

Возможности применения беспилотных летательных аппаратов в области мониторинга нефтегазопроводов и других объектов нефтегазовой промышленности

А. М. Сангалиев, А. М. Делахова

СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

Аннотация. Нефтяные и газовые трубопроводы требуют постоянного мониторинга и технического обслуживания, а также обеспечения их безопасности для раннего выявления и предотвращения возможного отказа оборудования и аварий на линиях трубопроводов. Целью работы является анализ возможности применения беспилотных летательных аппаратов на нефтегазовых месторождениях и промышленных объектах Республики Саха (Якутия). Актуальность выбранной темы заключается в стремительном развитии технологии беспилотных летательных аппаратов в Российской Федерации и неограниченной возможности применения этих устройств. Объектом исследования является сфера беспилотных летательных аппаратов, предмет исследования – применение БПЛА для идентификации разливов нефти. В данной работе были использованы эмпирические и экспериментально-теоретические методы исследования. В связи с технологическим прогрессом и созданием новых моделей БПЛА суровые климатические условия Якутии уже не являются помехой для применения этих устройств в регионе. Например, описанный в работе БПЛА от компании ZALA «ZALA Z-16», который способен работать в арктических условиях. Применение БВС в нефтегазовой промышленности необходимо для улучшения эффективности работы объектов НГП.

The potential of using unmanned aerial vehicles in monitoring oil and gas pipelines and other oil and gas industry facilities

A. M. Sangaliev, A. M. Delakhova

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Abstract. Oil and gas pipelines require constant monitoring and maintenance, as well as ensuring their safety for early detection and prevention of possible equipment failures and accidents at pipelines. The purpose of the work is to analyze the potential of using unmanned aerial vehicles in oil and gas fields and industrial facilities in the Sakha Republic (Yakutia). The relevance of the chosen topic lies in the rapid development of unmanned aerial vehicle technology in the Russian Federation and the unlimited possibilities of using these devices. The object of the study is the field of unmanned aerial vehicles. The subject of the study is the use of UAVs to identify oil spills. Empirical and experimental-theoretical research methods were used in this work. Due to technological progress and the creation of new UAV models, the harsh climatic conditions of Yakutia are no longer an obstacle to the use of these devices in this region. For example, the ZALA Z-16 UAV, described in the work, is capable of operating in Arctic conditions. The use of UAVs in the oil and gas industry is necessary to improve the efficiency of NGP facilities.

Keywords: oil and gas industry, UAV, drone, oil pipeline, monitoring, field, innovative technologies.

Введение

На сегодняшний день беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА) прочно укрепляются в повседневной жизни людей, например, используются в сельском хозяйстве для наблюдения за растениями, а также удобрения почвы и оценки урожайности и опрыскивания сельскохозяйственных культур [12].

Функциональное назначение этих устройств многообразно в широком применении гражданских, отраслевых и военных задач, которое включает в себя мониторинг, использование в картографировании местности, сканирование промышленных участков, доставку почту и так далее в зависимости от их технического оснащения и возможностей конструк-

ции устройств. Данные устройства широко применяют при оказании помощи в чрезвычайных ситуациях. Аппараты помогают в обнаружении, локализации и тушении лесных пожаров, а также могут быть использованы для определения местоположения горячей точки, прорывов при пожаре, а также для доставки воды на пострадавший участок [13]. Кроме сферы борьбы с чрезвычайными ситуациями беспилотники также применяют в строительстве, архитектуре, растениеводстве, киносъемке и военном деле.

В настоящее время развитие конструкторских решений БПЛА в Российской Федерации идет большими темпами. По самым скромным оценкам, российский рынок БПЛА в 2023 г. вырос на 129 % по сравнению с 2022 г. и достиг отметки в 33,7 млрд рублей. Стоит отметить, что основная часть является результатом продаж спецтехники для нужд СВО.

Рынок беспилотных летательных аппаратов в гражданском секторе вырос на 35 % до 19,8 млрд рублей. В среднем экспертная оценка выручки компаний от продаж БПЛА на гражданском рынке в 2023 г. по сравнению с 2022 г. выросла на 55 %, а от реализации услуг с применением БПЛА – на 14 %. В конце 2024 года прогнозируемый объем российского рынка может вырасти до 49,4 млрд рублей.

Одной из актуальных сфер современного применения БПЛА является нефтегазовая промышленность. Топливоно-энергетический комплекс в экономике Российской Федерации занимает существенное место и играет роль базовой инфраструктуры, основы формирования доходов бюджетной системы Российской Федерации и крупнейшего заказчика для других отраслей [2].

Использование БПЛА в нефтегазовой отрасли

Использование беспилотных летательных аппаратов открывает множество возможностей для нефтегазовых компаний от подготовки к съемкам до мониторинга буровых установок, трубопроводов и факелов, а также для мониторинга утечек [3]. Основной задачей использования БПЛА в нефтегазовой отрасли является поиск и обнаружение «аварий» на промышленных объектах (рис. 1).

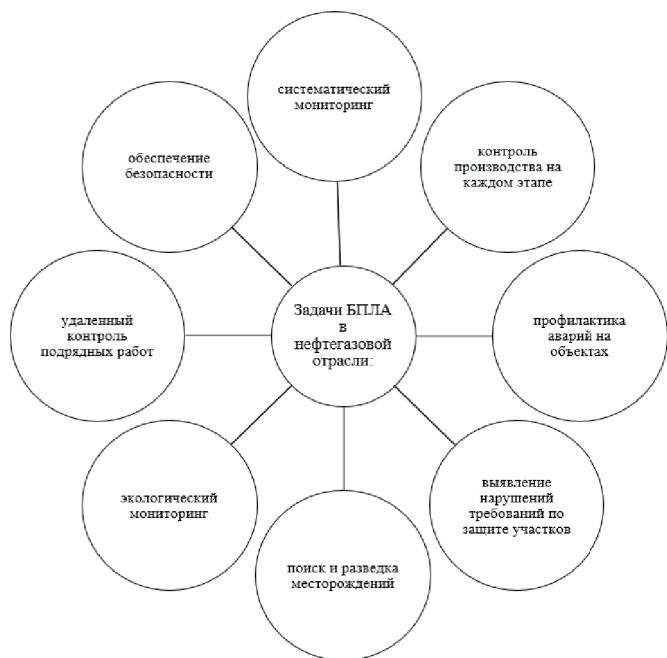


Рис. 1. Основные задачи БПЛА в нефтегазовой отрасли

Хотелось бы отметить то, что инспекция состояния нефте- и газопроводов – одна из самых сложных задач, с которыми приходится сталкиваться сотрудникам российских нефтяных компаний. Трубопроводы имеют протяженность в сотни километров и часто проходят через труднодоступные участки местности, что существенно затрудняет их постоянный наземный осмотр и контроль этих объектов. В некоторых местах, где наземный осмотр невозможен для обследования трубопроводов используются вездеходы и вертолеты. Следует отметить то, что такие методы инспекции трубопроводов считаются малоэффективными при их высокой стоимости, что связано с необходимыми затратами содержания предприятий нефтегазовой отрасли взлетно-посадочных полос и парка собственных вездеходов.

Беспилотные летательные аппараты различного типа, имеющие либо встроенное, либо навесное специализированное оборудование, могут заниматься осмотром. Например, обследование нефтегазопроводов, факельных установок, а также других промышленных объектов на предприятии в целях профилактики аварий на нефтяных и газовых трубопроводах.

Понятием «авария на нефтепроводе» обозначают разлив нефти в результате полного разрушения или частичного повреждения магистрального нефтепровода. Разгерметизация такой трубы может привести к крупной промышленной катастрофе, загрязнению почвы и водных ресурсов. Вся записанная на БПЛА информация может храниться на карте памяти внутри самого прибора, либо по желанию оператора синхронно записывать и передавать данные на пульт управления.

Факельные установки на нефтеперерабатывающих заводах достигают высоты более 100 метров. Инспекция таких сооружений с помощью людей является большим риском. Беспилотные летательные аппараты вертолетного или мультироторного типа может спокойно подлететь даже к работающему факелу. Современные беспилотники чаще всего имеют уже встроенную продвинутую камеру с оптическим зумом и тепловизором [3].

Таким образом, по сравнению с традиционными методами проверки и инспекции промышленной инфраструктуры нефтегазовой отрасли использование БПЛА направлено на существенное снижение рисков, связанных с авариями на объектах (рис. 2) и обеспечение их безопасности от несанкционированных действий третьих лиц.

Возможность осмотра труднодоступных конструкций из воздуха оказывается очень полезна. Можно обнаружить наличие коррозии, отсутствие каких-то необходимых элементов (например, заглушек, защитных кожухов), а также проверить целостность крепежных элементов (гаек на болтах, изоляции кабелей).

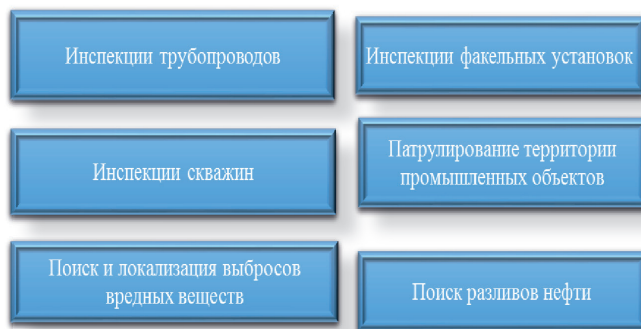


Рис. 2. Типы операций осуществляемые с помощью БПЛА

Источник: <https://zala-aero.com/news/mnogofunkcionalnyj-bvs-zala-z-16-arc-tic-projdet-ispytaniya-v-antarktike/>

Беспилотники способны успешно обнаруживать превышение допустимой концентрации вредных веществ (газов и химикатов). Специально для дронов разработана аппаратура со сверхчувствительными параметрами, так что выявлять потенциальную опасность для окружающей среды аппараты могут даже при работе за периметром объекта [5].

Кроме перечисленных операций БПЛА, можно отметить использование данных устройств для тепловизионной съемки с использованием инфракрасных датчиков. Инфракрасная фотография – это техника фотосъемки, в которой используется специальная фото-пленка или матрица цифрового фотоаппарата, чувствительные к инфракрасному световому излучению; используется специальный фильтр, который пропускает инфракрасный свет, но блокирует видимую часть спектра [5].

Тепловизионная съемка, выполненная с помощью БПЛА, помогает обеспечить безопасность трубопроводов, выявить утечку и незаконные врезки в нефтепроводы, увидеть лиц находящиеся на охраняемой территории, объекты, которые оказались в охранной зоне нефтепроводов. Все это возможно наблюдать в любое время суток.

Приведем пример применения беспилотных летательных аппаратов нефтегазовыми компаниями «Роснефть» и «Газпром». С помощью дистанционного лазерного сканера и видеокамеры высокого разрешения, установленных на беспилотных летательных аппаратах, будет проводиться мониторинг на объектах подготовки и транспортировки нефти и газа на ключевых добывающих предприятиях «Роснефти», таких как: «Самаранефтегаз», «Башнефть-Добыча», «Удмуртнефть» и др.

Использование беспилотных летательных аппаратов для контроля уровня парниковых газов позволит проводить мониторинг на отдаленных, труднодоступных производственных площадках. В 2021 г. компанией был проведен воздушный мониторинг около 290 производственных объектов и 8,5 тыс. км газопроводов.

С 2019 г. «Роснефть» систематически реализует комплексную программу по сокращению выбросов парниковых газов. Расширение этой программы, а также использование беспилотных летательных аппаратов, лазерных и тепловизионных приборов, ультразвуковых детекторов способствуют выполнению задач по минимизации воздействия на окружающую среду.

В 2022 г. компания продолжила разработку технологии обнаружения выбросов метана с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и средств наземного мониторинга.

В рамках программы 341 объект в 24 горнодобывающих компаниях группы был обследован с помощью БПЛА и 525 объектов с помощью наземных приборов мониторинга. В результате был разработан комплекс мероприятий по эффективной ликвидации выявленных источников выбросов метана.

«Газпромнефть» успешно испытала первый российский многофункциональный авиационный комплекс для геологоразведки. Дрон выполняет одновременно несколько видов геофизических исследований, которые ранее проводились исключительно с помощью самолетов или наземной техники.

Современное оборудование позволяет сократить затраты в 2 раза по сравнению с пилотируемой авиацией и ускорить сроки геологоразведочных работ в 50 раз по сравнению с наземными методами. Многофункциональный авиакомплекс способен проводить многоступенчатую магниторазведку, неглубокую электроразведку, аэрофотосъемку, а также контролировать полевые работы с помощью видеозаписи в видимом спектре и в инфракрасном диапазоне.

Некоторые из этих геофизических исследований проводились с использованием дрона впервые в России. Отказ от использования пилотируемой авиации при геологоразведоч-

ных работах позволит «Газпром нефти» существенно сократить затраты и сроки их проведения.

Беспилотный летательный аппарат способен обследовать территории площадью около 200 кв. км в день, в то время как наземные методы исследования за это же время охватывают лишь 4 кв. км [7].

Использование дронов эффективно практически во всех климатических условиях регионов присутствия «Газпромнефти», в том числе при температуре ниже -40°C , порывах ветра до 20 м/с, в дождь и снегопад с количеством осадков до 5. мм. Отдаленные территории обследуются с помощью дронов без непосредственного участия человека, что также повышает безопасность работ.

В 2019 г. «Газпромнефть» начала использовать дроны для многоэтапных аэромагнитометрических исследований. Масштабные испытания дронов на лицензионном участке Салымский-5 в Ханты-Мансийском автономном округе в начале 2021 г. показали, что они эффективны и в других исследованиях.

Широкое внедрение дронов снизит стоимость разведки новых активов, позволит использовать более широкий спектр методов аэрогеологической разведки и предоставит полный набор данных для разработки месторождений даже в условиях арктического климата [7].

В 2023 г. «Газпромнефть-Заполярье» подписала долгосрочное соглашение с ZALA о проведении воздушного наблюдения с помощью беспилотных летательных аппаратов на Иглынинском месторождении (Иркутская область) в условиях резко континентального климата.

Основной целью такого воздушного наблюдения будет надлежащий мониторинг состояния трубопроводного комплекса, обеспечение экологической безопасности производственных объектов, а также снижение затрат при эксплуатации в полевых условиях [7].

Опыт использования беспилотников компаниями «Роснефть» и «Газпром» следует применять на объектах и месторождениях нефтегазовой отрасли, расположенных в Республике Саха (Якутия) в сложных климатических условиях и с ограниченным транспортным сообщением.

Чаяндинское месторождение – одно из крупнейших на востоке нашей страны (рис. 3). Это месторождение является базой для формирования Якутского центра газодобычи и ресурсной базой для газопровода «Сила Сибири» [3].



Рис. 3. Местоположение Чаяндинского месторождения

С освоением этого месторождения создаются необходимые условия для газоснабжения и газификации населенных пунктов Республики Саха (Якутия) и других регионов Дальнего Востока.

Месторождение «Чаяндинское» было открыто в 1983 г. в Ленском районе Республики Саха (Якутия). Компания «Газпром» получила лицензию на разработку Чаяндинского месторождения в 2008 г. После получения лицензии компания провела ряд геологоразведочных работ.

Объем добытых запасов уникален – 1,2 трлн кубометров газа и 61,2 млн тонн нефти и конденсата.

Планируемая годовая мощность – 25 млрд куб. м газа. Газ месторождения имеет сложный состав, в котором содержится значительное количество гелия [3].

В 2014 г. началась добыча нефти на Чаяндинском месторождении. Добытая нефть поступает в нефтепровод «Восточная Сибирь – Тихий океан» (Восточная Сибирь). Добыча газа на месторождении началась в 2019 г. [3].

Для обслуживания Чаяндинского месторождения предлагается использовать технологию беспилотных летательных аппаратов. Сегодня в Российской Федерации развиваются компании, которые могут предложить оборудование, способное выдержать суровые климатические условия Республики Саха (Якутия).

В 2024 г. ZALA начнет испытания модели беспилотного летательного аппарата ZALA Z-16 в модификации ARTIC. Испытания проводятся в суровых условиях Антарктиды [5]. БПЛА ZALA Z-16 представляет собой беспилотный летательный аппарат, построенный по аэродинамической схеме «летающее крыло» и может выполнять задачи наблюдения в любое время суток при температуре от -40°C до +50°C на скоростях до 110 км/ч, с передачей видеоизображения высокой четкости в реальном времени [9].

Продолжительность полета более 4 часов, всепогодность и возможность оснащения самыми современными целевыми нагрузками делают эту модель универсальной для решения любых задач.

Модель может быть оснащена видеокамерой и тепловизором высокого разрешения, одновременно осуществляющими высокоточную аэрофотосъемку, выполняющими функции ретранслятора, определения объектов и координат наблюдения, а также сбора, обработки и накопления информации [9].

Заключение

Создание системы беспилотных воздушных судов – это одно из приоритетных направлений для развития Республики Саха (Якутия).

В Республике Саха (Якутия) беспилотные летательные аппараты активно используются для мониторинга лесных пожаров, подсчета площади ледовой и паводковой обстановки. В связи с этим планируется создать сеть дронопортов межпоселкового назначения, что позволит оптимизировать логистику для доставки грузов.

А также необходимо создание научно-испытательного центра по разработке и производству беспилотных летательных аппаратов. Благодаря этому проекту можно будет решить множество важных вопросов, таких как: мониторинг и тушение лесных пожаров, сельскохозяйственные работы, логистика, мониторинг промышленных объектов и т.д.

В 2024 г. начнется реализация плана по строительству научно-производственного центра развития БПЛА в Якутии. Будет выбрано место для строительства комплекса, где планируют организовать ремонтную базу, полигон для испытаний в экстремальных условиях, а также сборку БПЛА, адаптированную к низким температурам.

Тем не менее задействование беспилотников в арктических условиях имеет свои особенности, включая отсутствие связи и экстремальные перепады температур. В настоящее время, необходимо формирование практических рекомендаций по преодолению таких организационных барьеров и поиск альтернативных решений в адаптации конструкции аппаратов.

Например, корпус современного беспилотного летательного аппарата делают из легкого пластика (тонкий кевлар и т.п.). Эти элементы выдерживают огромные по силе удары, а также являются морозостойкими материалами. Аэрофотосъемочное оборудование также должно быть защищено от низких температур. Необходима установка оборудования, классом не уступающего приборам, которые устанавливаются на космические спутники. Вся электроника аппарата должна быть защищена от воздействия низких температур, влаги и т.п.

Самой сложной задачей является создание специализированного аккумулятора, способного переносить низкие температуры. Если температура окружающей среды уменьшается, это приводит к возрастанию вязкости электролита в аккумуляторе. Это, в свою очередь, приводит к увеличению внутреннего сопротивления аккумуляторной батареи, а соответственно, и полного сопротивления всей цепи БПЛА. Это приводит к уменьшению силы тока, что означает катастрофическое падение мощности аппарата.

Необходимо создание специализированных аккумуляторов с функцией подогрева для преодоления опасности влияния низких температур.

Подводя итоги, можно сказать, что беспилотные летательные аппараты могут кардинально изменить осуществление различных операций в нефтяной и газовой промышленности. Адаптированные под природно-климатические условия региона устройства БПЛА могут значительно снизить экономические затраты на проведение мониторинга различных объектов нефтегазового комплекса в труднодоступных и отдаленных местностях.

Можно с уверенностью утверждать, что применение беспилотных воздушных судов необходимо на объектах и месторождениях нефтегазовой отрасли Республики Саха (Якутия).

Литература

1. Gomez C., Green D., Small-Scale Airborne Platforms for Oil and Gas Pipeline Monitoring and Mapping. / Gomez C., Green D. // University of Aberdeen Report. – 2015. – 54 p. (Гомес С., Грин Д., Маломасштабные воздушные платформы для мониторинга и картографирования нефте- и газопроводов. / Гомес С., Грин Д. // Отчет Абердинского университета. – 2015. – С. 54.)
2. <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf> ;
3. <https://www.gazprom.ru/projects/chayandinskoye/>
4. <https://www.vedomosti.ru/ecology/climate/articles/2022/12/12/954783-metan-nedolgovechnii-nokovarnii>
5. <https://zala-aero.com/news/mnogofunkcionalnyj-bvs-zala-z-16-arctic-projdet-ispytaniya-v-antarktike/>
6. <https://zala-aero.com/news/revoljucija-v-razvedke-poleznyh-iskopaemyh/>
7. <https://zala-aero.com/news/zala-ukrepljaet-liderstvo-v-oblasti-aviamonitoringa/>
8. Sanders D. Using Drones for Pipeline Operations / Sanders D. // The Northeast ONG Marketplace. – 2015. – pp. 8–9. (Сандерс Д. Использование беспилотных летательных аппаратов для эксплуатации трубопроводов / Сандерс, Д. // Северо-Восточный рынок ОНГ. – 2015. – С. 8–9.)
9. BBC ZALA Z-16 включен в сертификат эксплуатанта – ZALA AERO – Беспилотные системы (БПЛА), беспилотные воздушные суда (БВС) (zala-aero.com)
10. Доклады и статьи ежегодной научно-практической конференции «Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами». Коломна, 2016. – 274 с.
11. Дроны (квадрокоптеры): применение на пожарах – URL: [fireman. clubhttps://fireman.club/statyi-polzovateley/drony-kvadrokoptyery-primenenie-napozharah/](https://fireman.club/statyi-polzovateley/drony-kvadrokoptyery-primenenie-napozharah/).

12. Сангалиев, А. М., Терютина, М. М. Экономическая выгода использования дронов в сельском хозяйстве / А.М. Сангалиев, М.М. Терютина // Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию образования Якутской АССР и 85-летию Первого президента РС(Я) М.Е. Николаева (Николаевские чтения). Якутск, 2022. С. 189–195.

13. Сангалиев, А. М., Терютина, М. М. Экономическая целесообразность использования дронов в тушении лесных пожаров / А.М. Сангалиев, М.М. Терютина // Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции в рамках «Северного форума – 2022». Новокузнецк, 2022. С. 396–432.

References

1. Gomez C., Green D., Small-Scale Airborne Platforms for Oil and Gas Pipeline Monitoring and Mapping. University of Aberdeen Report, 2015.

2. <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf> ;

3. <https://www.gazprom.ru/projects/chayandinskoye/>

4. <https://www.vedomosti.ru/ecology/climate/articles/2022/12/12/954783-metan-nedolgovechnii-nokovarnii>

5. <https://zala-aero.com/news/mnogofunkcionalnyj-bvs-zala-z-16-arctic-projdet-ispytaniya-v-antarktike/>

6. <https://zala-aero.com/news/revoljucija-v-razvedke-poleznyh-iskopaemyh/>

7. <https://zala-aero.com/news/zala-ukrepljaet-liderstvo-v-oblasti-aviamonitoringa/>

8. Sanders D. Using Drones for Pipeline Operations. The Northeast ONG Marketplace, 2015, pp. 8–9.

9. BVS ZALA Z-16 vključen v sertifikat ekspluatanta – ZALA AERO. Bespilotnye sistemy (BPLA), bespilotnye vozдушnye suda (BVS) (zala-aero.com)

10. Doklady i stat'i ezhegodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Perspektivy razvitiia i primeneniia kompleksov s bespilotnymi letatel'nymi apparatami», g. Kolomna, 2016.

11. Drony (kvadrokoptery): primeneniye na požharakh. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/drony-kvadrokoptery-primenenie-napozharah/>.

12. Sangaliev A. M., Teriutina M.M. Ekonomicheskaja vygoda ispol'zovaniia dronov v sel'skom khoziaistve. Sbornik nauchnykh statei po materialam Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posviashchennoi 100-letiiu obrazovaniia Iakutskoi ASSR i 85-letiiu Pervogo prezidenta RS(Ia) M.E.Nikolaeva (Nikolaevskie chteniia), 2022, pp. 189–195.

13. Sangaliev A. M., Teriutina M.M. Ekonomicheskaja tselesoobraznost' ispol'zovaniia dronov v tushenii lesnykh požharov. Sbornik nauchnykh statei po materialam Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii v ramkakh «Severnogo foruma – 2022», Novokuznetsk, 2022, pp. 396–432.

САНГАЛИЕВ Амир Музафарович – студент 2 курса Финансово-экономического института, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова.

E-mail: amir.sangaliev@mail.ru

SANGALIEV Amir Myzafarovich – 2nd-year student, Institute of Finances and Economics, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

ДЕЛАХОВА Анна Михайловна – к. э. н., доцент Финансово-экономического института, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова.

E-mail: anna.delakhova@mail.ru

DELA KHOVA Anna Mikhailovna – Cand. Sci. (Economics), Associate Professor, Institute of Finances and Economics, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.