

## Добыча полезных ископаемых

DOI: 10.34828/UdSU.2024.56.87.007

УДК 622.234.573

*Е.А. Рахимова, С.А. Красноперова*

### МИНИМИЗАЦИЯ РИСКОВ НЕДОСТИЖЕНИЯ ПЛАНИРУЕМОГО ДЕБИТА ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

**Аннотация.** В статье анализируются причины проведения неуспешных геолого-технических мероприятий, в частности гидроразрыва пласта (ГРП), на примере нефтяных месторождений Удмуртской Республики. Отмечено отношение количества скважин с эффективным проведением ГРП к общему количеству скважин, что составляет  $\geq 80\%$ . Также определены причины недостижения дебита нефти после проведения ГРП на исследуемых месторождениях, среди которых можно выделить геологические, организационные, технологические. Выявлено, что наибольшая доля приходится на геологические причины – 65%, значительную долю среди которых составляют неподтверждение насыщения по ГИС и литологическая неоднородность. Для решения указанных проблем и увеличения доли успешных ГРП предлагается провести дополнительные исследования и разработать эффективные критерии подбора ГТМ ГРП. Рекомендуются также провести эффективный подбор скважин в купольных частях поднятий, а не на периферии.

**Ключевые слова:** месторождение, геолого-технические мероприятия (ГТМ), гидроразрыв пласта, критерии подбора, эффективность.

*Для цитирования:* Рахимова Е.А., Красноперова С.А. Минимизация рисков недостижения планируемого дебита после проведения гидроразрыва пласта // Управление техносферой: электрон. журнал, 2024. Т.7. Вып.1. URL:<https://technosphere-ing.ru> С. 82–59. DOI: 10.34828/UdSU.2024.56.87.007.

#### Актуальность

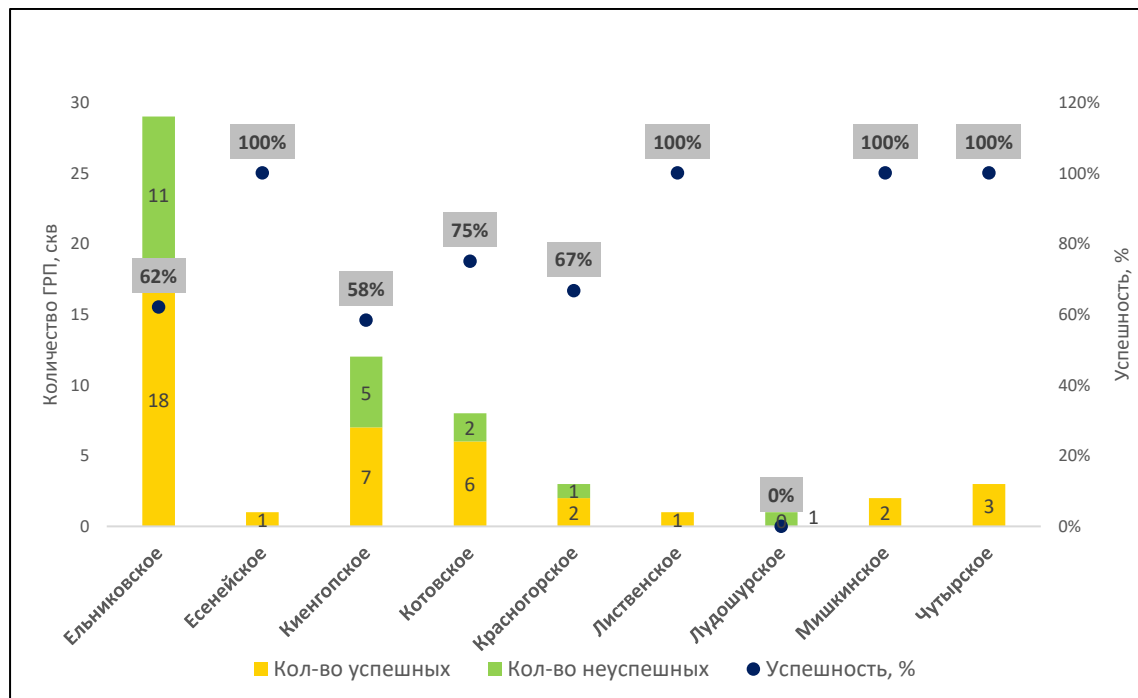
Месторождения нефти и газа, приуроченные к Удмуртской республике, отличаются разнообразными геолого-геофизическими особенностями, влияющими на их разработку [1-3]. Чаще всего к этим особенностям относятся низкая проницаемость и высокая расчлененность пластов-коллекторов [4-6]. В

связи с вышеуказанными утверждениями гидроразрыв пласта (ГРП) является одним из самых эффективным методов нефтеотдачи пласта и интенсификации добычи нефти [7-8]. Но, как показывает практика, добиться успешных ГРП не всегда удается.

Таким образом, целью нашей работы является исследование причин неуспешных ГРП на месторождениях Удмуртии и разработка предложений по минимизации их рисков по недостижению планируемого дебита после их проведения.

### Анализ проведения ГРП на месторождениях Удмуртской Республики

Отношение количества успешных скважин к общему количеству скважин составляет  $\geq 80\%$  (достижения на запуске) (рис. 1). Динамика проведения успешных и неуспешных ГРП представлена на рис. 2. [9].



**Рис. 1. Успешность проведения ГРП исследуемых месторождений нефти Удмуртии в 2022 г.**



**Рис. 2. Динамика успешности проведения ГРП исследуемых месторождений Удмуртии [9]**

На основании анализа проведения ГРП выявлено, что наибольшая доля неуспешных ГРП отмечена на Ельниковском, Киенгопском и Котовском месторождениях нефти.

Мы считаем, что основными причинами выполнения неуспешных ГРП по исследуемым месторождениям нефти являются осложняющие геологические условия (рис. 3-5), а именно:

1. На Ельниковском месторождении – это не подтверждение характера насыщения пласта, низкое пластовое давление, литологическая неопределенность. Кроме того, на этом месторождении ГРП проводилось на многопластовых залежах (подольский, каширский, верейский горизонты). Этаж нефтеносности там достигает до 200 м, количество интервалов перфорации

насчитывается до 30. Существующими методами ГИС определение фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) пласта, а также характера насыщения нефтенасыщенных интервалов, чередующихся с водонасыщенными пропластками, затруднено. Также снижение успешности проведения ГРП по Ельниковскому месторождению в 2021 и 2022 г.г. связано со значительным ухудшением структуры фонда скважин-кандидатов.

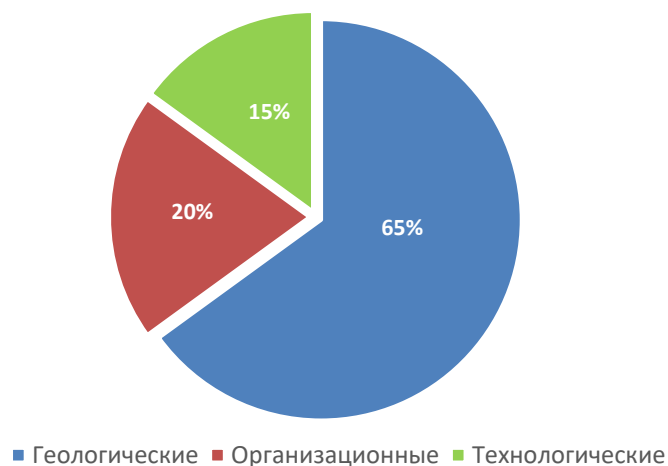
2. На Киенгопском и Котовском месторождениях нефти ГРП проведено в краевой части верейского объекта, характеризующееся ухудшенными ФЕС (низкая пористость и проницаемость), низкими значениями нефтенасыщенной толщины, имеются риски прорыва в газоносные пласты. Часть неуспешных ГРП проведены в качестве опытно-промышленных испытаний (ОПИ) для опробования новых технологий на указанном объекте.

3. Причины неуспешности ГРП на других месторождениях вызваны аналогичными факторами, перечисленными выше.

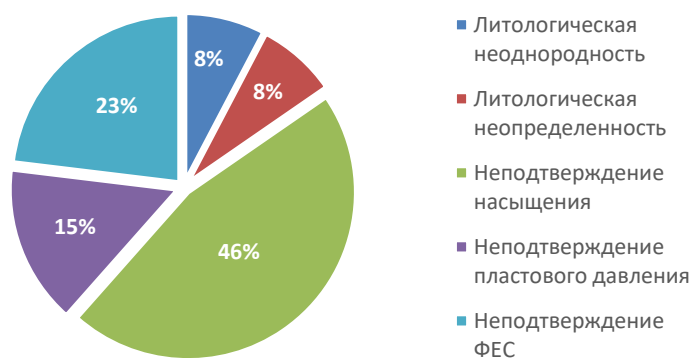
### **Причины недостижения дебита нефти после проведения ГРП на исследуемых месторождениях.**

Нами также проанализированы причины недостижения дебита нефти после проведения ГРП на исследуемых месторождениях (рис. 3-5).

На рис. 3 показана доля скважин в процентах по недостижению ожидаемого дебита нефти после проведения ГРП в зависимости от геологических, организационных и технологических факторов. Выявлено, что наибольшая доля приходится на геологические причины – 65% (рис. 3), значительную долю среди которых составляют: неподтверждение насыщения по ГИС – 46%, литологическая неоднородность – 23%, неподтверждение ФЕС – 15% и другие факторы (рис. 4.).



**Рис. 3. Доля скважин (%) по причинам недостижения дебита нефти после проведения ГРП в 2022 г.**

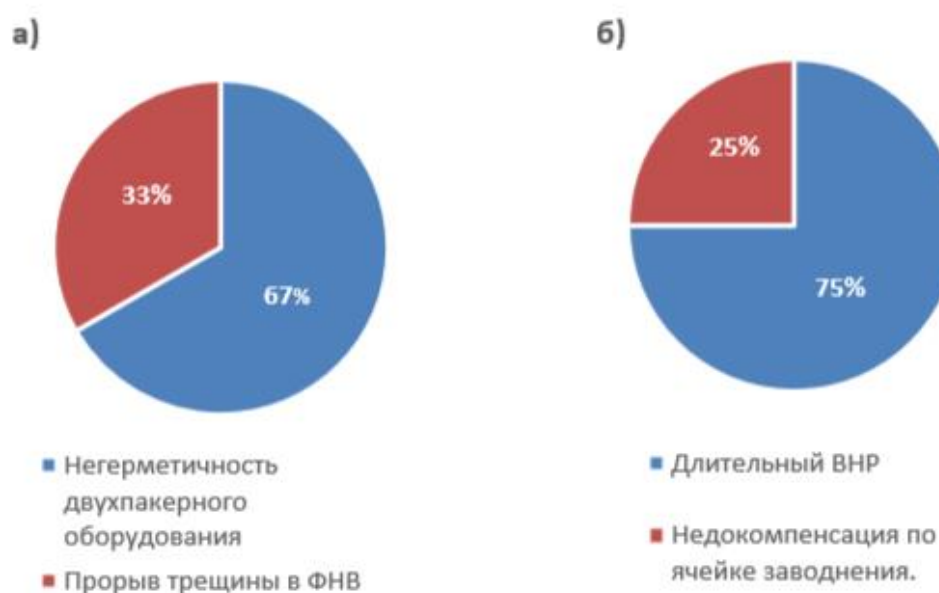


**Рис. 4. Геологические причины недостижения дебита нефти после проведения ГРП в 2022 г.**

Среди организационных (рис. 3), на долю которых приходится 20% от всех исследуемых причин – доминирует недокомпенсация по ячейке заводнения

(75%), также значительную долю составляет длительный вывод скважины на режим – 25% (рис. 5).

Среди технологических причин отмечена негерметичность двухпакерного оборудования – 65% и прорыв трещины в фронт нагнетаемой воды (ФНВ) (рис. 5.). [9].



**Рис. 5. Технологические (а) и организационные (б) причины недостижения дебита нефти после проведения ГРП в 2022 г.**

### **Разработка проектируемого решения**

Мы предлагаем для решения указанных проблем и увеличения доли успешных ГРП провести дополнительные исследования и разработать эффективные критерии подбора геолого-технических мероприятий (ГТМ) ГРП.

### **Используемые критерии подбора ГТМ ГРП:**

- 1) наличие невыработанных запасов нефти в целевых интервалах;

- 2) оценка технического состояния скважины (наличие негерметичности эксплуатационной колонны (ЭК), степень коррозионного износа, наличия цемента у (ЭК);
- 3) оценка риска разгерметизации ИО/ИГ на скважинах с ранее изолированными интервалами прорыва газа/воды;
- 4) межремонтный период (МРП) более 180 суток;
- 5) исследование суммарной мощности целевых продуктивных пластов не менее 3 метров;
- 6) исследование герметичности эксплуатационной колонны в интервалах водонасыщенных коллекторов;
- 7) нахождение целевых интервалов на расстоянии не менее 4 метров от водонасыщенных прослоев;
- 8) наличие сплошного цементного камня в интервале продуктивных пластов, а также не менее 3 м выше стимулируемых интервалов для посадки пакеров;
- 9) рассмотрение максимально возможных для данных условий заглублений ГНО, в том числе на ЗБС, также ГС заглубления ГНО в хвостовик при проведении ГТМ;
- 10) отсутствие технологических ограничений (прохождение шаблона ( $d=124$  мм)).

### **Предлагаемые критерии подбора ГТМ ГРП (дополнительные)**

- 1) необходимо учитывать начальное пластовое давление;
- 2) выделять падение приемистости влияющих нагнетательных скважин (недокомпенсация по ячейке заводнения);
- 3) необходимость нахождения водонасыщенных интервалов минимум на 4 м – в карбонатном и на 7 м – в терригенном разрезе от целевого интервала;

- 4) необходимость ограничения обводненности скважины менее 40-50%, иначе будет прирост по воде;
- 5) наличие суммарной мощности целевых продуктивных пластов не менее 5 м – в карбонатном и 3 м – в терригенном разрезах;
- 6) необходимо следить за значением скин-фактора;
- 7) необходимо учитывать близость ППД, понять идет ли влияние нагнетаемой воды на добывающую скважину. Если нагнетательная скважина закачивает воду в тот же пласт, в который планируется провести ГРП, то вероятнее всего начнется подтягивание воды;
- 8) для минимизации рисков рекомендуется применение трассерных исследований до ГРП [10], чтобы понять влияние нагнетательных скважин на добывающие и, в дальнейшем, исключить осложнения после мероприятия.

### **Заключение**

Таким образом, выявлены основные причины поведения неуспешных ГРП, а также выделены основные факторы недостижения дебита после их проведения на исследуемых месторождениях Удмуртии. Геологические причины недостижения дебита нефти после ГРП составляют 65%, что указывает на то, что в дальнейшем необходимо детальнее рассматривать данный вопрос.

Для решения указанных проблем необходимо учитывать расположение скважины на структурной карте. Рекомендуется подбор скважин в купольных частях поднятий, не на периферии, не стоит выбирать ее около ВНК, так как структурные карты строятся методом интерполяции, точность которых составляет не 100%. Нужно учитывать переходную зону и фронт нагнетаемой воды, а также саму неоднородность пласта.



**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Рахимова Е.А., Красноперова С.А. Анализ выработки запасов по площади и разрезу (толщине) визейского объекта разработки Ельниковского месторождения // Управление техносферой: электрон. журнал, 2023. Т.6. Вып. 2. URL: <https://technosphere-ing.ru>. С. 249–258. DOI: 10.34828/UdSU.2023.62.74.010.
2. 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
3. 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. URL: <https://technosphere-ing.ru> С. 40–51. DOI: 10.34828/UdSU.2023.79.34.005
4. Бутьянов Д.А., Приходько М.Г. Гидроразрыв пласта в низкопроницаемых коллекторах как один из наиболее эффективных методов увеличения флюидоотдачи пласта // Наука. Новое поколение. Успех: материалы IV международной научно-практической конференции. Краснодар, 2023 (28 апреля 2023 г.). Краснодар: издательство «Новация», 2023. С. 78 – 80.
5. Тюкавкина О.В. Изучение литологических и промысловых характеристик пласта-коллектора после проведения гидроразрыва пласта на месторождениях Сургутского свода // Георесурсы. 2013. № 5 (55). С. 19 – 21.
6. Сазонов Е.О., Хабибуллин И.Л. Типовые кривые забойного давления для скважины с вертикальной трещиной гидроразрыва пласта с учётом скин-эффекта // Материалы XII научно-практической конференции «Математическое моделирование и компьютерное технологии в процессах разработки месторождений». 2022. С. 147-156.
7. Паняк С.Г., Аскеров А.А., Юсифов Т.Ю. Гидроразрыв пласта – эффективный метод доизвлечения запасов нефти // Журнал «Известия высших учебных заведений. Нефть и газ». 2011. №5. С.56 – 59.
8. Cinco-Ley H., Samaniego V.F. Transient Pressure Analysis for fractured wells // J. Petrol. Technol. 1981. V. 33, No. 9. P. 1749-1766.
9. Анализ эффективности ГРП, ПАО «Удмуртнефть», Ижевск, 2022 г.

10. Трифонова О.Н. Трассерные исследования как дополнительный инструмент оптимизации системы разработки. Томск. 2017 г.

Поступила в редакцию 14.11.2023

***Сведения об авторах***

*Рахимова Елена Арсеньевна*

Студент, 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: [erahimova942@gmail.com](mailto:erahimova942@gmail.com)

*Красноперова Светлана Анатольевна*

кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры геологии нефти и газа Удмуртского государственного университета, 426034, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, Россия.

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

*E.A. Rakhimova, S.A. Krasnoperova*

## MINIMIZATION OF RISKS OF FAILURE TO ACHIEVE THE PLANNED PRODUCTION RATE AFTER HYDRAULIC FRACTURING

**Annotation.** The article analyzes the reasons of unsuccessful geological and technical measures (GTM), in particular hydraulic reservoir fracturing (hydrofrac), on the example of oil fields of the Udmurt Republic. The ratio of the number of wells with effective hydraulic fracturing to the total number of wells, which is  $\geq 80\%$ , is noted. Also the reasons of failure to achieve oil flow rate after hydraulic fracturing at the studied fields have been determined, among which there are: geological, organizational, technological. It was revealed that the greatest share falls on geological reasons - 65%, a significant share of which are non-confirmation of saturation by well log survey and lithological heterogeneity. In order to solve these problems and increase the share of successful hydraulic fracturing, it is proposed to conduct additional research and develop effective criteria for selecting geological and technical measures of hydraulic fracturing. It is also recommended to carry out effective selection of wells in the dome parts of the uplifts rather than in the periphery.

**Keywords:** field, geological and technical measures (GTM), hydraulic fracturing, selection criteria, efficiency.

*For citation:* Rakhimova E.A., Krasnoperova S.A. [Minimizing the risks of not reaching the planned flow rate after hydraulic fracturing] *Upravlenie tekhnosferoi*, 2024, vol. 7, issue 1. (In Russ.). Available at: <https://technosphere-ing.ru/> pp. 82–94. DOI: 10.34828/UdSU.2024.56.87.007.

## REFERENCES

1. Rakhimova E.A. Krasnoperova S.A. Analiz vyrabotki zapasov po ploshchadi i razrezu (tolshchine) vizeiskogo ob"ekta razrabotki El'nikovskogo mestorozhdeniya [Analysis of reserves production by area and section (thickness) of the Viseysky development facility of the Yelnikovsky deposit]. *Upravlenie tekhnosferoi [Management of the technosphere]: elektron. zhurnal*, 2023, vol.6, issue.2. Available at: <https://technosphere-ing.ru> pp. 249–258. DOI: 10.34828/UdSU.2023.62.74.010. (In Russ.).
2. 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 [Management of the technosphere]: elektron. zhurnal*, 2022, vol.5, issue.1. Available at: <https://technosphere-ing.ru> pp. 43 – 52. DOI: 10.34828/UdSU.2022.73.76.005 (In Russ.).

3. Pankova M.M., Krasnoperova S.A. Perspektivy razrabotki vereysko-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 [Management of the technosphere]: elektron. zhurnal*, 2023, vol.6, issue.1. Available at: <https://technosphere-ing.ru/> pp. 40–51. DOI: 10.34828/UdSU.2023.79.34.005(In Russ.).
4. But'yanov D.A., Prikhod'ko M.G. Gidrorazryv plasta v nizkopronitsaemykh kollektorakh kak odin iz naibolee effektivnykh metodov uvelicheniya flyuidootdachi plasta [Hydraulic fracturing in low-permeability reservoirs as one of the most effective methods of increasing reservoir fluid recovery Nauka]. *Novoe pokolenie. Uspekhi: materialy IV mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. [A new generation. Success: proceedings of the IV International scientific and practical conference]. Krasnodar, 2023 (April 28, 2023). Krasnodar: izdatel'stvo «Novatsiya», Publ., 2023, pp. 78 – 80. (In Russ.).
5. Tyukavkina O.V. Izuchenie litologicheskikh i promyslovykh kharakteristik plasta-kollektora posle provedeniya gidrorazryva plasta na mestorozhdeniyakh Surgut'skogo svoda [Studying the lithological and commercial characteristics of the reservoir formation after hydraulic fracturing at the deposits of the Surgut arch]. *Georesursy [Georesources]*, 2013, no. 5 (55), pp. 19 – 21.
6. Sazonov E.O., Khabibullin I.L. Tipovye krivye zaboynogo davleniya dlya skvazhiny s vertikal'noi treshchinoi gidrorazryva plasta s uchetom skin-effekta [Typical bottom-hole pressure curves for a well with a vertical fracturing fracture, taking into account the skin effect]. *Materialy XII nauchno-prakticheskoi konferentsii «Matematicheskoe modelirovanie i komp'yuternoe tekhnologii v protsessakh razrabotki mestorozhdenii»*. [Materials of the XII scientific and practical conference "Mathematical modeling and computer technologies in the processes of field development"]. 2022, pp.147 – 156. (In Russ.).
7. Panyak S.G., Askerov A.A., Yusifov T.Yu. Gidrorazryv plasta – effektivnyi metod doizvlecheniya zapasov nefti [Hydraulic fracturing is an effective method of recovery of oil reserves]. *Zhurnal «Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. [Neft' i gaz». Journal "Izvestia of higher educational institutions. Oil and gas"*. 2011, no.5, pp. 56 – 59. (In Russ.).
8. Cinco-Ley H., Samaniego V.F. Transient Pressure Analysis for fractured wells, *J. Petrol. Technol.* 1981, vol. 33, no. 9, pp. 1749 – 1766.

9. *Analiz effektivnosti GRP*. [Analysis of hydraulic fracturing efficiency], PAO «Udmurtneft'», Izhevsk, 2022. (In Russ.).
10. Trifonova O.N. *Trassernye issledovaniya kak dopolnitel'nyi instrument optimizatsii sistemy razrabotki*. [Tracer studies as an additional tool for optimizing the development system]. Tomsk. 2017. (In Russ.).

Received 14.11.2023

### ***About the Authors***

*Rakhimova Elena Arsenyevna*

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: [erahimova942@gmail.com](mailto:erahimova942@gmail.com)

*Krasnoperova Svetlana Anatolyevna*

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)