



## ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ ОТ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

<sup>1</sup>М.А. Ковалёва, <sup>1</sup>В.М. Мелкозеров, <sup>1</sup>Ю.Н. Безбородов,  
<sup>1</sup>Е.Д. Агафонов, <sup>1</sup>В.Г. Шрам, <sup>1</sup>Т.Н. Виниченко, <sup>1</sup>Д.А. Шупранов,  
<sup>1</sup>Н.Н. Лысянникова, <sup>1</sup>А.Е. Мельникова, <sup>2</sup>Ж.С. Шаршембиев

<sup>1</sup>Сибирский федеральный университет. Институт нефти и газа, г. Красноярск,  
<sup>2</sup>Таласский государственный университет, г. Талас, Кыргызская Республика

Представлены результаты получения и исследования свойств композита для ликвидации нефти и нефтепродуктов на водных акваториях при низких температурах на основе олигомера, полученного из карбамидной смолы, обработанного раствором полимеров в органическом растворителе. Сделан вывод о том, что предложенный композит имеет высокую степень очистки от нефти и нефтепродуктов, которая не изменяется при понижении температуры до  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

*Ключевые слова:* сорбенты, арктическая зона, устранение нефтеразливов, охрана окружающей среды, экосистема

Статья поступила в редакцию 08.07.2024, доработана 07.08.2024, принята к публикации 15.08.2024

## Cleaning of Water Surface from Oil and Oil Products in Arctic Conditions

<sup>1</sup>M.A. Kovalyova, <sup>1</sup>V.M. Melkozerov, <sup>1</sup>Yu.N. Bezborodov, <sup>1</sup>E.D. Agafonov, <sup>1</sup>V.G. Shram,  
<sup>1</sup>T.N. Vinichenko, <sup>1</sup>D.A. Shupranov, <sup>1</sup>N.N. Lysyannikova, <sup>1</sup>A.E. Melnikova,  
<sup>2</sup>Zh.S. Sharshembiev

<sup>1</sup>Siberian Federal University. Institute of Oil and Gas, 660041, Krasnoyarsk, Russia,  
<sup>2</sup>Talas State University, 724200 Talas, Kyrgyz Republic

The results of obtaining and studying the properties of the composite for elimination of oil and petroleum products on water areas at low temperatures on the basis of oligomer obtained from urea resin and treated with polymer solution in organic solvent are presented. It is concluded that the proposed composite has a high degree of purification from oil and petroleum products, which does not change when the temperature drops to  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

*Keywords:* sorbents, Arctic zone, elimination of oil spills, environmental protection, ecosystem

Received 08.07.2024, revised 07.08.2024, accepted for publication 15.08.2024

DOI: 10.18412/1816-0395-2024-11-10-14

Стратегия развития арктической зоны РФ определяет освоение новых нефтегазовых месторождений, а соответственно и обострение экологических проблем.

Добыча нефти на шельфе, а также ее транспортировка по водным акваториям сопровождаются рисками разливов в результате аварий, чрезвычайных ситуаций природного характера, криминальных врезок, военных действий и террористических актов.

Особенно опасны разливы нефти на водной акватории. Поскольку нефть легче воды, она растекается тонкой пленкой на значительную площадь. Уже через 10 мин после того, как в воде оказалась 1 т нефти, образуется нефтяное пятно площадью до  $12\text{ км}^2$ .

При этом наносится непоправимый ущерб всей водной и прибрежной экосистеме. В северных регионах он зачастую носит необратимый характер. Нефтяная пленка на поверхно-

сти воды изменяет состав спектра и интенсивность проникновения в воду света, нарушает обмен энергией, теплом, газами [1, 2].

Определяющий фактор для успешной ликвидации нефтеразливов — выбор наиболее рационального метода обезвреживания. В арктических условиях снижается эффективность использования отдельных методов, поэтому часто практикуют их комбинацию. Например, механические методы —

применение скиммеров, несмотря на универсальность и возможность всесезонного использования, не так эффективны для проведения операций локализации с водной поверхности. Для этого дополнительно задействуют сорбирующие боновые заграждения, позволяющие удерживать разлитую нефть. Недостаток данной технологии — ограниченная площадь сбора, так как бонны, как правило, крепятся к стационарным сооружениям, закрепляются на берегу или разворачиваются с судов.

Еще один метод ликвидации нефтеразливов в настоящее время — применение диспергирующих веществ. Считается, что при диспергировании нефти в воде образующиеся мелкие устойчивые капли менее опасны для птиц и морских обитателей и легче разрушаются микробиологическим путем. Однако эффективность диспергаторов резко снижается при понижении температуры, следовательно работа с ними не рациональна в арктических условиях. К тому же сами диспергирующие вещества зачастую небезопасны с точки зрения влияния на экосистему [3].

Контролируемое сжигание нефтяных пятен позволяет быстро удалить нефть на суше, снегу, льду, воде. Это оперативный способ уменьшения объемов разлитой нефти, достоинством которого также является возможность применения в открытых водах в морских ледовых условиях.

Недостаток данного метода — ограниченность его действия, которое возможно только при достаточном объеме нефти. Минимальная толщина нефтяной пленки для свежей, сырой нефти должна составлять не менее 2–3 мм, а водонефтяных эмульсий и тяжелых нефтей — до 10 мм. Изолированные плавучие льдины, трудности при поджоге, воздействие продуктов горения на окружающую среду также уменьшают коэффициент эффективности метода [4].



### Классификация сорбентов для нефти и нефтепродуктов

Classification of sorbents for oil and oil products

Наиболее широкими для ликвидации разлива нефти в условиях Арктики остаются механический и сорбционный методы, их развитие лежит в основе доступных и прогрессивных технологий и методов ликвидации.

На данный момент в мире для ликвидации разливов нефти производятся и используются более двух сотен различных сорбентов. Они имеют широкую классификацию (см. рисунок).

Наиболее распространена классификация по природе сорбента, включающая неорганические сорбенты, к которым относятся все виды глин, диатомитовые породы, песок, цеолиты, туфа, пемза и др. Именно глина и диатомиты составляют большую часть продуктов на рынке сорбентов в силу их низкой стоимости и возможности крупномасштабного производства. Природные органические и органоминеральные сорбенты — древесная щепа, опилки, модифицированный торф, шерсть, макулатура. Синтетические сорбенты (Elastec, Прайсорб, Релэнд, SpillSorb) чаще всего используются в стране с высокоразвитой промышленностью. В основе их изготовления лежит включение полипропиленовых волокон, формируемых в нетканые рулонные материалы различной толщины. Часто используют полиуретан, формованный полиэтилен с полимер-

ными наполнителями и другие виды пластика [5, 6].

На выбор сорбента для ликвидации техногенных проливов оказывает большое влияние время и стоимость доставки, очевидно, что наиболее доступны сорбенты, которые можно долго хранить без потери сорбционных свойств или производить непосредственно в регионе возникновения экологической проблемы. В этом случае предпочтительнее использовать полимерные сорбенты, имеющие значительный срок хранения, лучшие сорбционные характеристики и отличающиеся несложными технологиями получения.

Так как наиболее эффективными в качестве нефтесорбентов считаются пористые материалы, сейчас широко развивается линейка полимерных сорбентов на основе образования олигомера из карбамидной смолы. Макропоры и переходные поры в их структуре выполняют функцию транспортных каналов, которые заполняются нефтью и нефтепродуктами в зависимости от поглощающей способности, которая достигает до 60 кг нефти / кг сорбента. Такого рода сорбенты возможно использовать для сбора на водной поверхности нефти, нефтепродуктов, масляных жидкостей, водномасляных и топливных эмульсий [7, 8].

Сорбенты на основе карбамида проявляют себя как наи-

**Свойства полученного композита и прототипа**  
**Properties of the obtained composite and the prototype**

Показатель	Композит	Прототип
Сорбционная емкость, г нефти / г сорбента	30–35	40–45
Степень очистки поверхности от нефти, %:		
при +15 °С	90–98	60–70
при –40 °С	90–98	40–50
Десорбция, г нефти / г сорбента	1–2	7–10
Влагоемкость через 24 ч, г воды / г сорбента	1–2	6–10
Плаваемость, сут	более 14	7–10
Рабочая температура, °С	–50 + 150	–50 + 150
Способность к биоразложению сорбента	Да	Да
Длина гранул, мм / диаметр, мм	2–3/1–2	0,1–0,5 / 0,5

более эффективные средства ликвидации разливов нефтепродуктов. При этом сорбционная способность приведенных композиционных материалов на основе карбамида основана на капиллярном эффекте, который не позволяет собрать нефть и нефтепродукты в полном объеме, так как одновременно протекает и процесс десорбции, а значит при сборе пропитанного сорбата часть нефтепродуктов выделяется с поверхности сорбента. В результате на поверхности воды остаются углеводороды, которые продолжают наносить вред окружающей среде. Также у такого рода сорбентов большой коэффициент влагоемкости, а, следовательно, нанесенный на водную поверхность загрязненного участка сорбент дополнительно сорбирует и воду, вследствие чего происходит деструкция сорбата, он приобретает гелеобразное состояние, начинает частично терять плаваемость и, как правило, погружается на дно.

Еще одним недостатком имеющихся на рынке сорбентов на основе карбамида является мелкодисперсная структура, которая не позволяет точно наносить сорбент. При использовании они пылят и разносятся на дальние расстояния, тем самым увеличивая объемы необходимого для обработки материала. Эти обстоятельства еще более усугубляют экологическую обстановку,

что исключает возможность работы с ними в экстремальных арктических условиях [9, 10].

Помимо капиллярных механизмов на практике известны процессы, связанные с набуханием полимеров в нефти и нефтепродуктах.

В связи с этим представляется целесообразным обрабатывать сорбционные материалы на основе карбамида дисперсным раствором полимеров стереорегулярного типа, линейного или разветвленного строения.

В Сибирском федеральном университете на базе Института нефти и газа при участии института Севера и Арктики получен композит, сочетающий капиллярно-осмотические сорбционные механизмы и процессы набухания, что позволяет достичь наиболее эффективной очистки водной поверхностей от нефти и нефтепродуктов в условиях Арктики. Капиллярная сорбция эффективно осуществляется сорбентами на основе карбамида — ядром композита, а коагуляционные процессы за счет внешней оболочки — полимера.

В качестве прототипа принята композиция для полимерного сорбента, содержащая следующие компоненты, % по массе: карбамидоформальдегидную смолу 25–30; эмульгирующую стабилизирующую добавку 4–6; пенообразователь 3–5; хлорид сульфат тиосуль-

фат натрия, являющийся отходом производства диафена 10–13; пыль электрофильтров алюминиевого производства 8–14; кислотный отвердитель 9–12; вода — остальное (Пат. РФ № 2626207 С1).

В качестве покрытий применяются 7–15 % растворы полимеров в органическом растворителе. Для обработки могут быть использованы отходы производства синтетического каучука: структурированный полимер, образующийся в полимеризационных батареях, дегазаторах и сушильных агрегатах; высокопластичный полимер, забивающий оборудование; частично деструктурированный полимер или пластикат; загрязненный каучук, возникающий при очистке оборудования; коагулюм, формирующийся при получении латексов и эмульсионных каучуков; крошка каучука.

При подборе растворителей необходимо учитывать температуру их кипения, она должна находиться в диапазоне от 70 до 120 °С. При меньшей температуре для растворителей будет характерна повышенная испаряемость. Верхний температурный диапазон обусловлен необходимостью удаления остатков растворителя из предлагаемого материала путем высушивания композита при температуре 130–150 °С. По этому критерию подходят такие растворители, как бензол, толуол, этилацетат, метилэтилкетон, диэтилкетон, метилпропилкетон, изооктан, тетрахлорметан и н-бутанол, четыреххлористый углерод. Этилацетат, метилэтилкетон и н-бутанол были исключены в связи с их высокой растворимостью в воде. Остальные растворители исследованы на образование необходимой вязкой консистенции. Для этого 10 г полимера помещали в колбу с притертой крышкой и заливали растворителем. Лучшими растворителями в данном случае показали себя ароматические и галогенсодержащие углево-

дороды. Образцы в них растворялись в течение 1–2-х дней, образуя вязкие растворы желтоватого цвета.

Для состава композита использовалась карбамидоформальдегидная смола с классом эмиссии формальдегида не более 0,2 %.

Свойства полученного композита и прототипа адаптированы и определены на основании ГОСТ 33627-2015 и ТУ 214-10942238-03-95. Контроль содержания нефтепродуктов в воде осуществлялся методом ИК-спектрометрии. Анализировалась нефть Юрубчено-Тохомского месторождения. По своим свойствам она относится к типу особо легких (плотность 821 кг/м<sup>3</sup>), парафинистым (содержание парафина в среднем 1,95 %), маловязким (вязкость 8,36 мПа·с), малосмолистым (смолистость в среднем 4,84 %).

Результаты испытаний представлены в таблице.

Исследования характеристик полученных сорбирующих материалов показали, что в результате обработки сорбирующей основы полимерами незначительно снижается сорбционная емкость по сравнению с прототипом. При этом степень очистки от нефти и нефтепродуктов становится значительно выше и не изменяется при понижении температуры до -40 °С. Это связано с двойственным действием полученного сорбирующего материала. При контакте полимерных компонентов с углеводородами вокруг них начинают образовываться мицеллы, что увеличивает вязкость нефтепродуктов, преобразуя их в высоко-

пластичную массу, при этом происходят процессы образования плотных конгломератов, которые легко удаляются с поверхности механическим способом. В результате происходит растворение полимера, являющегося оболочкой гранул предложенного композита, а оставшаяся нефть и нефтепродукты поглощает ядро — сорбент на основе карбамида.

Улучшены такие характеристики, как плавучесть, десорбция, влагоемкость.

Еще одно преимущество полученных материалов — размер полученных гранул. В данном случае эмульсия полимера выступает в качестве связующего компонента, что позволяет осуществлять процесс микрокапсулирования. Это повышает размер и прочность гранул, при этом мелкодисперсная структура исходного сорбирующего олигомера преобразуется в среднedisперсную крошку в виде гранул, что уменьшает летучесть полученного композита по сравнению с прототипом и позволяет эффективно применять сорбирующий материал при порывах ветра.

В различных чрезвычайных ситуациях, связанных с разливами нефти и нефтепродуктов, в том числе в арктических условиях, необходим поиск оптимальных средств и методов для ликвидации последствий. Полученный композит может быть задействован при крупных разливах, условиях, когда требуется большой запас времени для сбора нефтепродуктов на водной поверхности.

Предложенный композит имеет улучшенные характери-

стики плавучести, десорбции, влагоемкости. При обработке загрязненных нефтепродуктами поверхностей практически предотвращаются процессы испарения нефтепродуктов, увеличивается общая степень очистки воды от нефти.

Эффективность данного композита не снижается при понижении температуры, что связано с двойственным действием, сочетающим коагуляционные процессы за счет внешней оболочки — полимера и процессов абсорбции за счет ядра — полимерного сорбента.

Сорбирующий композит является морозостойким, поддержание его физико-механических свойств возможно до -40 °С.

Полученный композит — нетоксичный и непатогенный материал, использующийся для ликвидации последствий разливов нефти и нефтепродуктов, не вызывает нарушения экологического равновесия в экосистемах и не оказывает вредного воздействия на биотипы различного трофического уровня.

Сорбирующий материал с сорбатом (нефтепродуктом) содержит до 95 % по массе жидких сорбированных нефтепродуктов. Его утилизацию возможно проводить путем создания твердого топлива, применимого в технике и в быту. Для этого необходима сушка и брикетирование.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о пригодности и эффективности разработанного композита для ликвидации крупных разливов нефти и нефтепродуктов в арктических условиях.

## Литература

1. Шрам В., Безбородов Ю., Ковалёва М., Шупранов Д., Агафонов Е., Гуров Н., Лысянникова Н., Кравцова Е., Шаршембиев Ж. Аспекты нормативно-правового регулирования в области экологического контроля объектов нефтяной промышленности Красноярского края. Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 8. С. 65–71.

## References

1. Shram V., Bezborodov Yu., Kovaleva M., Shupranov D., Agafonov E., Gurov N., Lysyannikova N., Kravtsova E., Sharshembiev Zh. Aspekty normativno-pravovogo regulirovaniya v oblasti ekologicheskogo kontrolya ob"ektov neftyanoi promyshlennosti Krasnoyarskogo kraya. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2023. T. 27. № 8. S. 65–71.

2. Апулу О.Г., Потравный И.М., Сухорукова И.В. Методы обоснования и выбора технологий рекультивации загрязненных нефтью земель. Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. № 6. С. 38–43.
3. Литвинец С.Г., Мартинсон Е.А., Кузнецов С.М. Сравнительная оценка эффективности твёрдых и жидких диспергентов в условиях моделирования разливов нефти и нефтепродуктов. Теоретическая и прикладная экология. 2022. Т. 1. С. 115–123.
4. Чернопятко С.А. Предотвращение и ликвидация морских разливов нефти в арктических условиях и обеспечение готовности к чрезвычайным ситуациям. Молодежь. Наука. Знание. 2012. Т. 1. С. 477–482.
5. Васильев С.И., Лапушова Л.А. Экологические аспекты деятельности нефтегазовой отрасли. Техника и технологии. 2016. Т. 9. С. 1366–1372.
6. Мелкозеров В.М., Васильев С.И., Журавлев Д.Н., Вильданов А.А., Шарипов И.А. Исследование свойств полимерных сорбентов различных модификаций, используемых для устранения нефтеразлизов на водных акваториях Арктической зоны. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2019. № 1. С. 49–54.
7. Аренс В.Ж. Проблемы нефтяных разливов и роль сорбентов в её решении. Нефть, газ и бизнес. 2000. № 5. С. 2–6.
8. Мелкозеров В.М. Полифункциональные полимерные сорбенты с резервом высоких потенциальных возможностей для ликвидации техногенного загрязнения водных акваторий, почв арктической зоны и континентального шельфа, обеспечивающие экологическую безопасность Северного морского пути и арктического кластера. Мелкозеров В.М.. Труды 14-й Междунар. конф. и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO/CIS Offshore 2019), Санкт-Петербург. СПб., Химиздат, 2019. С. 342–344.
9. Пат. 2626207 РФ. Композиция для полимерного сорбента и способ получения сорбента из композиции. МПК B01J20/26, B01J20/30. Мелкозеров В.М.; патентообладатель Мелкозеров В.М., заявитель ВГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет", №2016120749, заявл. 26.05.2016; опубл.24.07.2017. Бюл. № 21.
10. Пат. 2604370 РФ. Способ получения полимерного сорбента МПК B01J20/30/ В.М. Мелкозеров, С.И. Васильев, Т. Фишер. Заявитель и патентообладатель ВГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет", Мелкозеров В.М. № 2015137345/05, заявл. 01.09.2015; опубл. 10.12.2016.
2. Apulu O.G., Potravnyi I.M., Sukhorukova I.V. Metody obosnovaniya i vybora tekhnologii rekul'tivatsii zagryaznennykh нефть'yu zemel'. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2021. T. 25. № 6. S. 38–43.
3. Litvinets S.G., Martinson E.A., Kuznetsov S.M. Sravnitel'naya otsenka effektivnosti tverdykh i zhidkikh dispergentov v usloviyakh modelirovaniya razlivov nefiti i nefteproduktov. Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2022. T. 1. S. 115–123.
4. Chernopyatko S.A. Predotvrashchenie i likvidatsiya morskikh razlivov nefiti v arkticheskikh usloviyakh i obespechenie gotovnosti k chrezvychainym situatsiyam. Molodezh'. Nauka. Znanie. 2012. T. 1. S. 477–482.
5. Vasil'ev S.I., Lapushova L.A. Ekologicheskie aspekty deyatel'nosti neftegazovoi otrasli. Tekhnika i tekhnologii. 2016. T. 9. S. 1366–1372.
6. Melkozerov V.M., Vasil'ev S.I., Zhuravlev D.N., Vil'danov A.A., Sharipov I.A. Issledovanie svoystv polimernykh sorbentov razlichnykh modifikatsii, ispol'zuemykh dlya ustraneniya nefterazlivov na vodnykh akvatoriyakh Arkticheskoi zony. Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse. 2019. № 1. S. 49–54.
7. Arens V.Zh. Problemy neftyanykh razlivov i rol' sorbentov v ee reshenii. Neft', gaz i biznes. 2000. № 5. S. 2–6.
8. Melkozerov V.M. Polifunksional'nye polimernye sorbenty s rezervom vysokikh potentsial'nykh vozmozhnostei dlya likvidatsii tekhnogennogo zagryazneniya vodnykh akvatorii, pochv arkticheskoi zony i kontinental'nogo shel'fa, obespechivayushchie ekologicheskuyu bezopasnost' Severnogo morskogo puti i arkticheskogo klastera. Melkozerov V.M.. Trudy 14-i Mezhdunar. konf. i vystavki po osvoeniyu resursov nefiti i gaza Rossiiskoi Arktiki i kontinental'nogo shel'fa stran SNG (RAO/CIS Offshore 2019), Sankt-Peterburg. SPb., Khimizdat, 2019. S. 342–344.
9. Pat. 2626207 RF. Kompozitsiya dlya polimernogo sorbenta i sposob polucheniya sorbenta iz kompozitsii. MPK B01J20/26, B01J20/30. Melkozerov V.M.; patentoobladatel' Melkozerov V.M., zayavitel' VGAOU VO "Sibirskii federal'nyi universitet", №2016120749, zayavl. 26.05.2016; opubl.24.07.2017. Byul. № 21.
10. Pat. 2604370 RF. Sposob polucheniya polimernogo sorbenta MPK B01J20/30/ V.M. Melkozerov, S.I. Vasil'ev, T. Fisher. Zayavitel' i patentoobladatel' VGAOU VO "Sibirskii federal'nyi universitet", Melkozerov V.M. № 2015137345/05, zayavl. 01.09.2015; opubl. 10.12.2016.

М.А. Ковалёва – канд. хим. наук, доцент, Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа, e-mail: lera0727@yandex.ru • В.М. Мелкозеров – канд. хим. наук, доцент, Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа, e-mail: lm2623367@mail.ru • Ю.Н. Безбородов – д-р техн. наук, зав. кафедрой, Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа, e-mail: Labsm@mail.ru • Е.Д. Агафонов – д-р техн. наук, профессор, Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа, e-mail: agafonov@gmx.de • В.Г. Шрам – канд. техн. наук, доцент, Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа, e-mail: shram18rus@mail.ru • Т.Н. Виниченко – ст. преподаватель, Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа, e-mail: tvinichenko82@mail.ru • Д.А. Шупранов – канд. техн. наук, доцент, Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа, e-mail: dimassio1@yandex.ru • Н.Н. Лысянникова – канд. техн. наук, доцент, Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа, e-mail: nataly.nm@mail.ru • А.Е. Мельникова – студентка, Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа, e-mail: no-reply@e.sfu-kras.ru • Ж.С. Шаршембиев – д-р техн. наук, ректор, Таласский государственный университет, e-mail: jyrgal.krtk@mail.ru

M.A. Kovalyova – Cand. Sci. (Chem.), Associate Professor, Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas, e-mail: lera0727@yandex.ru • V.M. Melkozerov – Cand. Sci. (Chem.), Associate Professor, Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas, e-mail: lm2623367@mail.ru • Yu.N. Bezborodov – Dr. Sci. (Eng.), Head of Department, Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas, e-mail: Labsm@mail.ru • E.D. Agafonov – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas, e-mail: agafonov@gmx.de • V.G. Shram – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas, e-mail: shram18rus@mail.ru • T.N. Vinichenko – Senior Lecturer, Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas, e-mail: tvinichenko82@mail.ru • D.A. Shupranov – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas, e-mail: dimassio1@yandex.ru • N.N. Lysyannikova – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas, e-mail: nataly.nm@mail.ru • A.E. Melnikova – Student, Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas, e-mail: no-reply@e.sfu-kras.ru • Zh.S. Sharshembiev – Dr. Sci. (Eng.), Rector, Talas State University, e-mail: jyrgal.krtk@mail.ru