



Международный журнал информационных технологий и
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

АНАЛИЗ КОНЦЕПЦИЙ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ

Жигалов А.А.

ФГАОУ ВО "СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА", Архангельск, Россия (163002, Архангельская область, город Архангельск, наб. Северной Двины, д.17), e-mail: dioic@yandex.ru

В настоящей статье мы рассматриваем различные концепции энергоснабжения, как традиционные, так и перспективные. К первым можно отнести дизель-генераторы и газотурбогенераторы, а ко вторым – солнечные, ветряные, гидро-электростанции, автономные ядерные реакторы, энергоснабжение с берега. Показаны положительные и отрицательные стороны различных вариантов обеспечения электроэнергией, а также возможные варианты их комбинирования.

Ключевые слова: Арктический шельф, энергоснабжение, нефтегаз, МНГС, ПДК.

ANALYZING CONCEPTS OF POWER SUPPLY FOR OFFSHORE OIL AND GAS FACILITIES ON THE ARCTIC SHELF

Zhigalov A.A.

LOMONOSOV NORTHERN (ARCTIC) FEDERAL UNIVERSITY, Arkhangelsk, Russia (163002, Arkhangelsk region, Arkhangelsk city, Severnaya Dvina embankment, 17), e-mail: dioic@yandex.ru

In this paper we review different concepts of energy supply, both traditional, and promising ones. To the former we can refer diesel generators and gas turbine generators, and the latter include solar, wind, hydroelectric, and autonomous nuclear reactors, power supply from the shore. The positive and negative aspects of different options of power supply, as well as possible variants of their combination.

Keywords: Arctic shelf, offshore, power supply, oil and gas, MOGS, SPU.

Одним из ключевых вопросов обеспечения электроэнергии на шельфе является потребная энергия для извлечения сырья. По данным [1] в зависимости от объекта нефтегазового промысла потребная мощность генерации электроэнергии должна составлять: на собственные нужды – 5...10 МВт, на извлечение скважинной продукции – 30...40 МВт, на компримирование газа – 250...300 МВт, на сжижение газа – 300...600 МВт.

Мы можем обозначить два основных подхода к решению данной проблемы. Первый – получение энергии по месту добычи, второй – ее передача с берега. Среди первых мы можем в свою очередь выделить традиционные и перспективные методы.

Наиболее традиционным источником энергии для процессов является установка силового блока на МНГС, в частности использование *дизель-генераторов (ДГ)* и *двухтопливных газовых турбин (ГТГ)*. Примером реализации такого подхода в отечественной практике является МЛСП «Приразломная» энергетический комплекс которой состоит из трех двухтопливных газотурбогенераторов номинальной мощностью 28,932 МВт. Годовой расход топливного газа (основное топливо) составляет 24 768,3 тыс. м³/год, годовой

расход дизельного топлива (вспомогательное топливо) для каждой установки – 1 140,8 т/год. Согласно информации, представленной в [2] одновременно в работе используется два ГТГ, один находится в резерве. Таким образом можно заключить, что мощности около 58 МВт достаточно для обеспечения эксплуатации МЛСП. Кроме того, энергетический комплекс платформы включает четыре аварийных дизель-генератора (ВДГ) номинальной мощностью 880 кВт, предназначенные для обеспечения нужд бурового комплекса при отсутствии энергоснабжения от ГТГ, расход ДТ составляет 19 т/год. Аварийный дизель-генератор (АДГ) номинальной мощностью 1500 кВт используется для аварийного питания, расход – 22 т/год. При сгорании топливного газа в газотурбогенераторах в атмосферу выделяются загрязняющие вещества: азота диоксид (азот (IV) оксид), азот (II) оксид (азота оксид), углерод оксид, сера диоксид, метан, бенз(а)пирен. При сгорании дизельного топлива в газотурбогенераторах в атмосферу выделяются азота диоксид (азот (IV) оксид), азот (II) оксид (азота оксид), углерод оксид, сера диоксид, углерод (сажа), бенз(а)пирен.

В зарубежной практике добычи на арктическом шельфе данный метод энергоснабжения с одной стороны до сих пор применяется, например, на месторождении Слейпнир, с другой – норвежские добычные комплексы активно переходят на береговое энергоснабжение [3]. Основными минусами использования дизель- и газотурбогенераторов являются габариты силовых установок и систем обеспечения их эксплуатации, низкая эффективность [4], а также высокое потребление топлива, что кроме непосредственных затрат на его приобретение отражается в несоответствии их современным нормам экологичности из-за высокого содержания соединений азота, серы, углекислого газа и других вредных веществ в их выхлопных газах, что в условиях зарубежных месторождений, в особенности, норвежских ведет в том числе к значительным налоговым издержкам [5]. Кроме того, к силовому оборудованию в условиях Арктики предъявляются повышение требования по стойкости к экстремально низким температурам, а также общим условиям шельфа – вода, соленость, ветер. Нельзя также не отметить, что газотурбогенераторам необходимо более частое обслуживание, чем дизель-генераторам и их стоимость выше стоимости последних [6]. Основными направлениями развития данного способа энергоснабжения МНГС является повышение эффективности использования производимой энергии, к примеру, за счет оптимизации планирования проведения буровых операций, а также совершенствование системы управления энергоснабжением [7]. Это приведет к меньшему расходу топлива и, соответственно, приведет к уменьшению выброса в атмосферу вредных веществ.

Исходя из рассмотренных положительных сторон и недостатков так называемых традиционных методов энергоснабжения МНГС, в рамках данного подхода более интересным и перспективным представляется использование альтернативных источников энергии: ветра, прилива, солнца. В последние годы главным трендом развития энергетики стало значительное повышение доли *возобновляемых источников энергии* (ВИЭ) на мировом рынке. В 2019 году электростанции, работающие на ВИЭ, впервые обогнали по объему производства энергии атомные электростанции [8]. Один только Китай, являющийся лидером в данном секторе, за последних четыре года вложил 343 млрд. евро в развитие альтернативной энергетики, США ежегодно инвестирует около 35 млрд. евро, третье место занимает Япония, тратящая от 8 до 12 млрд. евро в год. Касательно европейских стран, доля возобновляемых источников энергии в Швеции составляет 55%, в Финляндии – 41%, в Дании — 36%, в Германии – 43,7%. Наша

страна в развитие альтернативной энергетики планировала вложить 110 млрд. рублей [9] до 2024 года. Рассмотрим несколько подробнее, что из себя представляют эти источники энергии.

В условиях шельфа Арктики наиболее перспективным является применение **ветряных электростанций** (ВЭС). Среднегодовая скорость ветра по результатам имеющихся наблюдений в разных участках Баренцева моря составляет от 5,2 до 8,0 м/с [ссылка]. В работе [11] показано, что параллельная работа газотурбины и ветряной электростанции, расположенной рядом с нефтегазовой платформой приводит к значительному снижению расхода топлива и вредных выбросов и позволяет экономить порядка 5,73 евро в год. Данное исследование показало, что доля энергии ветра составила около 43 % от общего потребления при конфигурации 4 x 5 МВт. Нельзя не отметить, что в рассматриваемом кейсе средняя скорость ветра составляла 11...13 м/с, что в среднем гораздо выше, чем средние скорости ветра на арктическом шельфе России [12]

Гидроэлектростанции (ГЭС) сходны с ветряными в принципе работы, только в первом случае рабочим телом является вода, а во втором – воздух. ГЭС, тем не менее имеют больший потенциал для производства электроэнергии ввиду большей плотности воды по сравнению с воздухом, поэтому они могут производить сравнимый объем электроэнергии при скорости рабочего тела в разы меньше, чем у ветряка [13]. По данным исследований [14] скоростей приливных течений в Баренцевом море, которое принадлежит к морям приливного типа, может достигать 1,7 м/с, что может быть достаточно для выработки около 1,7 кВт электроэнергии [15].

Среди зарубежных гидроэлектростанций можно выделить осевую турбину AR-1000 мощностью 1 МВт при скорости потока 2,65 м/с, разработанную для эксплуатации в океанических условиях, турбину HS300, расположенную в зоне поселения Kvalsund в Норвегии мощностью 0,3 МВт со скоростью 7 об/мин, турбина SeaGen, мощностью 1.2 МВт расположенная в Северной Ирландии. Кроме технологий осевых турбин существуют также радиальные, комбинированные, импульсные устройства, а также так называемые турбины качения.

Среди отечественных разработок стоит отметить проект Г.Ш. Мамулашвили под названием «Гидрореактор», получивший положительное решение экспертного совета Сколково в 2018 г. [16]. Продукт представляет собой подводные проточные турбогенераторы мощностью 5...450 кВт для работы в придонных течениях с использованием эффекта Вентури. Автор утверждает [17], что стоимость вырабатываемой ГЭС энергии в 4 раза дешевле по сравнению с ГТГ и в 2 раза по сравнению с ДГ. К сожалению, актуальных данных о ходе реализации проекта найти не удалось.

К безусловным плюсам данной технологии можно отнести ее экологичность и отсутствие затрат на топливо. С другой стороны, на данном этапе развития технология разработана скорее для эксплуатации в местах с высокой скоростью течений (проливы, реки), чем для нужд шельфа, к тому же нельзя не учитывать возможное влияние обледенения в реальных Арктики на возможность эксплуатации гидроэлектростанций.

Применение фотоэлектрических панелей (ФЭП) в составе **солнечной электростанции** (СЭС) в качестве дополнительного источника энергии для МНГС на арктическом шельфе является вполне реализуемым, к тому же условия низких температур являются более благоприятными для солнечных панелей, чем более высоких, так при 0°C эффективность ФЭП увеличивается на 10% по сравнению с +20°C, к тому же недостатка в солнечных днях в летний период тоже не наблюдается, уровень инсоляции зоны Арктики колеблется от 3 до 4,5

кВтч/м²/сутки с возрастанием с запада на восток [18]. Несмотря на то, что конкретных исследований для рассматриваемого региона найти удалось, релевантные работы по другим климатическим зонам демонстрируют, что использование солнечных панелей для запитывания прачечных в течение 20 лет (средний срок службы панели) ведет к экономии 38,8 % затрат в долларовом выражении [19]. К преимуществам ФЭП относят простоту в обслуживании, расширении, усовершенствовании системы за счет простоты конструкции. Основным недостатком считается зависимость от погожих дней, что частично решается наличием аккумуляторов для запаса энергии, достаточно большая площадь, которая требуется для размещения панелей, а также необходимость размещения ФЭП на достаточной высоте над поверхностью воды, т.к. брызги могут уменьшить эффективность работы устройств.

По мнению ряда экспертов [20], в реалиях нашей страны наибольший потенциал в обеспечении энергией на арктическом шельфе имеет **атомная энергетика**. Данный тезис обуславливается прежде всего наличием продолжительных по времени ледовых режимов во многих морях акватории Северного ледовитого океана, что препятствует размещению плавучих электростанций; удаленностью месторождений от берега и отсутствие наземной инфраструктуры для энергоснабжения по подводным проводам, а опасность разлива жидкого топлива и выброс в атмосферу остатков его сжигания в условиях Арктики может привести к катастрофическим последствиям для экологии [21]. Отмечается также экономическая выгода при использовании данного источника энергии: исследования [22] показали, что потребная мощность обеспечения нужд Штокмановского месторождения составляет 600 МВт и эти нужды покрывают две АС на базе реакторов типа ВБЭР-300 разработки ОКБМ «Африкантов» и их использование было бы дешевле газовых турбин соответствующей выходной мощности. Также можно рассмотреть энергоблок с реакторной установкой «Шельф-10» подводного исполнения с глубиной установки до 300 м, мощностью 9 МВт и временем автономной работы 5000 ч разработки АО «НИКИЭТ» [23]. К минусам технологии на наш взгляд можно отнести разве что отсутствие значительной практики использования таких устройств в рассматриваемом контексте.

В настоящее время за рубежом преобладает **передача электроэнергии с берега по подводному кабелю**. В Норвегии активно разрабатываются и реализуются проекты по замене энергоснабжения с газотурбин на береговое мощностью 250...300 МВт [24], в 2018 году был выполнен переход на береговое питание месторождения Sverdrup, которое в свою очередь поставит питание по кабелю на месторождения Ivar Aasen, Edvard Grieg и Gina Krog, от последнего же к концу 2022 года планируется так же подключить месторождение Sleipner к частичному энергоснабжению от береговой сети [25]. Несмотря на то, что береговое энергоснабжение обходится дешевле, чем получение энергии на месторождении, это верно лишь для кластера месторождений расположенных относительно недалеко от берега при условии наличия развитой инфраструктуры.

Разумеется, оптимальным вариантом энергоснабжения является сочетание различных форм энергоснабжения с применением как традиционных источников энергии, так и возобновляемых. К примеру, для эксплуатации в условиях Арктики предлагается комбинированная схема генерации электроэнергии на основе СЭС (8 МВт), ВЭС (4,5 МВт) и ДГ (15 МВт) [26]

В данной статье мы рассмотрели различные варианты электроснабжения шельфовых месторождений, условное разделив их на традиционные (дизель-генераторы и

газотурбогенераторы) и перспективные (солнечные, ветряные, гидро- электростанции, автономные ядерные реакторы, энергоснабжение с берега). В условиях Арктики особый интерес, на наш взгляд, представляет использование энергоблоков на основе ядерных установок, из несомненных их преимуществ стоит выделить экологичность, возможность размещения на донной поверхности, автономность, низкое потребление топлива, высокий уровень развития ядерных технологий в стране. Отрицательными сторонами является отсутствие в настоящий момент опробованной конструкции энергоблока подходящей для выполнения рассматриваемых задач, а также, по нашим данным, невысокий уровень инвестиций, как со стороны государства, так и нефтегазовых компаний в развитие данного направления. Кроме того, интерес представляет использование возобновляемых источников энергии в сочетании с традиционными, например, дизель-генераторы плюс солнечные батареи и/или ветряки, это снижает потребность в топливе и уменьшает выбросы и, соответственно, негативное воздействие на экологию региона.

Список литературы

1. Конкурентоспособность нефтегазовых проектов арктического шельфа в условиях низких цен на энергоресурсы [Электронный ресурс]: Статья / Мастепанов А.М. // Журнал «Neftegaz.ru». – 2017. - №1. – с. 20-32.
2. Техническое перевооружение МЛСП «Приразломная». Этап 2.2. Документация на техническое перевооружение. Пояснительная записка [Электронный ресурс]. URL: https://adm-nmar.ru/upload/iblock/c4a/PNM_LP_TP2.2_MNGP_100_20D_DTP.PZ_izm1.pdf (дата обращения: 23.05.24).
3. More than half of Norway's offshore fields heading for electrification [Электронный ресурс]. URL: <https://www.offshore-mag.com/production/article/14178665/more-than-half-of-norways-offshore-oil-and-gas-fields-heading-for-electrification> (дата обращения: 23.05.24).
4. Powering platforms Connecting oil and gas platforms to mainland power grids [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hitachienergy.com/content/dam/web/products-services/products-systems/hvdc/media/old-images/Powering%20platforms.pdf> (дата обращения: 23.05.24).
5. Экологические налоги на примере Норвегии [Электронный ресурс]. URL: <https://findpatent.ru/magazine/024/247802.html> (дата обращения: 23.05.24).
6. Power Management Options For Offshore Oil & Gas Rigs [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wpowerproducts.com/news/how-to-power-offshore-oil-rigs/> (дата обращения: 23.05.24).
7. Offshore Drilling Rigs [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ipieca.org/resources/energy-efficiency-solutions/units-and-plants-practices/offshore-drilling-rigs/> (дата обращения: 23.05.24).
8. Альтернативная энергетика в Арктике [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ipieca.org/resources/energy-efficiency-solutions/units-and-plants-practices/offshore-drilling-rigs/> (дата обращения: 23.05.24).
9. A Case-Study on Offshore Wind Power Supply to Oil and Gas Rigs [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610212011228> (дата обращения: 23.05.24).

10. Сезонное распределение значений скорости ветра в Арктике [Электронный ресурс] URL: <https://scienceforum.ru/2021/article/2018024205> (дата обращения: 23.05.23).
11. Surfing Energy's New Wave [Электронный ресурс] URL: <https://web.archive.org/web/20110120194729/http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,457348,00.html> (дата обращения: 23.06.24).
12. Влияние морского льда на приливные колебания уровня моря и скорости течений в Баренцевом и Белом морях [Электронный ресурс]. URL: <http://method.meteorf.ru/publ/tr/tr370/tr370htm/10.htm> (дата обращения: 23.05.24).
13. Атомная энергетика для арктического шельфа [Электронный ресурс] URL: <https://scientificrussia.ru/articles/atomnaya-energetika-dlya-arkticheskogo-shelfa> (дата обращения: 23.12.21).
14. Применение ВИЭ на морских нефтедобывающих платформах [Электронный ресурс]. URL: http://zvt.abok.ru/articles/610/Primenenie_VIE_na_morskih_neftedobivayuchshih_platfornmah (дата обращения: 23.05.24).
15. Мамулашвили Георгий Шотаевич [Электронный ресурс]. URL: <https://www.famous-scientists.ru/14939/> (дата обращения: 23.05.24).
16. Мамулашвили Г.Ш. Морская энергетика может решить проблемы электроснабжения нефтегазодобывающих платформ ... [Электронный ресурс] / Описание технологии. URL: <https://old.sk.ru/foundation/energy/f/383/t/11040.aspx> (дата обращения: 23.05.24).
17. Перспективы ВИЭ в Арктике [Электронный ресурс]. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/arktika/624988-perspektivy-vie-v-arktike/> (дата обращения: 23.05.24).
18. Solar Power for Sustainable Offshore Petroleum Exploration and Production in Africa. URL: https://www.researchgate.net/publication/312085159_Solar_Power_for_Sustainable_Offshore_Petroleum_Exploration_and_Production_in_Africa (дата обращения: 23.05.24).
19. А.Я. Резниченко «Ядерные технологии в освоении Арктики» // «Арктические ведомости. Информационно-аналитический журнал», №2, 2014, стр. 80.
20. Атомная энергетика для арктического шельфа [Электронный ресурс]. URL: <https://scientificrussia.ru/articles/atomnaya-energetika-dlya-arkticheskogo-shelfa> (дата обращения: 23.05.24).
21. В.П. Кузнецов, В.В. Куштан, Д.А. Мирзоев «Арктический вызов мирного атома. Обзор российских проектов нефтегазовых технологий с атомным энергообеспечением для освоения Арктического шельфа»; журнал Объединенной Судостроительной Корпорации, №3(20), 2014 г.
22. Timeline for electrification of the Utsira High [Электронный ресурс]. URL: <https://www.equinor.com/news/archive/2012/11/01/01NovUtsirahoyden> (дата обращения: 23.05.24).
23. Maximum utilization of power from shore to Utsira High helps further reduce emissions [Электронный ресурс]. URL: <https://www.equinor.com/news/archive/2019-10-28-power-utsira-high> (дата обращения: 23.05.24).
24. Альтернативная энергетика для повышения эффективности разработки нефтегазовых месторождений [Электронный ресурс]. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/arktika/639046-alternativnaya-energetika-dlya->

povysheniya-effektivnosti-razrabotki-neftegazovykh-mestorozhdeniy-/ (дата обращения: 23.05.24).

25. Ресурсы арктического шельфа – это наш стратегический запас [Электронный ресурс]. URL: <https://energypolicy.ru/resursy-arkticheskogo-shelfa-eto-nash/business/2019/22/14/> (дата обращения: 23.05.24).

References

1. Competitiveness of oil and gas projects of the Arctic shelf in conditions of low energy prices [Electronic resource]: Article / Mastepanov A.M. // Journal "Neftegaz.ru". – 2017. - №1. – pp. 20-32.
2. Technical re-equipment of MLSP "Prirazlomnaya". Stage 2.2. Documentation for technical re-equipment. Explanatory note [Electronic resource]. URL: https://adm-nmar.ru/upload/iblock/c4a/PNM_LP_TP2.2_MNGP_100_20D_DTP.PZ_izm1.pdf (date of request: 05/23/24).
3. More than half of Norway's offshore fields heading for electrification [Electronic resource]. URL: <https://www.offshore-mag.com/production/article/14178665/more-than-half-of-norways-offshore-oil-and-gas-fields-heading-for-electrification> (accessed: 05/23/24).
4. Powering platforms Connecting oil and gas platforms to mainland power grids [Electronic resource]. URL: <https://www.hitachienergy.com/content/dam/web/products-services/products-systems/hvdc/media/old-images/Powering%20platforms.pdf> (date of request: 05/23/24).
5. Environmental taxes on the example of Norway [Electronic resource]. URL: <https://findpatent.ru/magazine/024/247802.html> (date of request: 05/23/24).
6. Power Management Options For Offshore Oil & Gas Rigs [Electronic resource]. URL: <https://www.wpowerproducts.com/news/how-to-power-offshore-oil-rigs/> (date of access: 05/23/24).
7. Offshore Drilling Rigs [Electronic resource]. URL: <https://www.ipieca.org/resources/energy-efficiency-solutions/units-and-plants-practices/offshore-drilling-rigs/> (date of request: 05/23/24).
8. Alternative energy in the Arctic [Electronic resource]. URL: <https://www.ipieca.org/resources/energy-efficiency-solutions/units-and-plants-practices/offshore-drilling-rigs/> (date of access: 05/23/24).
9. A Case-Study on Offshore Wind Power Supply to Oil and Gas Rigs [Electronic resource]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610212011228> (date of access: 05/23/24).
10. Seasonal distribution of wind speed values in the Arctic [Electronic resource] URL: <https://scienceforum.ru/2021/article/2018024205> (date of request: 05/23/23).
11. Surfing Energy's New Wave [Electronic resource] URL: <https://web.archive.org/web/20110120194729/http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,457348,00.html> (accessed: 06/23/24).
12. The influence of sea ice on tidal fluctuations in sea level and current velocity in the Barents and White Seas [Electronic resource]. URL: <http://method.meteorf.ru/publ/tr/tr370/tr370htm/10.htm> (date of access: 05/23/24).

13. Nuclear power engineering for the Arctic shelf [Electronic resource] URL: <https://scientificrussia.ru/articles/atomnaya-energetika-dlya-arkticheskogo-shelfa> (date of request: December 23, 21).
 14. The use of renewable energy sources on offshore oil production platforms [Electronic resource]. URL: http://zvt.abok.ru/articles/610/Primenenie_VIE_na_morskih_neftedobivayuchshih_platformah (date of reference: 05/23/24).
 15. Mamulashvili Georgiy Shotaevich [Electronic resource]. URL: <https://www.famous-scientists.ru/14939/> (date of access: 05/23/24).
 16. Mamulashvili G.S. Marine energy can solve the problems of power supply to oil and gas production platforms ... [Electronic resource] / Technology description. URL: <https://old.sk.ru/foundation/energy/f/383/t/11040.aspx> (accessed: 05/23/24).
 17. Prospects of renewable energy in the Arctic [Electronic resource]. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/arktika/624988-perspektivy-vie-v-arktike> / (accessed: 05/23/24).
 18. Solar Power for Sustainable Offshore Petroleum Exploration and Production in Africa. URL: https://www.researchgate.net/publication/312085159_Solar_Power_for_Sustainable_Offshore_Petroleum_Exploration_and_Production_in_Africa (date of reference: 05/23/24).
 19. A.Ya. Reznichenko "Nuclear technologies in the development of the Arctic" // "Arctic Bulletin. Information and Analytical Journal", No. 2, 2014, p. 80.
 20. Nuclear power engineering for the Arctic shelf [Electronic resource]. URL: <https://scientificrussia.ru/articles/atomnaya-energetika-dlya-arkticheskogo-shelfa> (date of reference: 05/23/24).
 21. V.P. Kuznetsov, V.V. Kushtan, D.A. Mirzoev "The Arctic challenge of the peaceful atom. Review of Russian projects of oil and gas technologies with nuclear power supply for the development of the Arctic shelf"; Journal of the United Shipbuilding Corporation, No. 3(20), 2014.
 22. Timeline for electrification of the Utsira High [Electronic resource]. URL: <https://www.equinor.com/news/archive/2012/11/01/01NovUtsirahoyden> (date of access: 05/23/24).
 23. Maximum utilization of power from shore to Utsira High helps further reduce emissions [Electronic resource]. URL: <https://www.equinor.com/news/archive/2019-10-28-power-utsira-high> (date of request: 05/23/24).
 24. Alternative energy for improving the efficiency of oil and gas field development [Electronic resource]. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/arktika/639046-alternativnaya-energetika-dlya-povysheniya-effektivnosti-razrabotki-neftegazovykh-mestorozhdeniy-> / (date of access: 05/23/24).
 25. The resources of the Arctic shelf are our strategic reserve [Electronic resource]. URL: <https://energypolicy.ru/resursy-arkticheskogo-shelfa-eto-nash/business/2019/22/14/> / (date of request: 05/23/24).
-