. Juhlin, and V. Puchkov. AGU Geophysical Monograph Series, 2002, vol. 132, pp. 9–31.
11. Willner, A., Ermolaeva, T., Stroink, L., Glasmacher, U., Giese, U., Puchkov, V., Kozlov, V., Walter, R. *Contrasting provenance signals in Riphean and Vendian sandstones in the SW Urals (Russia): constraints for a change from passive to active continental margin conditions in the Neoproterozoic*, *Prec. Res.*, 2011, vol. 110 (1–4), pp. 215–239.