

Гидрометеорология и экология. 2025. № 78. С. 66—79.
Hydrometeorology and Ecology. 2025;(78):66—79.

Научная статья
УДК 551.467:[551.462.8+627.7](262.81)
doi: 10.33933/2713-3001-2025-78-66-79

Оценка воздействия дрейфующих льдов Северного Каспия на дно и искусственные сооружения

Петр Иванович Бухарицин¹, Роман Сергеевич Орлов²

¹ Астраханская группа Института водных проблем РАН, г. Астрахань, Россия, astrgo@mail.ru

² Каспийский институт морского и речного транспорта им. генерала-адмирала Ф. М. Апраксина – филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ», г. Астрахань, Россия

Аннотация. Температурный и ветровой режимы холодного времени года Северного Каспия определяет площадь ледяного покрова, толщину льда, состояние и количество торосов в ледяном покрове и, следовательно, влияет на интенсивность дрейфа, процессы торошения и воздействия льда на дно, берега и искусственные гидротехнические сооружения на всей замерзающей, мелководной акватории Каспийского моря. Морские льды способны оказывать прямое механическое воздействие на дно и берега. Среди них наиболее опасна экзарация — деструктивное механическое воздействие льдов на грунт и искусственные сооружения, особенно в условиях колебаний уровня и ледяного покрова моря. Предлагается использование природных факторов для защиты стационарных буровых платформ, а также защиты морской акватории от возможных аварийных нефтяных разливов в ледовый период.

Ключевые слова: колебания уровня моря, рельеф дна, торосистость, экзарация дна, защита буровых платформ, предотвращение разливов нефти.

Для цитирования: Бухарицин П. И., Орлов Р. С. Оценка воздействия дрейфующих льдов Северного Каспия на дно и искусственные сооружения // Гидрометеорология и экология. 2025. № 78. С. 66—79. doi: 10.33933/2713-3001-2025-78-66-79.

Original article

Assessment of the impact of the drifting ice of the Northern Caspian Sea on the bottom and artificial structures

Pyotr I. Bukharitsin¹, Roman S. Orlov²

¹ Astrakhan Group of the Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, Astrakhan, Russia, astrgo@mail.ru

² Caspian Institute of Marine and River Transport named after Admiral F. M. Apraksin — branch of the Federal State Budgetary Educational Institution “VGUVT”, Astrakhan, Russia

Summary. The temperature and wind regimes of the cold season of the Northern Caspian Sea determine the area of the ice cover, the thickness of the ice, the condition and number of hummocks in the ice

cover and, consequently, affect the intensity of drift, the processes of hummocking and the impact of ice on the bottom, shores and artificial hydraulic structures throughout the freezing, shallow waters of the Caspian Sea. All other things being equal, the current position of the sea level is an important factor determining the intensity of processes in the ice cover. Fluctuations in sea level can lead to significant changes in depth, changes in the topography of the seabed and, accordingly, can change the conditions for the formation of ice hummocks. Sea ice can have a direct mechanical effect on the bottom and shores. Among them, the most dangerous is exaration – the destructive mechanical effect of ice on the ground and artificial structures, especially in conditions of fluctuations in sea level and ice cover. The complexity of the problem is determined by the lack of knowledge of the interaction of the ice cover with the bottom sediments of the Northern Caspian Sea, as well as the lack of reliable means of protection against the effects of drifting ice, and especially ways to eliminate oil spills in ice conditions. It is proposed to use natural factors to protect stationary drilling platforms, as well as to protect the marine area from possible accidental oil spills during the ice period.

Keywords: sea level fluctuations, bottom relief, hummockiness, bottom exaration, protection of drilling platforms, prevention of oil spills.

For citation: Bukharitsin P. I., Orlov R. S. Assessment of the impact of the drifting ice of the Northern Caspian Sea on the bottom and artificial structures. *Gidrometeorologiya i Ekologiya = Journal of Hydrometeorology and Ecology*. 2025;(78):(66—79). doi: 10.33933/2713-3001-2025-78-66-79. (In Russ.).

Введение

Каспийское море относится к частично замерзающим морям, причем его мелководная северная часть замерзает ежегодно (рис. 1). В средней части моря лед появляется вдоль побережий лишь в суровые зимы, в южной части моря льда не бывает.

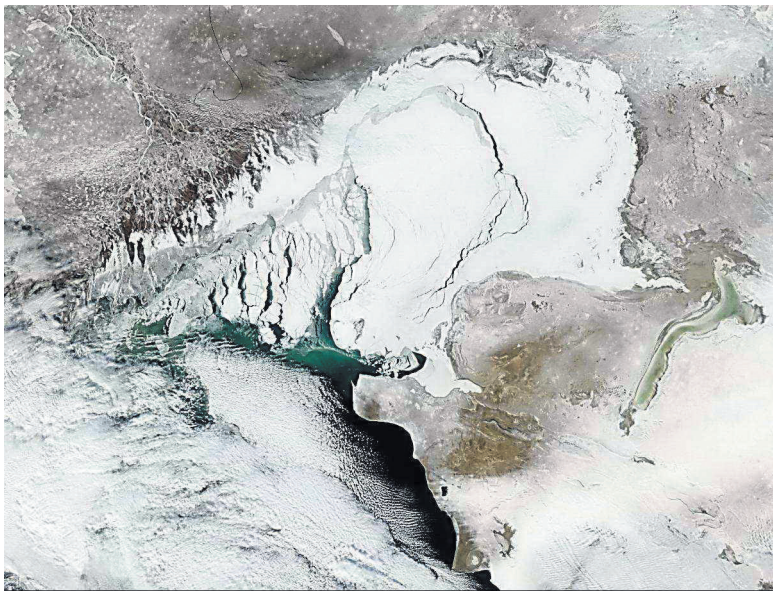


Рис. 1. Типичный ледяной покров мелководной северной части Каспийского моря в зимний период года.

Fig. 1. Annually in winter in the shallow northern part of the Caspian Sea an ice sheet is formed.

Ледовый период на Северном Каспии продолжается обычно с ноября по март. В отдельные годы, в зависимости от суровости конкретной зимы, начало и окончание ледового периода сдвигаются на месяц раньше или позже средних многолетних дат. Климатические и гидрометеорологические особенности Северного Каспия обуславливают более устойчивое льдообразование в восточных районах акватории по сравнению с западными, что проявляется в различии сроков наступления ледовых фаз и характере развития ледяного покрова в этих районах, расположенных в близких географических районах. Неподвижный лед в Каспийском море не является классическим припаем, представляющим собой сплошной ледяной покров, примерзающий к берегу и сохраняющийся в течение всей зимы. Частичный взлом припая здесь наблюдается ежегодно, а в северо-западных районах моря — в среднем каждую третью зиму припай взламывается и устанавливается вновь от берега до видимого горизонта 4—10 раз и более за сезон. В центральных районах Северного Каспия (Гурьевская бороздина) отдельные участки припая подвержены взлому, подвижкам и торошению даже в середине зимы. Не менее подвержена динамическим деформациям прикромочная зона припая в районах Кулалинской и Жемчужных банок. Многократный взлом припая, его подвижки, торошение и последующее смерзание приводят здесь к образованию мощных торосистых образований.

В начальный период льдообразования на поверхности моря появляется тонкий и прозрачный молодой лед (нилас), который под действием ветра и течений начинает двигаться (дрейфовать). С увеличением суммы отрицательных температур воздуха толщина льда увеличивается, однако даже в суровые зимы она в основном не превышает одного метра. В формировании и установлении ледяного покрова на Северном Каспии дрейфу льда принадлежит особое место. В целом характер дрейфа льда отличается сложностью, обусловленной малыми глубинами, особенностями рельефа дна, ветровым режимом, влиянием стоковых течений и колебаний уровня моря. При этом в ледяном покрове начинаются процессы насколения и торошения. На поверхности льда образуются мощные торосы.

Процесс разрушения ледяного покрова и очищения ото льда на Северном Каспии весной протекает в направлении обратном льдообразованию, т. е. с юга на север. Сроки его начала и интенсивность разрушения льда зависят от ледовитости моря к концу зимы и совокупности воздействующих на лед гидрометеорологических факторов: ветра, волнения, сгонно-нагонных колебаний уровня, течений, температуры воды и воздуха [1].

Сплоченные льды в северной части Каспия (7 баллов и более) вызывают серьезные затруднения при осуществлении зимних плаваний в этом районе моря. Навигационная обстановка осложняется еще и тем, что ледяной покров динамичен и положение кромки сплоченных льдов весьма изменчиво в пространстве и времени. Главными факторами, влияющими на положение кромки льдов, являются направление и скорость ветра.

Морские льды способны оказывать прямое механическое воздействие на дно и берега. Среди них наиболее опасна экзарация — деструктивное механическое воздействие льдов на грунт (рис. 2), связанное с динамикой ледяного покрова,



Рис. 2. Эфемерный островок, образовавшийся из донного грунта, перемещенного на поверхность дрейфующим льдом.

Fig. 2. An ephemeral island formed from bottom soil moved to the surface by drifting ice.

торошением и стамухообразованием под влиянием гидрометеорологических факторов: рельефа дна, мелководья или искусственных препятствий, в виде затопленных судов или гидротехнических сооружений [2—6].

Однако несмотря на то, что процессы взаимодействия дрейфующих льдов с дном и искусственными препятствиями уже на протяжении многих лет являются объектом повышенного интереса, как для отечественных, так и зарубежных исследователей, многие вопросы еще требуют ответа. Сложность проблемы определяется недостаточной изученностью взаимодействия ледяного покрова с донными отложениями Северного Каспия, а также отсутствием надежных средств защиты от воздействия дрейфующих льдов и особенно способов ликвидации разливов нефти в ледовых условиях. В работе [7] рассматриваются вопросы организации комплексного мониторинга Каспийского моря. Обсуждаются цели и задачи экологического мониторинга, а также функции федеральных служб и ведомств при организации и осуществлении мониторинга. Показаны основные характеристики сети морских наблюдений в морях России. Обсуждаются современные методы спутникового мониторинга окружающей среды, а также конкретные области применения спутниковых данных для изучения и мониторинга региона Каспийского моря. Особое внимание уделяется спутниковому мониторингу нефтяного загрязнения моря.

Практическому решению этих вопросов посвящены результаты данной работы.

Материалы и методы

При проектировании инженерных сооружений в замерзающих морях необходимы достоверные оценки интенсивности воздействия ледяных торосистых

образований на дно и глубины их внедрения в грунт. Недооценка масштабов экзарации может привести к повреждению сооружений. В связи с этим оценка и прогноз интенсивности ледовых воздействий являются ключевым звеном обеспечения геотехнической безопасности нефтегазовых объектов и экологической безопасности в акватории. Игнорирование данного вопроса нефтегазовыми компаниями, позиция которых в значительной мере усилена представлениями о глобальном потеплении и грядущей полной деградации ледяного покрова на Каспийском море, привело к тому, что большинство проектов реализовано без должного учета ледовых воздействий на дно и подводные сооружения. Так, практически все подводные трубопроводы на Северном Каспии были не заглублены в грунт. В результате произошла авария на нефтепромысле «*Кашаган*» в Казахском секторе Северного Каспия, где льдом были повреждены нитки трубопровода, проложенного по дну без заглубления.

Дрейфующий морской лед может привести к аварии и даже экологической катастрофе, если такая авария произойдет на буровой нефтяной платформе при наличии дрейфующих льдов. Нефтяные разливы в зимний период при наличии ледяного покрова значительно опаснее, потому что лед маскирует место нефтяного разлива, нефтяное пятно быстро мигрирует под лед, а подледные течения могут распространять нефтяное загрязнение подо льдом на большие расстояния, которые затруднительно не только ликвидировать, но даже обнаружить.

Сложность ликвидации последствий нефтяных разливов при наличии льда также заключается в их труднодоступности (удаленные от побережья и покрытые льдом обширные мелководья Северного Каспия практически недоступны для современной спасательной техники).

Самое главное, что в настоящее время отсутствуют эффективные методы и технические средства по локализации и ликвидации нефтяных разливов в условиях дрейфующих морских льдов.

Ледовые условия Каспийского моря характеризуются большой сложностью и изменчивостью. В холодные и экстремально холодные зимы припай может устанавливаться до изобаты 20 м. Максимальная толщина дрейфующего ровного льда на Северном Каспии даже в очень суровые зимы не превышает 60—70 см, а припая — 90—120 см. Однако значительную часть акватории может занимать так называемый наслоенный лед. Наслоение льда в Каспийском море наблюдается практически ежегодно и повсеместно в результате надвигов одной ледяной пластины на другую. Количество слоев может быть от 2—4, до 6—8, а их общая толщина может достигать 3 м [1].

Специфика ледовых условий Северного Каспия — относительно тонкий и «теплый» лед, обуславливающий относительно низкие прочностные характеристики ровного льда, а на фоне сильных ветров — это условия, особенно благоприятные для его взлома и торшения.

Максимальное количество торосов при всех типах зим наблюдается в зоне контакта припая (неподвижного льда) и дрейфующего (плавучего) льда. В результате того, что положение кромки припая в течение холодного сезона постоянно меняется, зона активного торшения захватывает большую площадь. Следствие

торосообразования — формирование на границе припая и плавучего льда гряд торосов, перпендикулярных направлению ветра, который вызывает торошение льдин. При этом характерно образование торосов, сидящих на грунте, т. е. стамух. Они могут достигать в поперечнике 100—300 м, иногда до 500 м и высоты 10—15 м. Максимальная зарегистрированная высота паруса стамухи составила 20 м. Максимальная глубина, до которой документально зафиксировано образование стамух на севере Каспийского моря, — 12 м [1].

Температурный режим Северо-Каспийского региона чрезвычайно неустойчив в зимний период и отличается большой межгодовой изменчивостью, особенно отчетливо выраженной на фоне глобальных изменений климата в последние десятилетия. Отношение суммы положительных значений температуры в теплые и холодные годы может отличаться в 7 раз. В последнее десятилетие период роста суммы отрицательных значений температуры, имевший место вплоть до 2004 г., сменился ее снижением. Этот фактор непосредственно влияет на состояние и площадь распространения ледяного покрова, положение границы припая, толщину льда и, соответственно, количество, размеры и местоположение торосистых образований.

При анализе количества гряд торосов и стамух в рассматриваемом регионе отмечается следующая закономерность: наибольшая торосистость наблюдается в годы со средней ледовитостью холодного периода; в суровые зимы большую часть акватории занимает устойчивый припай, препятствующий слишком активному торошению; в годы с мягкими зимами процесс торошения также ограничен не полностью покрытой льдом акваторией и малой толщиной льда [2].

Существенно влияют на процессы торошения мелководность, извилистость береговой линии и сложный рельеф дна с большим количеством подводных банок и кос [1]. При прочих равных термических условиях льдообразования важный фактор, определяющий интенсивность ледово-экзарационного процесса, — текущее положение уровня моря. Колебания уровня Каспия, достигающие за расчетный период эксплуатации гидротехнических сооружений нескольких метров, способны приводить к существенному перераспределению глубин и перестройке рельефа дна и, соответственно, менять условия формирования ледяных торосистых образований и экзарации ими дна и берегов (рис. 3) [4].

Современное весьма неравномерное распределение глубин на Северном Каспии — результат развития рельефа в голоцене. В нем запечатлелись периоды многочисленных трансгрессий, регрессий и стабилизаций положения уровня Каспийского моря. Очевидно, что в случае продолжительной трансгрессии (на 2 м и более) зона наиболее интенсивного ледово-экзарационного воздействия, соответствующая, по нашему мнению, интервалу глубины от 4 до 6 м, сместится на современные более мелководные участки и, напротив, в условиях регрессии эта область сместится вниз по современному подводному склону. Таким образом, в условиях трансгрессии область дна, подверженная ледово-экзарационному воздействию, заметно расширится, а в условиях регрессии — резко сократится.

Ледовому выпаживанию (взаимодействию дрейфующих льдов с морским дном) подвержено более чем 50 % площади Северного Каспия. Эти процессы

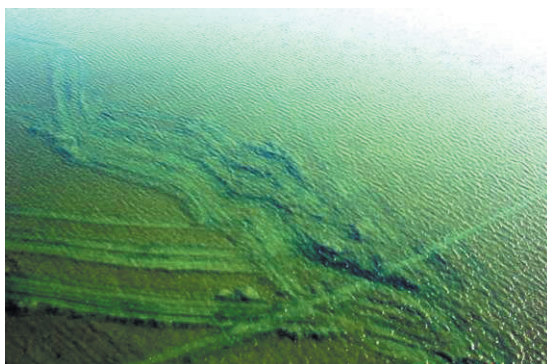


Рис. 3. Снимок с вертолёта дна акватории Северного Каспия. Дно покрыто свежими (в центре) и более старыми (внизу слева) бороздами выпаживания. Вправо от центра снимка видна глубокая впадина, образованная стамухой.

Fig. 3. Helicopter image of the bottom of the Northern Caspian Sea. The bottom is covered with fresh (in the center) and older (bottom left) plowing furrows. To the right of the center of the image, there is a deep depression formed by the stamukha.

носят массовый (хотя и сезонный) характер [8], и потому играют важную роль в экологии Каспийского моря. Вследствие механического воздействия дрейфующих льдов происходит не только перемещение огромного количества донного грунта, но и разрушение находящихся на дне раковин отмерших моллюсков.

В результате интенсивных ледовых подвижек известны случаи разрушения и разгерметизации заглушенных разведочных скважин на шельфе восточного (казахского) сектора Северного Каспия. Большое количество этих скважин находилось на морском побережье, но оказалось затопленными в период подъёма уровня Каспийского моря (1976—1996 гг.). Во избежание негативных последствий воздействия дрейфующих льдов в настоящее время для прокладки подводных трубопроводов используется особая технология, предусматривающая одновременное выполнение операций по рытью траншеи, укладке труб и обратной засыпке. Данная технология сводит к минимуму локальное воздействие на окружающую среду, что обеспечивает возможность ее восстановления за несколько недель.

Выполнение работ при помощи баржи для рытья траншей позволило ускорить укладку трубопроводов и сократить площадь техногенного воздействия на морское дно, а также продолжительность такого воздействия, до минимума. Для защиты от механических повреждений в результате подвижек льда укладка производилась на глубине 1,8 м ниже дна моря. Расчетный срок службы трубопроводов составляет 40 лет.

Российская компания Лукойл на протяжении ряда лет выполняет производственный и экологический мониторинг за заглушенными разведочными скважинами, расположенными на лицензионных участках дна, на глубинах от 8 до 28 м. Были выявлены серьезные повреждения бетонных заглушек скважин, расположенных на глубинах моря 8—8,5 м. Они оказались полностью разрушенными

(рис. 4 а, 4 б). Это однозначно указывает на механическое воздействие на них дрейфующих льдов. Кроме того, вокруг этих скважин водолазы зафиксировали на дне наличие раздробленных раковин, что характерно для участков дна Северного Каспия, находящихся под воздействием ледово-экзарационных процессов.

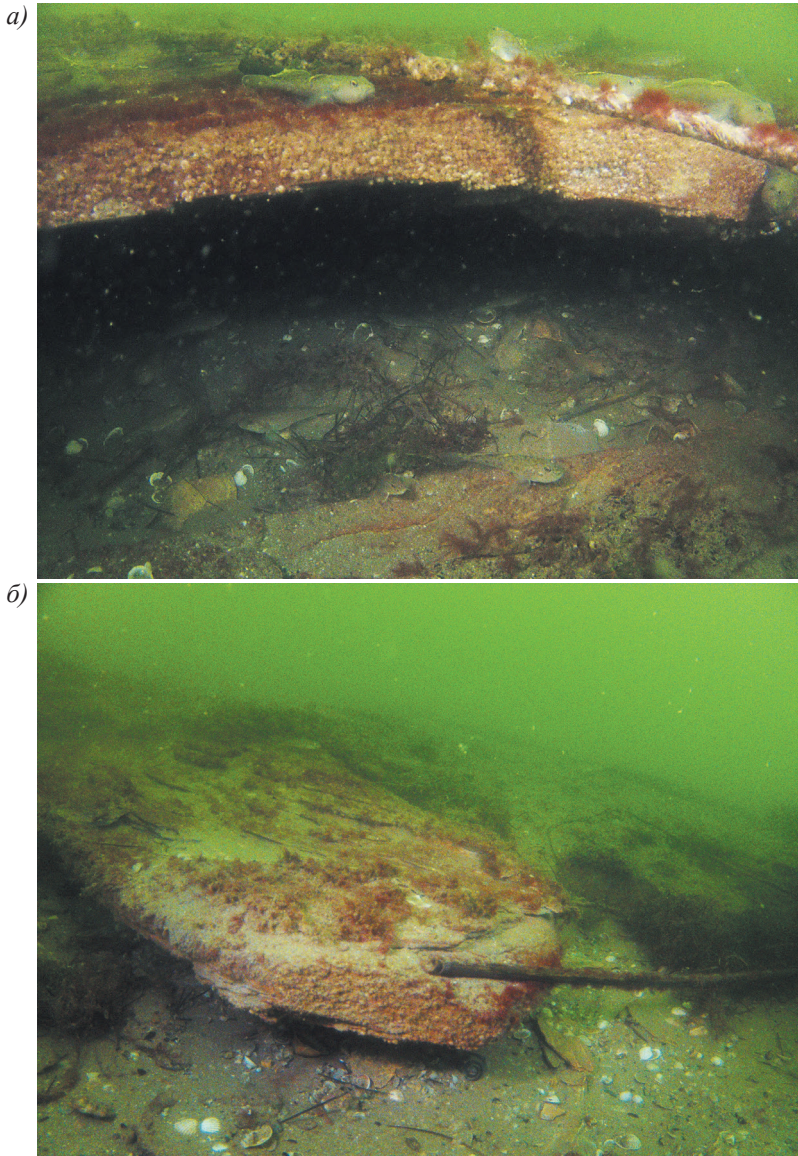


Рис. 4. Полностью разрушенная льдом бетонная заглушка скважины. Глубина моря — 8,0 м.

Fig. 4. The concrete plug of the well completely destroyed by ice. The sea depth is 8.0 meters.

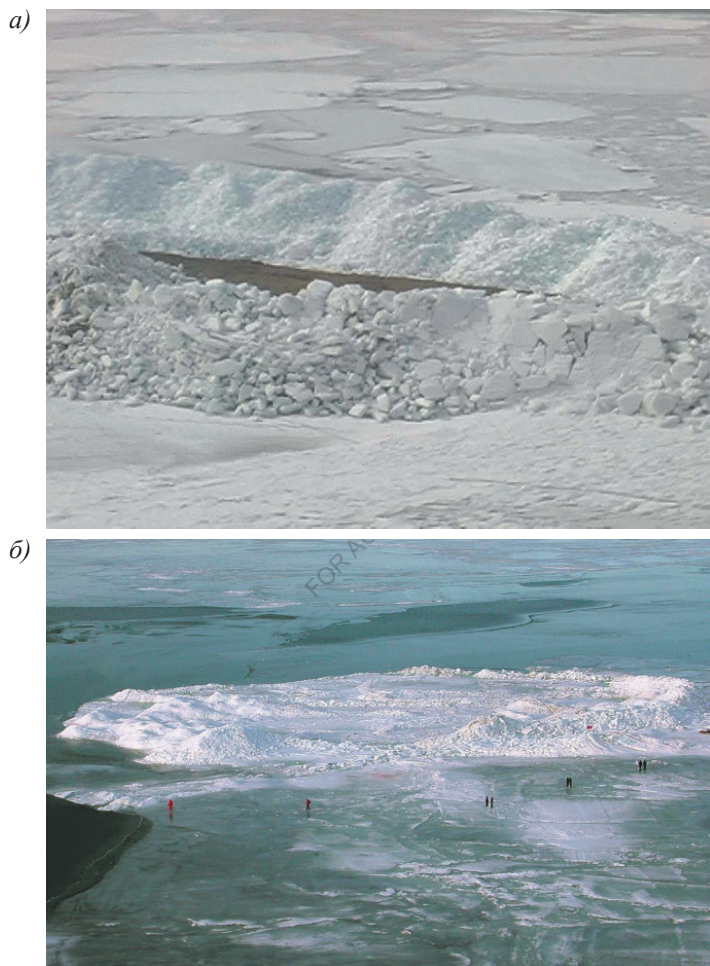


Рис. 5. Кольцевые стамухи на Северном Каспии.

Fig. 5. Ringed stamukhs in the Northern Caspian Sea.

Еще одной уникальной особенностью процессов торошения льдов Каспийского моря является образование так называемых кольцевых стамух [1]. Как правило, они образуются вокруг мелководных банок (иногда внутри такой стамухи вода полностью отсутствует) (рис. 5 а, 5 б), или вокруг искусственных препятствий.

Результаты и обсуждение. Предлагаемые практические решения

Описанная выше особенность торошения каспийских льдов была реализована в проекте: «Способ и устройство защиты буровых объектов от разрушения при движении ледовых полей» (Патент на полезную модель № 2006142247/03



Рис. 6. Использование природных факторов при защите морской акватории от возможных аварийных нефтяных разливов в ледовый период.

Fig. 6. The use of natural factors in protecting the marine area from possible accidental oil spills during the ice period.

от 06.02.2007 г.). Предлагаемый способ и устройство относятся к области нефтяной и газовой промышленности, к защите их от разрушения при эксплуатации в море, в частности, на Северном Каспии в ледовых условиях.

Устройство для защиты буровых объектов от разрушения при движении ледяных полей представляет собой искусственно созданное препятствие на пути дрейфующих льдов в виде регулируемых по высоте металлических щитов, установленных на дне водоема по периметру бурового объекта и закрепленных на дне винтовыми сваями. Щиты инициируют торошение дрейфующих льдов и образуют вокруг бурового объекта на грунте круговой торос — кольцевую стамуху.

Техническим результатом предлагаемого устройства является дальнейшее усовершенствование устройств защиты от разрушения буровых объектов морской разведки и добычи. Предлагаемое устройство решает задачу защиты от разрушения буровых объектов морской разведки и добычи. Оно включает буровой объект; защитный барьер, состоящий из металлических щитов, установленных на дне водоема, и винтовых свай. Также на схеме (рис. 6) обозначена кольцевая стамуха.

Устройство работает следующим образом. Вокруг бурового объекта устанавливают защитный барьер, обеспечивающий торошение ледяных полей, и закрепляют его четырьмя-шестью винтовыми сваями, которые обеспечивают надежную фиксацию защитного барьера на дне, углубляя их в грунт на 10 м или более, и инициируют образование кольцевой стамухи вокруг бурового объекта.

Дрейфующие под действием ветра ледяные поля встречаются на своем пути защитный барьер, расположенный вокруг бурового объекта, и ломаются. Из-за частой смены направлений ветра при всех типах зим направление и скорость дрейфа льда в море также часто меняется, до 2—5 раз в сутки. Происходит торошение льда, при этом в результате многократной смены направлений ветра с учетом их



Рис. 7. Специально сконструированные и построенные на астраханских верфях баржи «Ледовый барьер» надёжно защищают буровой объект от воздействия дрейфующих льдов.

Fig. 7. The Ice Barrier barges, specially designed and built at Astrakhan shipyards, reliably protect the drilling facility from the effects of drifting ice.

повторяемости вокруг бурового объекта образуется кольцевой торос, сидящий на грунте, который в дальнейшем защищает его от сдвига и разрушения.

Одновременно решается еще одна очень важная проблема — обеспечение экологической безопасности вод Северного Каспия в результате возможных аварийных разливов нефти, поскольку кольцевая стамуха, образовавшаяся вокруг бурового объекта, обеспечивает надежную локализацию источника нефтяного (и любого другого) загрязнения, ограниченного внутренними размерами кольцевой стамухи. Ликвидировать же последствия загрязнения внутри кольцевой стамухи значительно проще, дешевле и безопаснее, чем в открытом море, покрытом дрейфующим, торосистым льдом.

Предлагаемая схема защиты буровых объектов в море достаточно эффективна в период льдообразования, дрейфа и торошения ледяных полей, обеспечивая их безопасную эксплуатацию. Подобный проект реализован и в настоящее время успешно эксплуатируется в Казахском секторе Северного Каспия. Ледоколы являются основным транспортным средством для персонала, обслуживающего эти морские объекты в зимний период. С вертолета хорошо видны барьеры ледовой защиты, окружающие искусственный остров со всех сторон и обеспечивающие защиту объектов ото льда в зимний период, с ноября по апрель (рис. 7).

Выводы и заключение

Климатические изменения гидрометеорологических параметров Каспийского моря отличаются большой межгодовой и вековой изменчивостью [9—11]. Состояние и динамика ледяного покрова Северного Каспия и его экзарационное воздействие на дно также подвержены изменениям. Температурный режим холодного периода года определяет состояние и торосистость ледяного покрова, тем

самым влияя на интенсивность воздействия ледяных торосистых образований на берега и дно. При прочих равных синоптических условиях льдообразования важный фактор, определяющий интенсивность ледово-экзарационного процесса в условиях мелководий Северного Каспия — это текущее положение уровня моря, влияющее на вероятность контакта ледяных торосистых образований с дном. Колебания уровня Каспия, достигающие за расчетный период эксплуатации гидротехнических сооружений нескольких метров, способны приводить к существенному перераспределению глубин и перестройке рельефа дна и соответственно менять условия формирования ледяных торосистых образований и экзарации ими дна и берегов.

В реализации проекта «*Ледовый барьер*» принимают участие более 200 судов (буксиры, баржи, транспортные суда, суда-трубоукладчики, жилые суда и др.). Данный флот работает в чрезвычайно сложной для данной отрасли промышленности мелководной среде, скованной льдом в зимний период.

К настоящему моменту вопрос прогноза интенсивности воздействия ледяного покрова на дно Северного Каспия остается открытым и требует продолжения исследований. Сложность решаемой проблемы определяется слабой изученностью процессов взаимодействия ледяного покрова с грунтовым основанием дна Северного Каспия, а также чрезвычайно высокой изменчивостью положения уровня моря и его ледяного покрова.

Список литературы

1. Яицкая Н. А., Магаева А. А. Ледовый режим Северного Каспия // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2020. № 6. С. 63—72.
2. Лобанов В. А., Наурозбаева Ж. К. О возможных изменениях толщины морского льда в Каспийском море в текущем столетии // Гидрометеорология и экология. 2021. № 62. С. 75—95. doi: 10.33933/2074-2762-2021-62-75-95.
3. Maznev S., Ogorodov S., Baranskaya A. et al. Ice-Gouging Topography of the Exposed Aral Sea Bed. Remote Sens. 2019. 11. p. 113; doi:10.3390/rs11020113 www.mdpi.com/journal/remotesensing.
4. Огородов С. А., Мазнев С. В., Бухарицин П. И. Ледово-экзарационный рельеф на дне Каспийского и Аральского морей // Известия РГО. 2019. Т. 151, Вып. 2, С. 35—50. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-6071151235-50>.
5. Харитонов В. В., Бородкин В. Б. Стамухи: термины и методы исследования // Криосфера Земли, 2020, т. XXIV, № 4, С. 19—24. DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2020-4(19-24).
6. Bukharitsin P. I., Bukharitsin A. P. Ivanov Yu. A. et al. Parametric Approach to Geo-Ecological Studies of Hydrocarbon Development in the Offshore Area of the Caspian Sea. Int J Earth Sci Geophys. 2020. Vol. 6. No. 2. 14 pp. DOI: 10.35840/2631-5033/1836.
7. Костяной А. Г. О необходимости организации комплексного мониторинга Каспийского моря // Проблемы постсоветского пространства. 2014. Т.1. №2 С.110—140. DOI:10.24975/2313-8920-2014-0-2-44-56.
8. Бухарицин П. И. О статье «Климатические изменения толщины льда» на Северном Каспии // Ученые записки РГГМУ. 2018. №53. С. 188—191.
9. Гинзбург А. И., Костяной А. Г., Серых И. В., Лебедев С. А. Климатические изменения гидрометеорологических параметров Каспийского моря (1980—2020) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 5. С. 277—291. doi: 10.21046/2070-7401-2021-18-5-277-291.
10. Малинин В. Н. Грозит ли Каспию судьба Арала? Гидрометеорология и экология. 2022. № 69. С. 746—760. doi: 10.33933/2713-3001-2022-69-746-760.

11. Ивкина Н., Наурозбаева Ж., Клове Б. Влияние изменения климатических условий на ледовый режим Каспийского моря // Центральноазиатский журнал исследований воды. 2017. 3(2). С. 15—29.

References

1. Yaitskaya N. A., Magaeva A. A. The ice regime of the Northern Caspian Sea. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya = Bulletin of the Moscow University. Series 5. Geography*. 2020; (6): (63—72). (In Russ.).
2. Lobanov V. A., Naurozbayeva Zh. K. On possible changes in the thickness of sea ice in the Caspian Sea in the current century. *Gidrometeorologiya i ekologiya = Hydrometeorology and Ecology*. 2021; (62): (75—95). doi: 10.33933/2074-2762-2021-62-75-95. (In Russ.).
3. Maznev S., Ogorodov S., Baranskaya A. et al. Ice-Gouging Topography of the Exposed Aral Sea Bed. *Remote Sens*. 2019; (11): 113. doi:10.3390/rs11020113.
4. Ogorodov S. A., Maznev S. V., Bukharitsin P. I. Ice-extraction relief at the bottom of the Caspian and Aral seas. *Izvestiya RGO = Izv. RGO*. 2019; 151(2): (35—50). doi.org/10.31857/S0869-6071151235-50. (In Russ.).
5. Kharitonov V. V., Borodkin V. B. Stamukhi: terms and research methods. *Kriosfera Zemli = Cryosphere of the Earth*. 2020; 24(4): (19—24). DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2020-4(19-24). (In Russ.).
6. Bukharitsin P. I., Bukharitsin A. P. Ivanov Yu. A. et al. Parametric Approach to Geo-Ecological Studies of Hydrocarbon Development in the Offshore Area of the Caspian Sea // *Int J Earth Sci Geophys*. 2020; 6(2): 14. DOI: 10.35840/2631-5033/1836.
7. Kostyanoy A. G. On the need to organize integrated monitoring of the Caspian Sea. *Problemy postsovet-skogo prostranstva = Problems of the post-Soviet space*. 2014; 1(2): (110—140). DOI:10.24975/2313-8920-2014-0-2-44-56. (In Russ.).
8. Bukharitsin P. I. On the article “Climatic changes in ice thickness” in the Northern Caspian Sea. *Uchenyye zapiski RGGMU = Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University*. 2018; (53): (188—191). (In Russ.).
9. Ginzburg A. I., Kostyanoy A. G., Serykh I. V., Lebedev S. A. Climatic changes in hydrometeorological parameters of the Caspian Sea (1980-2020). *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2021; 18(5): (277—291). doi: 10.21046/2070-7401-2021-18-5-277-291. (In Russ.).
10. Malinin V. N. Is the fate of the Aral Sea threatening the Caspian Sea? *Gidrometeorologiya i ekologiya = Hydrometeorology and Ecology*. 2022; (69): (746—760). doi: 10.33933/2713-3001-2022-69-746-760. (In Russ.).
11. Ivkina N., Naurozbayeva Zh., Klove B. The influence of climate change on the ice regime of the Caspian Sea. *Tsentral'noaziatskiy zhurnal issledovaniy vody = Central Asian Journal of Water Research*. 2017; 3(2): (15—29). (In Russ.).

Информация об авторах

Бухарицин Петр Иванович, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, профессор, руководитель группы исследований экологических проблем в дельте р. Волги, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Российской академии наук (ИВП РАН), astrgo@mail.ru.

Орлов Роман Сергеевич, доцент кафедры «Судовождение», Каспийский институт морского и речного транспорта им. генерала-адмирала Ф. М. Апраксина — филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ», г. Астрахань, Россия.

Information about authors

Buharitsin Petr Ivanovich, Doctor of Geographical Sciences, Leading Researcher, Professor, Head of the Group for Research of Environmental Problems in the Volga Delta, Federal State Budgetary Scientific Institution Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences.

Orlov Roman S., Associate Professor of the Department of Navigation, Caspian Institute of Marine and River Transport named after Admiral F. M. Apraksin — branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “VGUVT”.

Конфликт интересов: конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 21.12.2024

Принята к печати после доработки 04.02.2025

The article was received on 21.12.2024

The article was accepted after revision on 04.02.2025