
БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 504.75

DOI 10.25587/SVFU.2022.76.75.001

А. С. Пакшвер, Т. Е. Алексеева

О выбираемости жидких углеводов из водных растворов небольшой концентрации различными адсорбентами

Чукотский филиал Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова,
г. Анадырь, Россия
E-mail: chukotka@s-vfu.ru

Аннотация. Нефть представляет собой сложную смесь органических соединений. Один литр нефти покрывает поверхностной плёнкой полгектара поверхности воды. Попадая в водоёмы, нефть пагубно влияет на живые организмы и качество воды. Одним из источников загрязнения воды нефтепродуктами является автотранспорт. По состоянию на 1 января 2022 г. в стране числилось 59,6 млн зарегистрированных автомашин, для обслуживания которых открыто примерно 10 000 автомоек. С ростом количества автомобилей увеличивается количество автомоек, а, следовательно, растут и проблемы, связанные с использованной водой после мытья автомашин, в которой содержится примерно 20 мг/дм³ нефтепродуктов, а на мытьё одной машины в среднем расходуется около 200 дм³ воды. Для автомоек целесообразно использовать локальные очистные комплексы, разработке которых посвящается большое количество научных исследований. К методам очистки сточных вод относятся химические, биологические, физико-химические способы уменьшения вредных соединений. Перед подачей стоков на биофильтры их необходимо очистить от небольших количеств нефтепродуктов путём адсорбции с последующей фильтрацией. В качестве адсорбционных материалов для удаления жидких углеводов исследованы цеолит, древесные опилки, красная глина, активированный уголь, уголь, полученный из скорлупы грецких орехов. Выведено расчётное уравнение для определения содержания жидких углеводов в исследуемых водных растворах по величинам химического потребления кислорода (ХПК). Показано, что применение таких адсорбционных материалов, как цеолит, древесные опилки, глина красная уменьшает содержание жидких углеводов до величин, лимитирующих применение воды для хозяйственных целей. Использование углей, в том числе полученных из скорлупы грецких орехов, позволяет использовать обработанную воду для бытовых нужд. Проведённые исследования позволяют более активно использовать явление адсорбции с использованием дешёвых и доступных адсорбентов для локальной очистки воды на автомойках перед сбросом её в общую канализацию.

Ключевые слова: водный раствор жидких углеводов, сточные воды, автомойка, нефтепродукты, предельно допустимая концентрация, химическое потребление кислорода, сравнение адсорбентов, цеолит, активированный уголь, красная глина, скорлупа грецких орехов.

Для цитирования: Пакшвер, А. С. О выбираемости жидких углеводов из водных растворов небольшой концентрации различными адсорбентами / А. С. Пакшвер, Т. Е. Алексеева // Вестник СВФУ. 2022, №4(90). С. 5–13. <https://doi.org/10.25587/SVFU.2022.76.75.001>

A. S. Pakshver, T. E. Alekseeva

On the selectability of liquid hydrocarbons from aqueous solutions of small concentration by various adsorbents

Chukotka branch of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education

M.K. Ammosov NEFU, Anadyr', Russia

E-mail: chukotka@s-vfu.ru

Abstract. Oil is a complex mixture of organic compounds. One liter of oil covers half a hectare of water surface film. Once in water bodies, oil adversely affects living organisms and water quality. One of the sources of water pollution by oil products is motor transport. As of January 1, 2022, there were 59.6 million registered vehicles for maintenance in the country, for which approximately 10,000 car washes were opened. With the increase in the number of cars, the number of car washes increases, and, consequently, the problems associated with the used water after washing cars, which contains about 20 mg/dm³ of petroleum products, are growing, and on average, about 200 dm³ of water are consumed for washing one car. For car washes, it is advisable to use local treatment complexes, the development of which is devoted to a large number of scientific research. Methods of wastewater treatment include chemical, biological, physical-chemical methods to reduce harmful compounds. Before supplying effluents to biofilters, they must be cleaned of small quantities of oil products by adsorption followed by filtration. Zeolite, sawdust, red clay, activated carbon, and walnut shell coal have been studied as adsorption materials for removing liquid hydrocarbons. A calculated equation for determining the content of liquid hydrocarbons in the studied aqueous solutions by the values of chemical oxygen consumption (COD) is derived. It is shown that the use of such adsorption materials as zeolite, sawdust, red clay reduces the content of liquid hydrocarbons to values that limit the use of water for economic purposes. The use of coals, including those obtained from walnut shells, allows the use of treated water for fishery needs. The studies carried out allow more active use of the adsorption phenomenon with the use of cheap and available adsorbents for local water treatment at car washes before discharging it into the general sewerage system.

Keywords: aqueous solution of liquid hydrocarbons, waste water, car wash, petroleum products, maximum permissible concentration, chemical oxygen consumption, comparison of adsorbents, zeolite, activated carbon, red clay, walnut shells.

For citation: Pakshver, A. S. On the selectability of liquid hydrocarbons from aqueous solutions of small concentration by various adsorbents / A. S. Pakshver, T. E. Alekseeva // Vestnik of NEFU. 2022, No. 4(90). Pp. 5–13. <https://doi.org/10.25587/SVFU.2022.76.75.001>

Введение

Нефть и нефтепродукты являются наиболее распространёнными загрязняющими веществами в Мировом океане. Большие массы нефти поступают в моря по рекам, с бытовыми и ливневыми стоками.

Попадание нефти и её компонентов в окружающую среду вызывает изменение физических, химических и биологических свойств и характеристик природной среды обитания, нарушает ход естественных биохимических процессов. Любой из классов нефтепродуктов может стать вредной примесью, загрязняющей воду.

В небольших концентрациях нефтяные загрязнения могут влиять на вкус и запах воды, а при больших содержаниях они образуют гигантские нефтяные пятна и становятся причиной экологических катастроф.

Нефть представляет собой сложную смесь органических соединений, в состав которых входит углерод 82–87%, водород 11–15%, сера 0,4–0,7%; кислород, азот и другие элементы 1,5–2,6% [1]. Один литр нефти покрывает поверхностной плёнкой полгектара поверхности воды. Влияние нефти, керосина, бензина, мазута, смазочных масел на водоёмы проявляется в ухудшении физических свойств воды (замутнение, изменение цвета, вкуса, запаха), растворении в воде токсических веществ, образовании поверхностной плёнки, понижающей содержание в ней кислорода, а также осадке нефти на дне водоёма.

В незагрязнённых нефтепродуктами водных объектах концентрация естественных углеводов может колебаться в морских водах от 0,01 до 0,10 мг/дм³ и выше, в речных и озёрных водах от 0,01 до 0,20 мг/дм³, иногда достигая 1–1,5 мг/дм³. Содержание естественных углеводов определяется трофическим статусом водоёма и в значительной мере зависит от биологической ситуации в водоёме.

Загрязнения вод нефтепродуктами является актуальной на сегодня проблемой, так как оно оказывает, прежде всего, негативное влияние на здоровье человека. Более того, попадая в водоёмы, нефтепродукты пагубно влияют на живые организмы и качество воды [2].

Одним из источников загрязнения воды нефтепродуктами является автотранспорт. По состоянию на 1 января 2022 года в стране числилось 59,6 млн зарегистрированных автомашин, для обслуживания которых открыто примерно 10 000 автомоек [3]. По сравнению с 2020 г. в 2021 г. наблюдался прирост в денежном выражении от работы этого вида услуг со 135 млрд руб. до 141,7 млрд руб. (+4,97%). С ростом количества автомобилей увеличивается количество автомоек, а, следовательно, растут и проблемы, связанные с использованной водой после мытья автомашин, в которой содержится примерно 20 мг/дм³ нефтепродуктов, а на мытьё одной машины в среднем расходуется около 200 дм³ воды. Учитывая, что нефтепродукты относятся к веществам, которые с большим трудом окисляются на городских очистных сооружениях, есть необходимость очистки загрязнённых вод непосредственно на самом предприятии перед сбросом в городскую канализацию. Для этого применяют методы очистки воды: химические, биологические или физико-химические [4].

Химические методы очистки сточных вод используются в качестве доочистки перед или после применения биологических методов. Они используют такие процессы, как коагуляция, окисление, нейтрализация.

Биологические методы очистки. Под естественными методами подразумевается очистка за счёт использования природных процессов самоочищения в водной экосистеме. В зависимости от протекающих процессов различают системы аэробной и анаэробной биологической очистки. По характеру используемых биоценозов эти сооружения можно классифицировать на системы с активным илом, с биоплёнкой и комбинированные.

Физико-химическими методами очистки стоков считается адсорбция, ионный обмен, экстракция и др. При адсорбции в качестве сорбентов наиболее выгодно и эффективно использовать природные материалы.

Для автомоек целесообразно использовать локальные очистные комплексы, разработке которых посвящается большое количество научных исследований [5]. Перед подачей стоков на биофильтры их необходимо очистить от небольших количеств нефтепродуктов путём адсорбции с последующей фильтрацией.

Цель работы – выяснение возможности удаления нефтепродуктов из сточных вод автомоек небольшой концентрации с использованием различных адсорбентов и сравнение их между собой.

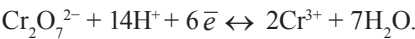
Материалы и методы исследования

Количественное содержание нефтепродуктов (смеси жидких углеводов в водном растворе) определяли по уравнению, полученному из калибровочной кривой, построенной

в координатах зависимости химического потребления кислорода (ХПК) от концентрации смеси жидких углеводородов в воде.

Химическим потреблением кислорода (ХПК) называют величину, характеризующую общее содержание в воде восстановителей (неорганических и органических), реагирующих с сильными окислителями. Её обычно выражают в единицах количества кислорода, расходуемого на окисление примесей в единице объёма воды или растворов (мг О/дм³) и определяют арбитражным методом [6].

Из предложенных в разное время окислителей наиболее эффективным и удобным в применении оказался бихромат калия в 18 н серной кислоте:



Химическое потребление кислорода (ХПК), выраженное числом миллиграммов кислорода на 1 дм³ раствора, вычисляют по формуле:

$$\text{ХПК} = [(a - b) \times C_{\text{н}} \times 8 \times 1\,000] / V, \text{ мг О/дм}^3,$$

где *a* – объём раствора соли Мора, израсходованного на титрование в холостом опыте, см³; *b* – объём того же раствора, израсходованного на титрование пробы, см³; *C_н* – молярная концентрация эквивалента титрованного раствора соли Мора, моль/дм³; *V* – объём воды, взятой на анализ, см³; 8 – молярная масса эквивалента кислорода, г/моль; 1 000 – переводной множитель.

Так как в состав нефтепродуктов входят элементы восстановители – азот, сера, а также углерод с промежуточной степенью окисления, содержащиеся также в аминокислотах, этот метод анализа, очевидно, можно успешно применять для количественной оценки содержания в водном растворе веществ этих классов. Причём окисление органических веществ в условиях анализа идёт до образования двуокиси углерода и воды, а азот выделяется газообразно или превращается в аммонийные соли.

Исследовано влияние длины углеводородной цепочки на показатели ХПК водных растворов аминокислот известного химического состава глицина, β – аланина и пролина. Для каждого раствора аминокислот построены калибровочные графики и выведены расчётные уравнения зависимости ХПК от концентрации аминокислот (табл. 1).

Для 1 м растворов глицина, β – аланина и пролина наблюдается прямолинейная зависимость между ХПК растворов и молекулярной массой аминокислот (табл. 1). Это объясняется тем, что с ростом молекулярной массы увеличивается число углеродных атомов с промежуточной степенью окисления, которые увеличивают восстановительную активность этих соединений.

Таблица 1

Расчётные уравнения ХПК исследуемых водных растворов аминокислот

Table 1

Calculation Equations for COD of Tested Aqueous Solutions of Amino Acids

Вещество	ХПК, мг О/дм³
Глицин NH ₂ –CH ₂ –COOH M = 75 г/моль	50 000 * C _м
В-аланин NH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –COOH M = 89 г/моль	85 000 * C _м
Пролин C ₅ H ₉ O ₂ N M = 115 г/моль	157 000 * C _м

Для построения калибровочного графика зависимости ХПК от содержания жидких углеводородов в воде готовили исходный раствор с концентрацией 24 мг/дм³. Жидкие углеводороды вносили в мерную колбу с водой по каплям из микропипетки. При разбавлении в 10 раз этого раствора получали исходный раствор для построения калибровочного графика с концентрацией 2,4 мг/дм³. Уменьшение концентрации каждого последующего раствора в два раза получали за счёт разбавления предыдущего раствора. В результате получена серия растворов с концентрацией 1,2; 0,6; 0,3 мг/дм³.

Для определения полуширины доверительного интервала этого вида анализа относительно содержания жидких углеводородов в воде для раствора с концентрацией 3,0 мг/дм³ проведено пять параллельных определений ХПК. Полуширина доверительного интервала рассчитана по формуле:

$$\Delta \bar{x} = t_{p,f} \cdot S / \sqrt{n},$$

где $t_{p,f}$ – коэффициент нормированных отклонений (коэффициент Стьюдента, функция Стьюдента, критерий Стьюдента), который зависит от доверительной вероятности P (доверительную вероятность чаще всего принимают равной $P = 0,95 = 95\%$ и обозначают как $P_{0,95}$) и числа степеней свободы $f = n - 1$, т. е. от числа n проведённых определений. Стандартное отклонение S (или среднее квадратическое отклонение) – характеристика рассеяния вариант относительно среднего. Она рассчитывается как корень квадратный из дисперсии V , взятый со знаком плюс:

$$S = + \sqrt{V} = + [\sum (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)]^{0,5}.$$

Очевидно, $V = S^2$. Стандартное отклонение S , как и дисперсия V , характеризует воспроизводимость количественного анализа.

С учётом метрологических параметров для раствора жидких углеводородов в воде с концентрацией 0,3 мг/дм³ получено уравнение

$$\overline{ХПК} \pm \Delta \overline{ХПК} = 1785 \pm 37, \text{ мг О/ дм}^3.$$

В табл. 2 приведены экспериментальные данные значений ХПК для растворов жидких углеводородов в воде различной концентрации.

Таблица 2

Экспериментальные данные значений ХПК для растворов жидких углеводородов в воде различной концентрации

Table 2

Experimental data on COD values for solutions of liquid hydrocarbons in water of various concentrations

№	Содержание жидких углеводородов в воде, мг/дм ³	$\overline{ХПК} \pm \Delta \overline{ХПК}$, мг О/ дм ³
1.	0,3	1785 ± 37
2.	0,6	3570
3.	1,2	7140
4.	2,4	14280



Рис. Получение адсорбента из скорлупы грецких орехов
Fig. Obtaining an adsorbent from walnut shells

На основании данных табл. 2 построен калибровочный график зависимости ХПК растворов жидких углеводородов от концентрации жидких углеводородов в воде. На основании графика выведено расчётное уравнение определения ХПК:

$$\text{ХПК} = 5950 \times C, \text{ мг О/дм}^3, \quad (1)$$

где C – концентрация жидких углеводородов в воде, мг/дм^3 .

Из рассмотренных методов очистки водных растворов от примесей наиболее привлекательным является метод адсорбции [7–9]. В качестве адсорбентов использовали цеолит, древесные берёзовые опилки, глину красную, активированный уголь, адсорбент, полученный из скорлупы грецких орехов. В химический состав цеолита входят оксиды кремния (71,5%), алюминия (13,1%), на остальные оксиды железа, марганца, магния, кальция, натрия, калия, фосфора приходится 15,4%. Глина красная состоит из оксидов кремния (47%), алюминия (39%) и воды (10%).

Адсорбент из скорлупы грецких орехов получали на открытом воздухе в результате горения с последующим растиранием полученных углей в фарфоровой ступке (рис.).

Кроме адсорбентов для удаления из растворов жидких углеводородов можно использовать облучение растворов ультрафиолетом с длиной волны 254 нм [9].

Для исследования мономолекулярной адсорбции жидких углеводородов адсорбцию из раствора вычисляют по уравнению [10]:

$$a = \frac{V \times (C_o - C_\tau)}{m}, \frac{\text{мг}}{\text{г}},$$

где V – объём раствора, из которого происходит адсорбция, дм^3 ; C_o – начальная концентрация адсорбтива, мг/дм^3 ; C_τ – концентрация адсорбтива на момент времени τ , мг/дм^3 ; m – масса адсорбента, г.

Для сравнения действия различных адсорбентов на мономолекулярную адсорбцию жидких углеводородов в каждый раствор объёмом $0,1 \text{ дм}^3$ помещали по 5 г адсорбентов и перемешивали каждый раствор в течение одного часа на магнитной мешалке. Через один час в фильтрате определяли ХПК растворов и рассчитывали остаточную концентрацию жидких углеводородов. Исходное содержание жидких углеводородов в воде определяли по навеске. После обработки определяли ХПК фильтрата и C рассчитывали по уравнению (1) зависимости ХПК раствора от концентрации жидких углеводородов в воде.

$$C = \frac{\text{ХПК}}{5950}, \text{ мг/дм}^3.$$

Результаты эксперимента представлены в табл. 3.

Таблица 3

Концентрация жидких углеводородов в воде до и после обработки различными адсорбентами

Table 3

The concentration of liquid hydrocarbons in water before and after treatment with various adsorbents

Наименование адсорбента	Содержание жидких углеводородов до обработки, мг/дм ³	Показатели растворов жидких углеводородов после обработки	
		ХПК растворов после обработки, мг О/ дм ³	Содержание жидких углеводородов после обработки, мг/дм ³
1	2	3	4
Древесные опилки	23	1190	0,20 (99,13%)
Цеолит	19	1071	0,18 (99,05%)
Глина красная	24	892	0,15 (99,37%)
Уголь активированный	23	327	0,055(99,76%)
Уголь из скорлупы грецких орехов	24	286	0,048(99,80%)

Как видно из табл. 4 (графа 4), для всех адсорбентов характерна высокая выбираемость жидких углеводородов из водных растворов невысокой концентрации (> 99%).

Содержание жидких углеводородов в таком же объеме раствора с концентрацией 24 мг/дм³ после облучения в течение 120 мин. ультрафиолетом с длиной волны 254 нм уменьшается до 0,023 мг/дм³ (ХПК раствора 137, мг О/ дм³).

Результаты и обсуждение

ПДК жидких углеводородов в водных растворах составляет 0,3 мг/дм³

(органолептический), ПДК_{вр} = 0,05 мг/дм³ (рыбохозяйственный). Из табл. 4 видно, что все адсорбенты уменьшают содержание жидких углеводородов до величин, соответствующих показателю ПДК_в и только угли до величин ПДК_{вр}.

Особый интерес вызывает применение углей, полученных из скорлупы грецкого ореха. Процент чистого ядра в грецком орехе – около 30–35%. Соответственно из 3 кг целого, просушенного ореха можно получить 2 кг скорлупы. Как известно, в России грецкий орех растёт в смешанных лесах Краснодарского края, Крыма, Ростовской области, Кабардино-Балкарии, на юге Поволжья.

Таким образом, адсорбция представляет собой один из наиболее эффективных методов глубокой очистки от растворённых в воде жидких углеводородов небольшой концентрации, также как и облучение растворов ультрафиолетом. В результате удаления нефтепродуктов из водного раствора можно отправлять его на дальнейшую обработку и в каждом конкретном случае это должно решаться индивидуально.

Заключение

Установлено влияние длины углеводородного радикала на величину ХПК растворов аминокислот. С увеличением числа углеродных атомов-восстановителей в структуре аминокислот показатели ХПК растворов возрастают. Следовательно, по значениям ХПК можно определять и концентрацию жидких углеводородов-восстановителей в водных растворах небольшой концентрации.

Выведено расчётное уравнение определения содержания жидких углеводородов в водных растворах по величинам ХПК этих растворов.

Исследования проведены с модельными растворами, в которых концентрация жидких углеводородов приближена к реальной концентрации этого класса веществ в сточных водах автомоек.

Хорошие результаты с целью уменьшения концентрации жидких углеводородов получены при адсорбции на цеолите, древесных опилках, красной глине, а также с использованием активных углей и углях, полученных из скорлупы грецких орехов.

Показана возможность применения скорлупы грецких орехов как дешёвого и доступного адсорбента для локальной очистки стоков на автомойках нашей страны.

Л и т е р а т у р а

1. Ахметов, С. А. Технология переработки нефти, газа и твердых горючих ископаемых : учебное пособие / С. А. Ахметов. – Санкт-Петербург : Недра, 2009. – 832 с.
2. Панов, В. П. Экология : учебное пособие. Ч. 1 / В. П. Панов. – Санкт-Петербург : Петербург, 2000. – 104 с.
3. Отдельная статья в интернете (не в составе периодического издания). Статистические данные. Автостат: ёмкость авторынка России 2021.– URL: <https://www.asroad.org/stat/avtostat-emkost-avtorynka-rossii-2021/> (дата обращения: 06.10.2022).
4. Юмагулов, Н. И. Системы очистки и оборотного использования воды в отделении мойки автотранспортных средств / Н. И. Юмагулов, И. И. Файзуллин // Материалы II Международной научно-практической конференции. – Уфа : Уфимский государственный авиационный технический университет, 2015. – С. 260-264.
5. Даутова, С. Н. Очистка сточных вод автомойки с оборотным водоснабжением / С. Н. Даутова // Вестник магистратуры. – 2013. – № 5(20). – Йошкар-Ола. – С. 24-25.
6. Лурье, Ю. Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова. – Москва : Химия. – 1974. – 335 с.
7. Адсорбенты из неорганических техногенных отходов / В. В. Самонин, Е. А. Спиридонова, А. С. Зотов // Экология и промышленность России, 2021. – Т. 25. – № 12. – С. 15 – 23.
8. Темирханов, Б. А. Синтез высокоэффективных сорбентов из скорлупы грецкого ореха / Б. А. Темирханов, З. Х. Султыгова, Р. Д. Арчакова // Сорбционные и хроматографические процессы, 2012. – Т. 12, вып. 6. – С. 1025-1031.
9. Кофман, В. Я. Новые окислительные технологии очистки воды и сточных вод / В. Я. Кофман // Водоснабжение и санитарная техника. – Ч. 1. – 2013. – № 10. – С. 68-78.
10. Сумм, Б. Д. Основы коллоидной химии / Б. Д. Сумм. – [2-е изд., стер.] – Москва : Академия, 2007. – 240 с.

R e f e r e n c e s

1. Akhmetov, S. A. Technology of processing oil, gas and solid fossil fuels: study guide / S. A. Akhmetov. – St. Petersburg: Nedra, 2009. – 832 p.
2. Panov, V.P. Ecology: textbook. Part 1 / V. P. Panov. – St. Petersburg: Petersburg, 2000. – 104 p.
3. A separate article on the Internet (not part of a periodical). Statistical data. Autostat: Russian car market capacity 2021. – URL: <https://www.asroad.org/stat/avtostat-emkost-avtorynka-rossii-2021/> (date of access: 06.10.2022).
4. Yumagulov N. I. Systems of water treatment and recycling in the department of vehicle washing / N. I. Yumagulov, I. I. Fayzullin // Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. – Ufa : Ufa State Aviation Technical University, 2015. – P. 260–264.
5. Dautova, S. N. Wastewater treatment of a car wash with reverse water supply / S. N. Dautova // Bulletin of the Magistracy. – 2013. – No. 5(20). – Yoshkar-Ola. – P. 24–25.
6. Lurie, Yu. Yu. Chemical analysis of industrial wastewater / Yu. Yu. Lurie, AI Rybnikova. – Moscow: Chemistry. – 1974. – 335 p.

7. Adsorbents from inorganic industrial waste / V. V. Samonin, E. A. Spiridonova, A. S. Zotov // Ecology and Industry of Russia, 2021. – V. 25. – No. 12. – P. 15–23.
8. Temirkhanov, B. A. Synthesis of highly effective sorbents from walnut shells / B. A. Temirkhanov, Z. Kh. Sultygova, R. D. Archakova // Sorption and chromatographic processes, 2012. – Vol. 6. – P. 1025–1031.
9. Kofman, V. Ya. New oxidation technologies for water and wastewater treatment / V. Ya. Kofman // Water supply and sanitary engineering. – Part 1. –2013. – No. 10. – P. 68–78.
10. Summ, B. D. Fundamentals of colloidal chemistry / B. D. Summ. – [2nd ed., ster.] – Moscow: Academy, 2007. – 240 p.

ПАКШВЕР Анна Сергеевна – к. т. н., доцент кафедры общих дисциплин Чукотского филиала СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: pakshver@mail.ru

PAKSHVER Anna Sergeevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "General Disciplines" of the Chukotka branch of the M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

АЛЕКСЕЕВА Туяра Егоровна – к. т. н., доцент кафедры общих дисциплин Чукотского филиала СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: alexseevate@mail.ru

ALEKSEEVA Tuiara Egorovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "General Disciplines" of the Chukotka branch of the M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.