

Научная статья
УДК 621.644.07
<https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-1-44-50>
EDN APIQZI

Опыт строительства морских подводных трубопроводов в условиях Северного Каспия

Жанна Ибрагимовна Нурмакова^{1✉},
Вадим Григорьевич Невгод², Вадим Вадимович Невгод³

^{1, 3}*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, nurmak@yandex.ru✉*

²*ООО «ЛУКОЙЛ ПЕРСОНАЛ»,
Москва, Россия*

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы и природно-географические ограничения при проектировании и строительстве морских подводных трубопроводов в российском секторе Каспийского моря. Каспийское море – крупнейший на Земле замкнутый водоем, который может классифицироваться как самое большое бессточное озеро. Площадь Каспийского моря в настоящее время составляет примерно 390 000 км², расположено на стыке Европы и Азии. Протяженность моря с севера на юг – примерно 1 200 км, с запада на восток – 195–435 км, в среднем – 310–320 км. Так, основными проблемами при проектировании и строительстве подводных трубопроводов в Северном Каспии являются: замкнутость Каспийского моря, что обуславливает ограниченный доступ оборудования специализированных подрядных организаций для трубоукладки на морском дне; глубины вод Северного Каспия от 4 до 12 м создают сложности для проектирования и снижают количество судов, способных работать на таких глубинах; сезонность проведения работ из-за ледяного покрова в зимнее время; выход в море через Волго-Каспийский канал, который характеризуется высокой загруженностью, что ограничивает ритмичность движения судов и влияет на своевременные поставки материалов; необходимость согласования проектных решений и координат строительства с Министерством обороны России из-за пересечения района проведения работ с районом учений Каспийской флотилии; ограничения Федерального агентства по рыболовству в связи с сохранением водных биологических ресурсов; геологические осложнения, связанные с рыхлостью грунта, наличием участков с низкой несущей способностью; образование ледяных торосов, способных повреждать морское дно. Эти факторы влияют на сроки, стоимость и технические решения при строительстве морских трубопроводов, что важно учитывать для успешной реализации проектов и ведения переговоров с подрядчиками.

Ключевые слова: подводные трубопроводы, строительство и проектирование морских трубопроводов, экзарация

Для цитирования: Нурмакова Ж. И., Невгод В. Г., Невгод В. В. Опыт строительства морских подводных трубопроводов в условиях Северного Каспия // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2025. № 1. С. 44–50. <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-1-44-50>. EDN APIQZI.

Original article

Experience in the construction of offshore underwater pipelines in the conditions of the Northern Caspian Sea

Zhanna I. Nurmakova^{1✉},
Vadim G. Nevgod², Vadim V. Nevgod³

^{1, 3}*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, nurmak@yandex.ru✉*

²*LUKOIL PERSONNEL, LLC,
Moscow, Russia*

Abstract. The article discusses the problems and natural and geographical constraints in the design and construction of offshore underwater pipelines in the Russian sector of the Caspian Sea. The Caspian Sea is the largest enclosed body of water on Earth, which can be classified as the largest drainless lake. The area of the Caspian Sea is currently approximately 390.000 km², located at the junction of Europe and Asia. The length of the sea from north to south is about 1.200 km, from west to east from 195 to 435 km, with an average of 310-320 km. Thus, the main problems in the design and construction of underwater pipelines in the Northern Caspian Sea are: the closeness of the Caspian Sea, which causes limited access to equipment from specialized contractors for pipe laying on the seabed; depths of the waters of the Northern Caspian Sea from 4 to 12 meters create difficulties for design and reduce the number of vessels capable of operating at such depths; seasonality of work due to the ice cover in winter; access to the sea through the Volga-Caspian Canal, which is characterized by high congestion, which limits the rhythm of ship movement and affects timely supplies of materials; the need to coordinate design solutions and construction coordinates with the Russian Ministry of Defense due to the intersection of the work area with the area of exercises of the Caspian flotillas; restrictions of the Federal Agency for Fisheries in connection with the conservation of aquatic biological resources; geological complications associated with soil looseness, the presence of areas with low bearing capacity; the formation of ice hummocks capable of damaging the seabed. These factors influence the timing, cost, and technical solutions for the construction of offshore pipelines, which is important to consider for the successful implementation of projects and negotiations with contractors.

Keywords: underwater pipelines, construction and design of offshore pipelines, exaration

For citation: Nurmakova Zh. I., Nevgod V. G., Nevgod V. V. Experience in the construction of offshore underwater pipelines in the conditions of the Northern Caspian Sea. *Oil and gas technologies and environmental safety.* 2025;1:44-50. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-1-44-50>. EDN APIQZI.

Введение

В период с 2007 по 2023 гг. нефтяной компанией «ЛУКОЙЛ» было обустроено несколько крупных морских месторождений на Российском шельфе Каспийского моря:

- месторождение им. Ю. Корчагина;
- месторождение им. В. Филановского;
- месторождение им. В. Грайфера [1].

Для транспортирования добытых на морском шельфе углеводородов нефтедобывающей компанией «ЛУКОЙЛ» были спроектированы и построены морские подводные трубопроводы общей протяженностью более 400 км [2].

В процессе проектирования и строительства морских подводных трубопроводов инженеры компании и проектных институтов могут столкнуться с рядом ограничений.

Цель статьи – рассмотреть природные и географические ограничения в российском секторе Каспийского моря и проблемы для компаний, связанные с ними при проектировании и строительстве подводных трубопроводов.

Замкнутость Каспийского моря

Ввиду замкнутости Каспийского моря существует серьезное ограничение по привлечению специализированных подрядных организаций с трубоукладочными и трубозаглубительными судами, судами обеспечения и прочим специализированным оборудованием.

Каспийское море (Каспий, от лат. *Caspium mare*) – крупнейший на Земле замкнутый водоем, который может классифицироваться как самое большое бессточное озеро. Площадь Каспийского моря в насто-

ящее время составляет примерно 390 000 км², расположено на стыке Европы и Азии. Протяженность моря с севера на юг – примерно 1 200 км, с запада на восток – 195–435 км, в среднем – 310–320 км.

По физико-географическим условиям Каспийское море условно делится на три части:

- 1) Северный Каспий (25 % площади моря);
- 2) Средний Каспий (36 %);
- 3) Южный Каспий (39 %).

Условная граница между Северным и Средним Каспием проходит по линии островов Чечень – мыс Тюб-Караган, между Средним и Южным Каспием по линии островов Чилов – мыс Ган-Гулу [3].

Основной объем строительства морских подводных трубопроводов был выполнен тремя иностранными компаниями: американской McDermott (2006–2007 гг.), итальянской Saipem (2012–2015 гг.) и малазийской Bumi Armada (2012–2023 гг.). На настоящий момент в Каспийском регионе осталась только одна компания Bumi Armada, обладающая специализированными судами: крановой трубоукладочной баржей Armada Installer и трубозаглубительной многофункциональной баржей Armada Constructor, способными выполнить весь спектр подводно-технических работ по укладке и заглублению морских подводных трубопроводов на мелководных участках Северного Каспия.

ТУБ Armada Installer – трубоукладочная баржа понтонного типа (год постройки – 2008 г.), минимальная глубина моря при эксплуатации составляет 3,5–4 м, максимальный диаметр укладываемых труб 40 – 1 016 мм. Технические характеристики ТУБ Armada Installer представлены в табл. 1.

Технические характеристики крановой трубоукладочной баржи Armada Installer
 Technical characteristics of the Armada Installer crane pipe-laying barge

Наименование	Величина
Длина баржи, м	120,0
Ширина баржи, м	32,0
Высота борта, м	8,0
Максимальная осадка баржи (с грузом), м	4,2
Максимальный диаметр укладываемых труб, мм	1 219,0
Минимальный диаметр укладываемых труб, дюйм	4,0
Средняя скорость укладки с заглублением, км/сут	0,7
Диаметр вертолетной площадки, м	20,9

ТУБ Armada Constructor – многофункциональная трубозаглубительная баржа понтонного типа (год постройки – 2015 г.), минимальная глубина моря при эксплуатации составляет 1–1,5 м. Техно-

логическая схема укладки и заглубления линейной части подводных трубопроводов представлена на рис. 1.

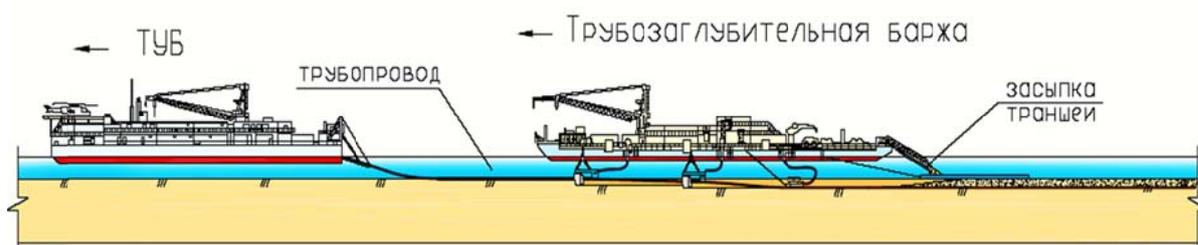


Рис. 1. Технологическая схема укладки и заглубления линейной части подводных трубопроводов

Fig. 1. Technological scheme of laying and deepening of the linear part of underwater pipelines

Отсутствие конкурентной среды оказывает существенное влияние на увеличение стоимости выполняемых подводно-технических работ, поэтому при планировании строительства морских линейных объектов в акватории Каспийского бассейна нужно заблаговременно предусмотреть создание конкурентной среды.

Мелководность Северного Каспия (глубины моря от 4 до 12 м)

Принимая во внимание то, что средняя осадка трубоукладочных и прочих судов морского класса составляет 6–8 м, данный фактор существенно осложняет проектирование и строительство морских трубопроводных систем, снижая количество потенциально возможных для строительства судов.

Например, у государственной нефтяной компании Азербайджанской Республики SOCAR есть

трубоукладочная баржа «И. Гусейнов». Это трубоукладочное судно понтонного типа (год постройки – 1988 г., компания Rauma Repola, Финляндия), водоизмещением 25,6 тыс. т, принимает на борт 5 000 т труб. Расчетный диаметр укладываемых труб 219,1 мм (8 дюймов) составляет 813 мм (32 дюймов). После проведенной модернизации судна возможна укладка труб с бетонным покрытием до 1 524 мм (60 дюймов), максимальная глубина укладки – до 300 м. Судно оснащено современной компьютерной системой для контроля технологических процессов прокладки трубопроводов, современной навигационной системой, а также автоматической сварочной системой. Согласно данным табл. 2, осадка судна составляет более 6 м. Этот факт делает данное судно непроходным на мелководных акваториях Северного Каспия (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Технические характеристики ТУС «И. Гусейнов»

Technical characteristics of TUS “I. Huseynov”

Наименование	Величина
Длина (тип «судна – понтон»), м	120,0
Ширина, м	33,0
Максимальная осадка (в грузу), м	7,0
Диаметр укладываемых труб, мм	219–1 524,0
Глубина укладки, м	10–300,0
Высота борта, м	13,0
Проектная скорость укладки, км/сут	1,5
Максимальная скорость укладки, км/сут	3,5
Длина свариваемых труб (максимальная), м	12,0

Сезонность выполнения работ в морской акватории

В северной части Каспийского моря и предустьевом взморье реки Волги в зимний период образуется устойчивый ледяной покров, вследствие чего

период для выполнения строительно-монтажных работ – с апреля по октябрь включительно. Также при работе судов в море для каждой операции существуют допустимые погодные ограничения, представленные в табл. 3 [1].

Таблица 3

Table 3

Ограничения при работе судов по погодным условиям

Restrictions on the operation of vessels according to weather conditions

Работа судов	Ограничения при работе судов по погодным условиям*
Разработка траншеи	$H_{\max} = 1,5$ м $H_s = 0,5$ м вблизи трубопроводов $V_w \leq 15$ узлов
Швартовка баржи Перекладка якорей	$H_s = 1,5$ м $V_w \leq 15$ узлов Видимость ≥ 100 м
Начало укладки Укладка трубопровода	$H_s = 1,0$ м $V_w \leq 15$ узлов
Подъемные операции	$H_s = 1,5$ м $V_w \leq 20$ узлов
Подъем рабочего судна и его спуск на море	$H_s = 1,5$ м $V_w \leq 20$ узлов Видимость ≥ 150 м
Водолазные работы	$H_s = 1,0$ м $V_w \leq 20$ узлов

* Ограничения при работе судов по погодным условиям, приведенные в таблице, подлежат уточнению перед началом проведения морских операций.

Климат Каспийского моря в его северной части – континентальный. В зимний период среднемесячная температура воздуха изменяется от -8 до -10 °С, ледообразование начинается с мелководных восточных районов Северного Каспия в первой половине ноября. Со временем лед распространяется на запад, охватывая одновременно мелководные западные участки и предустьевое взморье Волги. За 1,5–2 месяца лед охватывает уже и открытые участки моря [4].

Таким образом, при расчете продолжительности

строительства в акватории Северного Каспия необходимо предусматривать сезонность строительства и коэффициент на ограничения работы судов по метеоусловиям.

Выход в море через Волго-Каспийский судовой канал

Данное обстоятельство накладывает существенное ограничение на интенсивность (ритмичность) движения судов в виду постоянной загруженности канала и лоцманской, портовых и пограничных

служб и, как следствие, своевременность подвоза труб и прочих материалов и оборудования, необходимых при строительстве морских подводных трубопроводов в акватории Каспийского моря. Для представления объема необходимых при строительстве материалов приведем небольшой пример в части подвоза труб. При строительстве 100 км морского трубопровода диаметром 559 мм требуется примерно 9 500 труб при средней длине одной трубы 10,5 м, а это примерно 158 барж. Расстояние от порта Астрахань до месторождений компании «ЛУКОЙЛ» в Северном Каспии составляет более 200 км. Поэтому при планировании транспортной логистики по подвозу на морской участок строительства трубной продукции, сварочных и строительных материалов, пищевых продуктов, персонала необходимо учитывать ограничения, связанные с необходимостью движения через Волго-Каспийский судоходный канал. Волго-Каспийский судоходный канал соединяет глубоководный участок реки Бахтемир (главный рукав в дельте Волги) и глубоководную часть Каспийского моря через мелководную часть дельты Волги и позволяет морским судам заходить в порты Оля (протока Бахтемир) и Астрахань (река Волга). Характеристики канала: глубина – 3,6–4 м; ширина – 120 м; длина – 168 км.

Районы учений Каспийской флотилии Министерства обороны РФ на акватории Каспийского моря

В акватории Северного Каспия, где размещены эксплуатируемые компанией «ЛУКОЙЛ» нефтяные месторождения, а также перспективные нефтеконденсатные и газовые месторождения, расположены районы учений Каспийской флотилии Министерства обороны РФ, вследствие чего при проектировании морских линейных объектов (трубопроводов и высоковольтных кабельных линий) необходимо согласовывать с Министерством обороны РФ их трассировку, а на этапе строительства со штабом Каспийской флотилии – координаты района проведения строительства, время выполнения работ и суда, задействованные при строительстве. Кроме этого, в навигационный период при проведении плановых и внеплановых учений Министерством обороны РФ могут закрываться довольно обширные районы акватории Северного Каспия, что создает дополнительные сложности в доставке строительных материалов и выполнении строительных работ.

Ограничения по срокам производства работ, выдаваемые Федеральным агентством по Рыболовству

С целью сохранения водных биологических ресурсов и условий их воспроизводства Федеральным

агентством по рыболовству с учетом рекомендаций ГНЦ РФ Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» устанавливаются временные периоды, в которых возможно производить строительные работы в конкретных районах акватории Каспийского моря, а также делать расчет ущерба и компенсационных мероприятий по выращиванию и выпуску в море молоди ценных видов рыб.

Геологические осложнения

Грунт в северной части Каспийского моря преимущественно рыхлый, преобладающим является ил с примесью песка и ракушки. Также по трассам трубопроводов встречаются участки грунтов со слабой несущей способностью, такие как консолидированная текучепластичная и мягкопластичная глина и грунты, содержащие скопление углеводородного газа – метана. Все виды и разновидности грунтов в исследованном интервале грунтовой толщи, согласно значениям удельного электрического сопротивления, характеризуются высокой агрессивностью по отношению к углеродистой и низколегированной стали. С учетом грунтовых условий сейсмическая опасность района Северного Каспия оценивается в 7–8 баллов. При проектировании строительства морского подводного трубопровода необходимо с большим вниманием относиться к геологической изученности района строительства, которое оказывает прямое влияние на трассировку трубопроводов и многие другие технические решения.

Экзарация

В мелководных районах Северного Каспия с глубинами моря до 10 м происходит образование гряд ледяных торосов – стамух. Стамухи под действием силы ветра и давления ледяных полей способны своим килем пропахивать морское дно на глубину до 5 м (рис. 2).

При проведении специализированными организациями морских инженерных изысканий на морском дне были обнаружены районы с характерными пропаханными бороздами. Для защиты трубопроводов от негативного воздействия торосистых ледяных гряд необходимо в мелководных районах Северного Каспия предусматривать их заглобление в грунт на величину, превышающую минимум на 1 м глубину возможного воздействия стамух в данном конкретном районе.

Стамухи Северного Каспия образуются в январе-феврале из серо-белого и тонкого белого льда толщиной 20–70 см. Они могут достигать размеров 100–300 м, а иногда и 500 м в поперечнике и высоты 10–15 м. Максимальная зарегистрированная высота стамухи составляет 20 м.

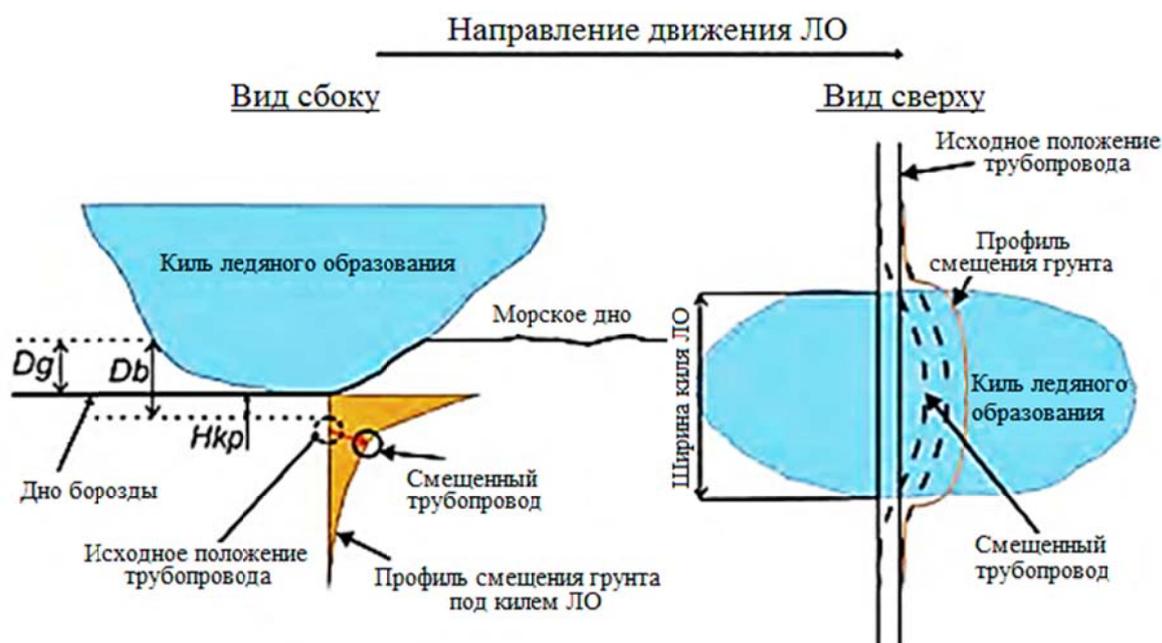


Рис. 2. Схема выпахивания дна килем ледяного образования

Fig. 2. Diagram of plowing the bottom with the keel of an ice formation

Стамухи образуются, как правило, на мелководье и при движении оставляют глубокие борозды на дне длиной от десятков метров до километра, а шириной – от 50 до 100 м. Эти явления представляют особую опасность для трубопроводов, т. к. глубина борозд может достигать 5 м [5].

Заключение

Рассмотренные в статье природные и географические ограничения Каспийского региона оказывают прямое влияние на сроки реализации проекта

по строительству морских подводных трубопроводов, стоимость строительства и примененные на этапе проектирования технические решения. Знание и понимание данных факторов позволит заказчику избежать ошибок на этапе разработки проектной документации и проведения коммерческих переговоров с потенциальными подрядными организациями, а подрядным организациям правильно рассчитать необходимый бюджет, качественно и своевременно выполнить договорные обязательства.

Список источников

1. Проект организации строительства подводных трубопроводов: пояснительная записка. Обустройство месторождения Ракушечное (первая стадия освоения). Волгоград: ООО «Волгограднипморнефть», 2017. 171 с.
2. Нурмакова Ж. И., Дымова Т. В. Выбор трассы объединенной системы морских и береговых трубопроводов нефтяных месторождений Каспийского моря с учетом экологических особенностей территорий // Материалы Международ. науч.-практ. конф. «Социально-экономические и экологические аспекты развития Прикаспийского региона» (28–30 мая 2019 г.). Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2019. С. 607–610.

3. Берникова Т. А. Гидрология с основами метеорологии и климатологии. СПб.: Лань, 2021. 428 с.
4. Лобанов В. А., Наурызбаева Ж. К. Влияние изменения климата на ледовый режим Северного Каспия: моногр. СПб.: РГГМУ, 2021. 140 с.
5. Нурмакова Ж. И. Оценка опасности ледовой экзарации для подводных трубопроводов Северного Каспия // Сб. материалов XIV Международ. науч. Надиров. чтений «Яркий пример преемственности научных традиций и верности профессии». Атырау: Атырау. ун-т нефти и газа им. С. Утебаева, 2022. С. 306–308.

References

1. *Proekt organizacii stroitel'stva podvodnyh truboprovodov: pojasnitel'naja zapiska. Obustrojstvo mestorozhdenija Rakushechnoe (pervaja stadija osvoenija)* [The project of organizing the construction of underwater pipelines: an explanatory note. Development of the Rakushechnoye deposit (the first stage of development)]. Volgograd, ООО «Volog-

- radnipimorneft'», 2017. 171 p.
2. Nurmakova Zh. I., Dymova T. V. Vybora trassy obiedinenoj sistemy morskij i beregovykh truboprovodov nefljanjyh mestorozhdenij Kaspiskogo morja s uchetoj jekologičeskijh osobennostej territorij [The choice of the route of the combined system of offshore and onshore pipelines of oil fields of

the Caspian Sea, taking into account the environmental characteristics of the territories]. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Social'no-jekonomicheskie i jekologicheskie aspekty razvitija Prikaspijskogo regiona» (28–30 maja 2019 goda)*. Jelista, Izd-vo Kalm. un-ta, 2019. Pp. 607-610.

3. Bernikova T. A. *Gidrologija s osnovami meteorologii i klimatologii* [Hydrology with the basics of meteorology and climatology]. Saint Petersburg, Lan', 2021. 428 p.

4. Lobanov V. A., Naurozbaeva Zh. K. *Vlijanie izmenenija klimata na ledovyy rezhim Severnogo Kaspija: mono-*

grafija [The impact of climate change on the ice regime of the Northern Caspian Sea: a monograph]. Saint Petersburg, RGGMU, 2021. 140 p.

5. Nurmakova Zh. I. *Ocenka opasnosti ledovoj jekzaracii dlja podvodnyh truboprovodov Severnogo Kaspija* [Assessment of the danger of ice extraction for the underwater pipelines of the Northern Caspian Sea]. *Sbornik materialov XIV Mezhdunarodnyh nauchnyh Nadirovskih chtenij «Jarkij primer preemstvennosti nauchnyh tradicij i vernosti professii»*. Atyrau, Atyrau. un-t nefti i gaza im. S. Utebaeva, 2022. Pp. 306-308.

Статья поступила в редакцию 09.01.2025; одобрена после рецензирования 14.02.2025; принята к публикации 03.03.2025
The article was submitted 09.01.2025; approved after reviewing 14.02.2025; accepted for publication 03.03.2025

Информация об авторах / Information about the authors

Жанна Ибрагимовна Нурмакова – кандидат биологических наук; доцент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений; Астраханский государственный технический университет; nurmak@yandex.ru

Вадим Григорьевич Невгод – кандидат технических наук; менеджер; ООО «ЛУКОЙЛ ПЕРСОНАЛ»; vnevgod@mail.ru

Вадим Вадимович Невгод – студент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений; Астраханский государственный технический университет; vnevgod@mail.ru

Janna I. Nurmakova – Candidate of Biological Sciences; Assistant Professor of the Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields; Astrakhan State Technical University; nurmak@yandex.ru

Vadim G. Nevgod – Candidate of Technical Sciences; manager; LUKOIL PERSONNEL, LLC; vnevgod@mail.ru

Vadim V. Nevgod – Student of the Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields; Astrakhan State Technical University; vnevgod@mail.ru

