

## Добыча полезных ископаемых

DOI: 10.34828/UdSU.2024.78.70.005

УДК 553.98 (470.51)

*М.С. Бернатов, Г.С. Иванов, С.А. Красноперова*

### ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ТУРНЕЙСКОГО ОБЪЕКТА НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «N», ПРИУРОЧЕННОГО К ТЕРРИТОРИИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

**Аннотация.** В статье рассматриваются перспективы разработки турнейского объекта нефтяного месторождения «N», приуроченного к территории Удмуртской Республики. Отмечено, что данное месторождение относится к объекту сложного строения, которое характеризуется следующими особенностями: невыдержанностью эффективных толщин; невыдержанностью свойств коллекторов пластов по площади и разрезу; наличием зон замещения коллекторов непроницаемыми породами; наличием в нефти значительного содержания асфальтосмолопарафиновых и сернистых соединений. На основании имеющейся геолого-геофизической информации, а также проведения исследований геологического моделирования предлагаются варианты разработки: базовый – вывод существующей скважины из консервации; 1 – разработка объекта предполагается по неравномерной сетке скважин; 2 – вывод существующей скважины из консервации и бурение двух горизонтальных скважин. По результатам анализа современной геологической модели, а также технико-экономических расчетов выявлено, что рекомендуемым вариантом разработки является Вариант 2.

**Ключевые слова:** месторождение, варианты разработки, нефть, эффективность, технико-экономические расчеты.

*Для цитирования:* Бернатов М.С., Иванов Г.С., Красноперова С.А. Перспективы разработки турнейского объекта нефтяного месторождения «N», приуроченного к территории Удмуртской Республики // Управление техносферой: электрон. журнал, 2024. Т.7. Вып.1. URL:<https://technosphere-ing.ru> С. 428–440. DOI: 10.34828/UdSU.2024.78.70.005.

#### Актуальность

Месторождение нефти «N», как и большинство других, приуроченных к территории Удмуртской Республики, относится к объекту сложного строения, которое характеризуется следующими особенностями:

- 1) Невыдержанность эффективных толщин;
- 2) Невыдержанность свойств коллекторов пластов по площади и разрезу;
- 3) Наличие зон замещения коллекторов непроницаемыми породами;
- 4) Нефть в поверхностных условиях характеризуется повышенной и высокой вязкости, высокой сернистости и со значительным содержанием асфальтосмолопарафиновых соединений (АСПО). Исследуемое месторождение «N» находится на стадии пробной эксплуатации, поэтому перспективы разработки наиболее эффективных вариантов являются актуальными.

В связи с этим цель данной работы является выбор наиболее эффективного варианта разработки турнейского объекта нефтяного месторождения «N».

### **Проектируемое решение**

На стадии составления проекта пробной эксплуатации исследуемого месторождения выделено 4 объекта разработки на время пробной эксплуатации – верейский, башкирский, визейский, турнейский. В нашей работе рассматривается турнейский объект. Решение о выделении объектов разработки подкреплялось результатами испытаний, опробований, данных ГИС и сопоставления полученных данных с Шарканским, Мишкинским месторождениями-аналогами [1-5].

На момент составления работы оценка геолого-физических характеристик по объектам проводилась не в полном объеме. Для составления геолого-физических характеристик месторождения «N» были взяты сборные данные с протокола оперативного подсчета запасов и месторождения аналога – Лиственского нефтяного месторождения [6, 7].

Таблица 1

Геолого-физическая характеристика турнейского объектов разработки  
месторождения «N»

Параметры	Размерность	турнейский
Средняя глубина залегания кровли	м	1523.1
Абсолютная отметка ВНК	м	-1361.1 -1379.0
Тип залежи		Пластово-сводовый, массивный
Тип коллектора		карбонатный. поровый
Площадь нефте/газонасыщенности	тыс.м <sup>2</sup>	1066
Средняя общая толщина	м	21.9
Средняя эффективная нефтенасыщенная толщина	м	6.2
Коэффициент пористости	доли ед.	0.14
Коэффициент нефтенасыщенности пласта	доли ед.	0.75
Проницаемость	мкм <sup>2</sup>	0.374*
Коэффициент песчанности	доли ед.	0.8
Расчлененность	ед.	6
Начальная пластовая температура	°С	33*
Начальное пластовое давление	МПа	15.1*
Вязкость нефти в пластовых условиях	мПа*с	39.3*
Плотность нефти в пластовых условиях	г/см <sup>3</sup>	0.894*
Плотность нефти в поверхностных условиях	г/см <sup>3</sup>	0.900*
Объемный коэффициент нефти	доли ед.	1.011*
Содержание серы в нефти	%	3.66*
Содержание парафина в нефти	%	3.55*
Давление насыщения нефти газом	МПа	7.38*
Газосодержание	М <sup>3</sup> /т	8.14*
Вязкость воды в пластовых условиях	мПа*с	1.325*
Плотность воды в поверхностных условиях	г/см <sup>3</sup>	1.184*
Сжимаемость		
нефти	1/МПа×10 <sup>-4</sup>	6.45*
воды	1/МПа×10 <sup>-4</sup>	4.53*
породы	1/МПа×10 <sup>-4</sup>	5.0*
Коэффициент вытеснения (водой)	доли ед.	0.575*

В 2022 году пробурена поисково-оценочная скважина №2031П. Результаты опробования указанной скважины представлены в табл. 2.

Скважина пробурена до верхнедевонских отложений, общая проходка скважины составила 1566 м. При испытаниях турнейских отложений из интервала 1520,0-1537,0 м получен приток газированной нефти дебитом 17,6 м<sup>3</sup>/сут (при депрессии 60 атмосфер) [6].

Таблица 2

Результаты опробования скважины №2031П при бурении в открытом стволе (КИИ-146)

Интервал опробования, м глубина абс.отм.	Характер полученного флюида	Расчётный дебит, м <sup>3</sup> /сут			Пластовое давление, атм	Депрессия, атм
		ФБР	нефть	вода		
<u>1518,0</u> <u>1530,0</u> -1358,9    -1370,9	БР+газир. нефть		17,5	-	154	60,4

На основании имеющейся геолого-геофизической информации и гидродинамического моделирования предлагаются следующие варианты разработки.

Базовый Вариант – вывод существующей скважины из консервации.

Общий фонд скважин – одна, в т.ч. одна добывающая,

Фонд скважин для вывода из консервации – одна добывающая.

Накопленная добыча нефти – 49,0 тыс.м<sup>3</sup>.,

Коэффициент извлечения нефти (КИН) – 8,86%.

1 Вариант – вывод существующей скважины из консервации, бурение четырех добывающих скважин. Разработка объекта предполагается по неравномерной сетке скважин.

Общий фонд скважин – пять добывающих.

Фонд скважин для бурения – четыре добывающие скважины.

Накопленная добыча нефти – 169,9 тыс.м<sup>3</sup>., КИН -30,72%,

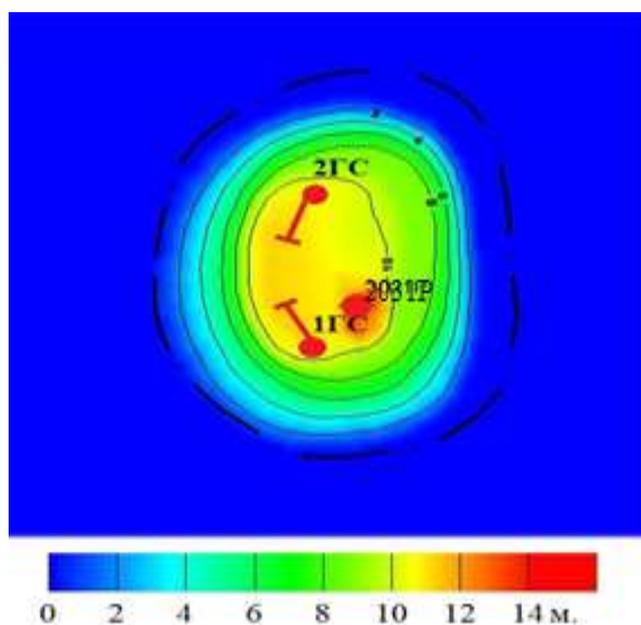
2 Вариант – вывод существующей скважины из консервации и бурение двух горизонтальных скважин.

Общий фонд скважин – две, в т.ч. две ГС,

Фонд скважин для вывода из консервации – одна добывающая.

Накопленная добыча нефти – 210,5 тыс.м<sup>3</sup>, КИН -38,06%.

Карты размещения скважин и положение скважины в пласте по вариантам приведены на графических рис. 1.



**Рис. 1. Карта размещения скважин 2 варианта разработки**

Дебита нефти рассчитывали по формуле Дюпюи (1) для плоскорадиального установившегося потока несжимаемой жидкости вертикальной скважины и формулу Борисова (2), для горизонтальных скважин (не учитывая скин-фактор). Дебит нефти наклонно-направленной скважины в начале разработки составит 18,3 м<sup>3</sup>/сут, дебит горизонтальной скважины 46,2 м<sup>3</sup>/сут. Основные исходные данные для расчета приведены в табл. 3. Результаты расчеты дебитов по нефти и жидкости представлены на рис. 2, 3.

$$Q_H = \frac{2\pi kh\Delta P}{\mu \ln \frac{Rk}{rc}} \quad (1)$$

Формула Дюпюи

$$Q_H = \frac{2\pi kh\Delta P}{\mu B \left( \ln \left( \frac{4Rk}{L} \right) + \frac{h}{L} \ln \left( \frac{h}{2\pi rc} \right) \right)} \quad (2)$$

Формула Борисова, где:

$Q_H$  – дебит нефти, м<sup>3</sup>/сут

$K$  – коэффициент проницаемости нефти, мкм<sup>2</sup>

$H$  – эффективная нефтенасыщенная толщина пласта, м

$\Delta P$  – депрессия на пласт, атм

$\mu$  – вязкость нефти в пластовых условиях, мПа\*с

$R_k$  – радиус контура питания, м

$r_c$  – приведенный радиус скважины, м

$B$  – объемный коэффициент нефти, д.ед.

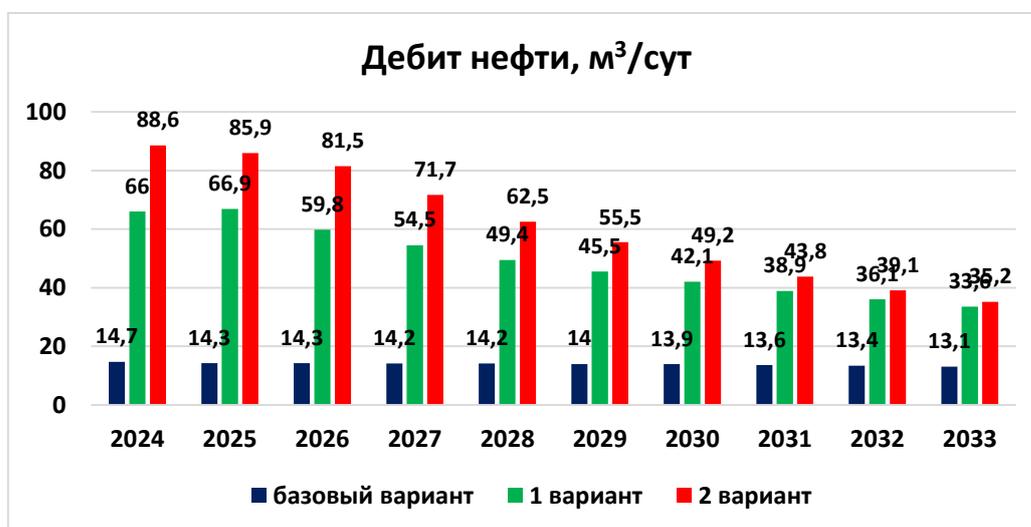
$L$  – длина горизонтального участка, м [20]

Таблица 3

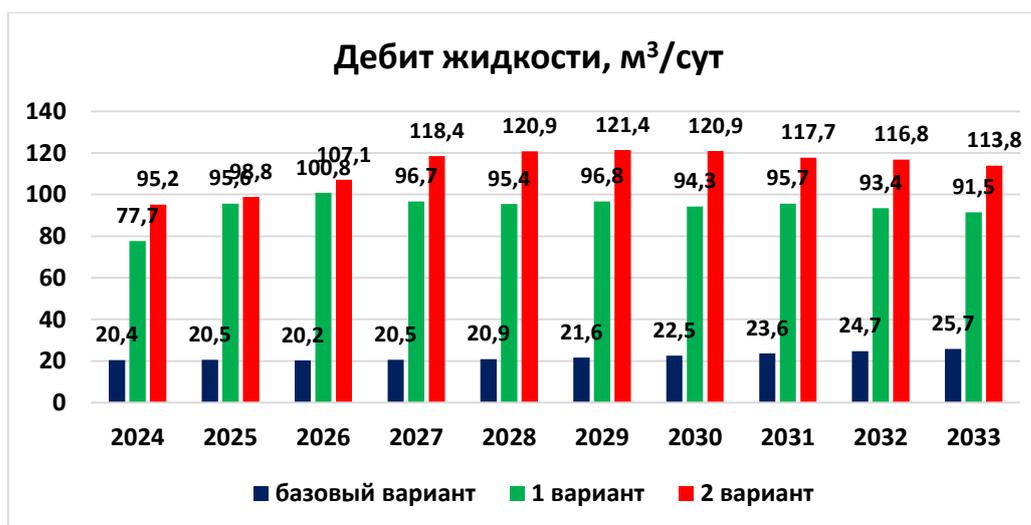
Данные для расчета дебита нефти

Коэффициент проницаемости, мкм <sup>2</sup>	0,374
Эффективная нефтенасыщенная толщина, м	3,5
Депрессия, атм	60,4
Вязкость нефти в пластовых условиях, мПа*с	39,3
Длина горизонтального участка, м	150
Радиус контура питания, м	200
Радиус скважины, м	0,146

Объемный коэффициент нефти, д.ед.	1,011
-----------------------------------	-------



а)



б)

**Рис. 2 (а, б). Результаты вычислений дебита нефти и жидкости по вариантам разработки**

### Турнейский объект

**Вариант Базовый** – Накопленная добыча нефти за проектный срок разработки составит 49,0 тыс. м<sup>3</sup>. Вариант обеспечивает коэффициент нефтеизвлечения на уровне – 8,86%.

**Вариант 1** – Накопленная добыча нефти за проектный срок разработки составит 169,9 тыс. м<sup>3</sup>. Вариант обеспечивает коэффициент нефтеизвлечения на уровне – 30,72%.

**Вариант 3** – Накопленная добыча нефти за проектный срок разработки составит 210,5 тыс. м<sup>3</sup>. Вариант обеспечивает коэффициент нефтеизвлечения на уровне – 38,06%.

В табл. 4 представлены оценки показатели разработки по каждому варианту в балльной системе, где 1б – менее перспективный вариант по показателю; 2б – перспективный вариант по показателю; 3б – наиболее перспективный вариант (предлагаемый к внедрению) по показателю. Выручка и прибыль по вариантам разработки приведена в табл. 5.

Таблица 4

## Оценка вариантов разработки по показателям

Показатели	Базовый Вариант	1 Вариант	2 Вариант
Накопленная добыча нефти	1	2	3
Накопленная добыча жидкости	1	3	2
Среднегодовая обводнённость жидкости	3	1	2
Подвижные запасы нефти	1	2	3
Дебит нефти	1	2	3
Дебит жидкости	1	3	2
Среднегодовое пластовое давление	1	2	3

Таким образом, наиболее перспективным вариантом по показателям разработки является второй, который предлагается к внедрению. Накопленная добычи нефти за 10 лет составляет 210,5 тыс. м<sup>3</sup>. Это на 20% больше, чем у первого варианта (169,9 тыс. м<sup>3</sup>), и на 77% больше, чем у базового варианта (49 тыс. м<sup>3</sup>).

Таблица 5

## Выручка и прибыль по вариантам разработки

Варианты разработки	Базовый вариант	1 вариант	2 вариант
Показатели, млн. руб			
Выручка от реализации	1724,8	5980,5	7409,6
Балансовая прибыль	369,3	1043,7	1446,9
Прибыль, оставшаяся в распоряжении предприятия	295,5	835,0	1157,5

**Заключение**

По результатам анализа современной геологической модели и технико-экономических расчетов выявлено, что наиболее перспективным вариантом разработки является Вариант 2.

Внедрение его в разработку позволит выработать достаточное количество запасов в размере 210,5 тыс.м<sup>3</sup>, достигнуть максимального КИН 0,3806. Выручка от реализации составит 7409,6 млн. руб, что на 19% больше, чем у 1 варианта.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Панкова М.М., Красноперова С.А. Перспективы разработки верейско-башкирского объекта северного купола Шарканского нефтяного месторождения на основании уточненной геологической модели // Управление техносферой: электрон. журнал, 2023. Т.6. Вып.1. С. 40–51. URL: <https://technosphere-ing.ru> DOI: [10.34828/UdSU.2023.79.34.005](https://doi.org/10.34828/UdSU.2023.79.34.005). (Дата обращения: 24.05.2024).
2. Трефилова Е.А., Красноперова С.А. Перспективы разработки верейско-башкирского объекта Весеннего поднятия Весеннего месторождения нефти на основе уточненной геологической модели // Управление техносферой: электрон. журнал, 2022. Т. 5. Вып. 4. С. 408 – 422. URL: <https://technosphere-ing.ru>. DOI: [10.34828/UdSU.2022.47.45.005](https://doi.org/10.34828/UdSU.2022.47.45.005). (Дата обращения: 24.05.2024).

3. Коренева С.М., Красноперова С.А. Геолого-геофизические особенности турнейско-заволжского объекта южного купола Шарканского месторождения // Управление техносферой: электрон. журнал, 2022. Т.5. Вып.1. URL: <https://technosphere-ing.ru> С. 43 – 52. DOI: [10.34828/UdSU.2022.73.76.005](https://doi.org/10.34828/UdSU.2022.73.76.005) (Дата обращения: 24.05.2024).
4. Воронкова Е. Ю., Красноперова С.А. Перспективы разработки девонской залежи Есенецкого месторождения // Управление техносферой: электрон. журнал. 2021. Т. 4. Вып. 4. С. 367 – 377. URL: <https://technosphere-ing.ru> DOI: [10.34828/UdSU.2021.33.94.003](https://doi.org/10.34828/UdSU.2021.33.94.003). (Дата обращения: 24.05.2024).
5. Научно-исследовательская работа «Уточнение ресурсного потенциала отложений венда, франского, фаменского и турнейского ярусов на Воткинском и Шарканском ЛУ», ЗАО «ИННЦ», Ижевск, 2018 г.
6. Проект на проведение работ по геологическому изучению недр, включая поиски, оценку залежей нефти в пределах Северо-Лиственской структуры в границах Шарканского лицензионного участка, ЗАО «ИННЦ», Ижевск, 2023 г.
7. Протокол заседания Приволжской нефтегазовой секции ЦКР Роснедр по УВС, ПАО Удмуртнефть, Ижевск, 2023 г.

Поступила в редакцию 09.06.2024

### ***Сведения об авторах***

*Бернатов Максим Сергеевич*

Студент 5 курса, Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет», 426034, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, Россия.

E-mail: [bernatovm@mail.com](mailto:bernatovm@mail.com)

*Иванов Геннадий Савельевич*

Доцент кафедры геологии нефти и газа, Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет», 426034, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, Россия.

E-mail: [g.ivanov3412@gmail.com](mailto:g.ivanov3412@gmail.com)

*Красноперова Светлана Анатольевна*

кандидат биологических наук, доцент, Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет», 426034, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, Россия.

E-mail: [krasnoperova\\_sve@mail.ru](mailto:krasnoperova_sve@mail.ru)

*M.S. Bernatov, G.S. Ivanov, S.A. Krasnoperova*

## PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE TOURNAISIAN OBJECT OF THE OIL FIELD “N”, CONFINED TO THE TERRITORY OF THE UDMURT REPUBLIC

**Annotation.** The article deals with the prospects of development of the Tournaisian object of the oil field “N”, confined to the territory of the Udmurt Republic. It is noted that this field belongs to the object of complex structure, which is characterized by the following features: poor continuity of effective thicknesses; unstable properties of reservoirs in the area and section; the presence of zones of reservoirs replacement by impermeable rocks; the presence of a significant content of asphalt-resin-paraffin and sulfur compounds in oil. On the basis of available geological and geophysical information, as well as geological modeling studies, the following development options are proposed: basic - withdrawal of the existing well from conservation; 1 - development of the object is assumed by an uneven grid of wells; 2 - withdrawal of the existing well from conservation and drilling of two horizontal wells. According to the results of analysis of the modern geological model, as well as technical and economic calculations it is revealed that the recommended development option is Option 2.

**Keywords:** field, development options, oil, efficiency, technical and economic calculations.

*For citation:* Bernatov M.S., Ivanov G.S., Krasnoperova S.A. [Prospects for the development of the Tournaisian object of the oil field "N", confined to the territory of the Udmurt Republic] *Upravlenie tekhnosferoi*, 2024, vol. 7, issue 1. (In Russ.) Available at: <https://technosphere-ing.ru/> pp. 428–440. 10.34828/UdSU.2024.78.70.005.

## REFERENCES

1. Pankova M.M., Krasnoperova S.A. Perspektivy razrabotki vereisko-bashkirskogo ob"ekta severnogo kupola Sharkanskogo neftyanogo mestorozhdeniya na osnovanii utochnennoi geologicheskoi modeli [Prospects for the development of the Vereysko-Bashkir object of the northern dome of the Sharkansk oil field on the basis of a refined geological model], *Upravlenie tekhnosferoi: elektron. zhurnal*, 2023, vol. 6, issue 1, pp. 40–51. Available at: <https://technosphere-ing.ru>. (In Russ.). DOI: [10.34828/UdSU.2023.79.34.005](https://doi.org/10.34828/UdSU.2023.79.34.005) (Accessed: 24.05.2024).
2. Trefilova E.A., Krasnoperova S.A. Perspektivy razrabotki vereisko-bashkirskogo ob"ekta Vesennego podnyatiya Vesennego mestorozhdeniya nefti na osnove utochnennoi geologicheskoi modeli [Prospects for the development of the Vereysko-Bashkir object of

- Spring uplift of the Vernal oil field on the basis of a refined geological model]. *Upravlenie tekhnosferoi: elektron. zhurnal*. 2022, vol. 5, Issue 4, pp. 408 – 422. Available at: <https://technosphere-ing.ru>. DOI: [10.34828/UdSU.2022.47.45.005](https://doi.org/10.34828/UdSU.2022.47.45.005) (Accessed: 24.05.2024).
3. Koreneva S.M., Krasnoperova S.A. Geologo-geofizicheskie osobennosti turneisko-zavolzhskego ob"ekta yuzhnogo kupola Sharkanskogo mestorozhdeniya [Geological and geophysical features of the Tournaisko-Zavolzhsky object of the southern dome of the Sharkansky deposit]. *Upravlenie tekhnosferoi: elektron. zhurnal*, 2022, vol.5, Issue 1. pp. 43 – 52. Available at: <https://technosphere-ing.ru>. (In Russ.). DOI: [10.34828/UdSU.2022.73.76.005](https://doi.org/10.34828/UdSU.2022.73.76.005) (Accessed: 24.05.2024).
  4. Voronkova E. Yu., Krasnoperova S.A. Perspektivy razrabotki devonskoi zalezhi Eseneiskogo mestorozhdeniya [Prospects for the development of the Devonian deposit of the Yeseneyskoye field]. *Upravlenie tekhnosferoi: elektron. zhurnal*, 2021, vol. 4, Issue 4, pp. 367 – 377. Available at: <https://technosphere-ing.ru>. (In Russ.). DOI: [10.34828/UdSU.2021.33.94.003](https://doi.org/10.34828/UdSU.2021.33.94.003) (Accessed: 24.05.2024).
  5. *Nauchno-issledovatel'skaya rabota «Utochnenie resursnogo potentsiala otlozhenii venda, franskogo, famenskogo i turneiskogo yarusov na Votkinskom i Sharkanskom LU»* [Research work "Clarification of the resource potential of the deposits of the Vendian, Fransk, Famensk and Tournaisian tiers at Votkinsky and Sharkansky LU"], ZAO «INNTs», Izhevsk, 2018 g. (In Russ.).
  6. *Proekt na provedenie rabot po geologicheskomu izucheniyu neдр, vklyuchaya poiski, otsenku zalezhei nefи v predelakh Severo-Listvenskoi struktury v granitsakh Sharkanskogo litsenzionnogo uchastka* [Project for the geological study of the subsurface, including prospecting, assessment of oil deposits within the North Larch structure within the boundaries Sharkansky license area], ZAO «INNTs», Izhevsk, 2023. (In Russ.).
  7. *Protokol zasedaniya Privolzhskei neftegazovoi seksii TsKR Rosnedr po UVS* [Minutes of the meeting of the Volga Oil and Gas Section of the Central Committee of Rosnedra for UVS], PJSC Udmurtneft, Izhevsk, 2023. (In Russ.).

Received: 09.06.2024

***About the Authors****Maxim S. Bernatov*

Student, Institute of Oil and Gas named after M.S. Gutseriev, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Udmurt State University", 426034, University st., 1, Izhevsk, Russia.

E-mail: [bernatovm@mail.com](mailto:bernatovm@mail.com)

*Gennady Savelyevich Ivanov*

Associate Professor of the Department of Oil and Gas, Institute of Oil and Gas named after M.S. Gutseriev, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Udmurt State University", 426034, University st., 1, Izhevsk, Russia.

E-mail: [g.ivanov3412@gmail.com](mailto:g.ivanov3412@gmail.com)

*Svetlana Anatolyevna Krasnoperova*

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Oil and Gas, Institute of Oil and Gas named after M.S. Gutseriev, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Udmurt State University", 426034, University st., 1, Izhevsk, Russia.

E-mail: [krasnoperova\\_sve@mail.ru](mailto:krasnoperova_sve@mail.ru)