



ИЗУЧЕНИЕ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ В РАМКАХ ПРОГРАММЫ ПРОВЕДЕНИЯ ФОНОВЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА УЧАСТКЕ ЖАМБАЙ ЮЖНЫЙ – ЮЖНОЕ ЗАБУРУНЬЕ

Е. Ayazbaev*, P.I.Buharitsin**

*NPC Mekensak (Kazakhstan)

**Astrakhan forwarding base of Institute of water problems of the Russian Academy of Sciences
(Russia) Tel.: +7 8512 716254
e-mail: astrgo@mail.ru

Каспийское море относится к морям с сезонным ледяным покровом и отличается большим разнообразием ледовых процессов. Являясь серьезным естественным препятствием в осуществлении хозяйственной деятельности человека на море (рыбном и тюленьем промыслах, судоходстве, а в последние годы и при поисковых нефтеразведочных работах на шельфе Северного Каспия) ледяной покров значительно ограничивает их деятельность, создает реальную угрозу их безопасности. В связи с этим изучение ледовых процессов в море представляет не только научный, но и практический интерес. Проводимые в последнее время Россией и Казахстаном в мелководной северной части Каспийского моря (в том числе и в зимний период) поисковые работы побуждают ученых к международному сотрудничеству в изучении современных зимних гидрологических и ледовых процессов в Северном Каспии. Необходимость и актуальность ледовых исследований заключается еще и в том, что характер и интенсивность ледовых процессов в море существенно изменились в связи с произошедшим в течение последних 30 лет (с 1978г) повышением уровня моря более чем на 2 метра. К сожалению именно в эти годы, в связи с распадом СССР научные программы, в том числе и по исследованию каспийских льдов были свернуты, а в последнее время и вовсе прекращены. В данной работе использованы материалы экспедиционных исследований выполненных в период с декабря 2007г по март 2008г во время производства работ по изучению ледового режима Каспия в рамках программы проведения фоновых экологических исследований на участке Жамбай Южный – Южное Забурунье.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЛЕДОВОМ РЕЖИМЕ

В холодную часть года восточная часть Северного Каспия находится под преобладающим воздействием отрога сибирского антициклона, поэтому атмосферное давление здесь выше, чем над западной частью, что приводит к большой повторяемости ветров восточных румбов. К востоку от Северного Каспия расположены быстро охлаждающиеся осенью полупустыни и степи Казахстана, где зимой отмечаются ранние и сильные морозы. Поэтому восточное побережье Северного Каспия – самый холодный район на всем Каспийском море. Здесь же наиболее холодным является северный участок восточного побережья в районе устья р. Эмбы.

В умеренные зимы первое появление льда, в виде сала, шуги или склянки (т.е. первичных видов), отмечается на прибрежном мелководье в начале ноября в районе Жилой косы, а к середине ноября и в районе мыса Бурунчук во время ночных похолоданий. Первое появление льда здесь, как правило, неустойчивое – в дневные часы лед тает. Устойчивое замерзание наступает в среднем через 7 дней. Образуется припай. В конце ноября граница припая проходит по изобате 2 метра в 3 – 8 милях от берега. В декабре – феврале практически вся восточная часть Северного Каспия покрывается припаем. В аномально суровые зимы лед появляется в октябре. Так, 31 октября 1960г. граница припая, по данным ледовой авиаразведки, проходила по метровым глубинам.

В аномально мягкие зимы первое появление льда отмечается лишь в декабре. Например, 11 декабря 1939г. первый лед отмечался в юго-восточной части побережья, между мысом Бурунчук и Балашовскими шалыгами [1].

Необходимо отметить, что в среднем каждую вторую зиму (т.е. в 50 % случаев) после первого появления льда, и даже после полного замерзания, лед может полностью исчезать, а затем появляться вновь. В отдельные зимы таких полных замерзаний и очищений ото льда может быть два и даже три.

Господствующие восточные ветры приносят с Казахстанских степей большое количество песка и пыли, что существенно влияет на альбедо льда и способствует быстрому весеннему разрушению прибрежного припая.

Под воздействием сильных ветров в припае возникают зоны сжатия и разряжения, что приводит к интенсивным подвижкам, образованию трещин, полыней и торосов. С началом весеннего таяния льда эти процессы усиливаются.

В прибрежной зоне моря с глубинами от 0 до 40 см вода часто промерзает до дна, и лед может лежать на грунте на расстоянии до 10 км от берега.

Весеннее разрушение припая начинается с появления талой воды на льду и водяных заберегов, затем образуется сквозной водяной заберег или обширная прибрежная полынья шириной 10 – 20 км.

В умеренные зимы весеннее разрушение припая происходит в марте, окончательное очищение ото льда – в конце марта – начале апреля.

В аномально суровые зимы окончательное очищение ото льда затягивается до второй половины апреля.

В мягкие зимы уже в конце февраля площадь ледяного покрова незначительна. Так, 18 февраля 1946г. припай был отмечен только на северо-востоке, в районе устья р. Эмбы, а кромка плавучего льда простиралась от Балашовских шалыг на северо – запад, к острову Бороздинному.

В марте в мягкие зимы на востоке Северного Каспия льда практически нет.

Среднее число дней со льдом на севере рассматриваемого района равно 150, на юге – 125, в мягкие - соответственно 130 и 110, в суровые 170 и 140.

Максимальной толщины припай достигает в конце февраля – начале марта. Она колеблется от 48 до 96 см у Жилой косы и от 24 до 65 см у мыса Бурунчук.

Максимальная толщина льда на Жилкосинском рейде – 90см была отмечена 8 марта 1930г. Это самая большая толщина льда естественного (термического) нарастания зарегистрированная наблюдениями на Каспийском море. Толщина льда 96 см отмечена не в

море, а в бывшем заливе, отдельном от моря.

В период разрушения припай превращается в дрейфующий лед. Под действием восточного ветра он может дрейфовать к западу, в результате на крайнем востоке Северного Каспия образуются большие пространства чистой воды, в то время, как на Гурьевской бороздине льда еще много, он занимает большие площади и достаточно прочен. При нагонных западных ветрах лед начинает дрейфовать в сторону восточного побережья, тороситься и нагромождаться на мелководья в виде стамух. Повышение уровня при нагонах способствует наплыву ледяных полей на берег и проникновению льдин на несколько километров вглубь побережья.

При сильном ветре 14-21 м/с (7–8 баллов) скорость дрейфа сплоченных льдов достигает 0,5 м/с. Скорость дрейфа разреженных льдов уже при ветре силой 4–5 баллов (6-11 м/с) может достигать 1 м/с.

Сплошного снежного покрова на льду, как правило, не образуется. Снег скапливается в виде снежных застрогов и пятен слоем до 10 см. С подветренных сторон торосов и гряд торосов образуются сугробы с толщиной слоя снега 40 – 50 см.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЛЕДЯНОМ ПОКРОВЕ

В результате неравномерного дрейфа отдельных ледяных образований происходят разломы и столкновения льдин, приводящие к деформации ледяного покрова. Деформация льда проявляется в образовании наслоений, подсовов и торосов, что приводит к существенному увеличению толщины ледяного покрова. Визуальная оценка степени торосистости ледяного покрова, учитывая различный возрастной состав льда, разновременность возникновения торосистых образований и большое разнообразие форм торосов представляет весьма сложную задачу. Вместе с тем этот элемент наблюдений является одним из самых важных при оценке состояния припая и сплоченных плавучих льдов. Гряды мощных торосов, в которых составляющие их глыбы льда смерзлись в единый монолит, имеют осадку в 4-7 раз превышающую надводную высоту и часто бывают непреодолимым препятствием для плавания не только транспортных судов, но и ледоколов.

Торосящиеся льды обладают огромной разрушительной силой, и представляют не только для судов, но и для всевозможных гидротехнических сооружений, эстакад, платформ и т.д. весьма серьезную опасность.

Припай, особенно у кромки, чаще всего характеризуется грядовой торосистостью.

Плавучие льды в процессе дрейфа, как правило, подвергаются многократному торшению, в результате чего торосистость приобретает беспорядочный характер, когда отдельные нагромождения и ропаки сочетаются с грядами торосов, расположенными в разных направлениях.

В условиях мелководного Северного Каспия дрейфующие торосистые льды часто садятся на мель, чему способствуют сгонно-нагонные колебания уровня моря, характерные для этой части акватории, в результате чего образуются торосистые ледяные образования, сидящие на мели – стамухи [2,4].

Активизация деятельности нефтяных компаний России, Казахстана с зарубежными партнерами, по разведке углеводородного сырья на шельфе Северного Каспия, потребовала серьезного научного, экологического и технического обеспечения этих работ. Результаты совместных ледовых исследований нашли свое конкретное практическое применение. Так, в 1999 году в Астрахани, для нужд казахской компании ОКИОК (Оффшор Казахстан Интернешил Оперейтинг Компани), осуществлена реконструкция типовой погружной буровой баржи, которая была специально адаптирована для работы в уникальных природных и геологических условиях Северо-Восточного Каспия. Подводное основание и борта баржи были модифицированы таким образом, чтобы противостоять ледовым нагрузкам, которые изучались и анализировались на протяжении пяти лет. Проводилось компьютерное моделирование. В результате площадь баржи была увеличена вдвое, добавлены специальные ледовые отражатели с обеих сторон баржи. Отражатели были смоделированы с целью

сдерживания давления льда. На месте постановки баржи в море, с обеих сторон от баржи предусмотрена установка системы мощных металлических свай (глубина заглубления в морское дно до 20 метров), назначение которых – сдерживание натиска дрейфующих льдов и активизация процессов торосообразования на дальних подступах от буровой платформы. В результате вокруг платформы образуются искусственные стамухи, которые сами служат для платформы надежной защитой от движущихся льдов.

Прогноз направления движения льдов под воздействием ветра и течений имеет огромное значение, поскольку недоучет этих факторов может привести к катастрофическому положению. Так, в качестве примера приведем ситуацию, возникшую в декабре 2007 года в районе структуры «Кашаган». Ситуация достигла критической 16 января, когда в результате штормового ветра и интенсивных подвижек льда был полностью блокирован битым льдом толщиной до 1,5м подходной канал. При этом суда оказались парализованными на несколько недель, что привело к вынужденной эвакуации всего персонала.

ЛЕДОВЫЕ УСЛОВИЯ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД 2007/2008гг

По условиям суровости зима 2007-2008гг. (прогноз, составленный 10 октября 2007г. ледовая обстановка на Нижней Волге и Северном Каспии в целом ожидалась близкой к средним многолетним значениям – “умеренная зима” (таблица 1).

Таблица 1.

Типизация зим на Северном Каспии по степени их суровости (сумме градусо-дней мороза, $\sum -t_{\text{ср.сут.}}^{\circ}\text{С}$ по п. Астрахань) [3].

Очень суровая зима	Суровая зима	Умеренная зима	Мягкая зима	Очень мягкая зима
Более 900° С	900-700° С	700-400° С	400-100° С	100° С и менее

Сумма отрицательных среднесуточных температур воздуха по порту Астрахань за зиму составила -544,9°, что соответствует критерию “умеренная” зима; по Пешному и Жамбаю (Республика Казахстан) -922,1° и -841 соответственно, что соответствует критерию “очень суровая” зима (таблица 2).

Таблица 2.

Сумма градусо-дней мороза за зиму 2007-2008гг. по пунктам Северного Каспия.

Пункты	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Сумма отрицательных среднесуточных температур воздуха (градусо-дней мороза) за зиму
Астрахань	с 07.11 -28,7	-100,3	-274,9	-141,0 по 22.02	--	-544,9
Пешной	с 07.11 -62,3	-209	-422,2	-228,6 по 23.02	--	-922,1
Жамбай	-51	-190	-400	-200	--	-841

В связи с ранним похолоданием (в ноябре месяце) и вследствие этого быстрым выхолаживанием воды на мелких водотоках образовался лед первичных форм (сало) к концу месяца на ериках образовался ледостав с полыньями, толщина льда составила 5-10см.

Максимальное похолодание было отмечено в северо-восточной части дельты р. Волги, в результате чего на р.Ахтуба 23.11 образовались забереги (п.Ахтубинск) (в п.Досанг - 24.11-забереги), 25.11 – уже ледостав с полыньями, 27.11 – ледостав (в п.Досанг- 26.11 - неполный ледостав). Устойчивый холод держался весь декабрь. 16.12 на р.Волге наблюдался щугоход, 19.11 ледоход от среднего до густого, в п. Зеленга выше гидрологического поста образовался затор. В порту Астрахань 18.12 образовались забереги, 20.12 – ледостав с полыньями, 25.12 на Нижней Волге образовался ледостав повсеместно, толщина льда составила 10-15 см. В п.

Енотоевка и п. Лебяжье 24.12 был густой ледоход, 26.12 отмечался ледостав с торосами.

Толщина льда у п. Ахтубинск составила 23см, в п. Досанг – 9см. В конце декабря в тылу атлантического циклона произошло вторжение холодных воздушных масс по ультраполярной траектории, что привело к установлению Казахстанского антициклона, что привело к дальнейшему выхолаживанию подстилающей поверхности и значительному понижению температуры воздуха, вследствие чего резко усилились ледовые процессы, как на Нижней Волге, так и в северной части Каспийского моря.

В северо-восточной части Северного Каспия с 23 ноября на мелководьях произошло появление первичных форм льда, в виде ниласа (толщиной 5-10см).

По данным ИСЗ, на востоке 13 декабря кромка льда проходила по 52 меридиану (району работ), далее поворачивала на запад вдоль северного побережья до 50 меридиана, на глубинах до 1,0-2,0м образовался припай. Кромка льда к 17.12 продвинулась на запад, юго-запад до 5-ти метровых глубин, припай установился и вдоль северного побережья до 50 меридиана на глубине 1-2м.

К 18.12 ледовые процессы усилились, и кромка льда продвинулась на запад до 49 меридиана, при этом в районе 21050 льда не наблюдалось. К концу месяца вся северо-восточная часть Северного Каспия была полностью покрыта припаем (в районе 21050 был в виде сморозей из дрейфующих льдов), кромка льда продвинулась от Мангышлакского залива вдоль 45 параллели до западного побережья (банка Песчаная).

В начале января произошло усиление морозов (по п. Астрахань минимальная температура 04.01 до -23,0°C, по п. Атырау со 02.01 до 13.01 держались минимальные ночные температуры ниже -20,0° мороза, минимум был отмечен 12.01 -27,5°C).

Граница припая 9 января проходила по 5-ти метровой изобате, район работ был полностью покрыт неподвижным льдом. Кромка льда проходила в 22 милях южнее местоположения Астраханского приемного плавмаяка, вдоль западного берега моря по 10-ти метровой изобате до района п. Избербаш. Граница дрейфующих льдов проходила по 20-ти метровой изобате.

Толщина льда в первой декаде января 2008г. составила: в северо-восточной части 45-55 см, в северо-западной 25-45 см. Максимальной за сезон толщины ровный ненаслоенный лед достиг во второй декаде января и составил: на северо-западе моря 55 см, на северо-востоке 60 см.

В зимний период 2007-2008гг. наиболее низкие температуры отмечались с 05.01 по 28.01 и с 01.02 по 22.02 вдоль всех побережий Каспийского моря. Низкие температуры вдоль восточного побережья держались до 28.01 и повторно в феврале до 21.02

На северо-востоке Северного Каспия и в районе работ 1 февраля вследствие сильных северо-западных ветров произошел взлом припая и вынос дрейфующих серо-белых льдов в глубоководную часть моря, в районе работ на льду появились трещины.

Лишь в конце февраля на Северном Каспии началось термическое разрушение льда.

06.03. в районе работ сохранился припай на 1-2х метровой глубине, на Гурьевской Бороздине наблюдались дрейфующие льды серо-белого льда, в виде обломков ледяных полей и малые ледяные поля, а также крупно- и мелкобитый лед различной сплоченности, разрушенность льда составила 1 балл.

Граница этих дрейфующих полей доходила до 20-ти метровой изобаты. Отдельные дрейфующие поля доходили до банки Средняя Жемчужная.

8 марта очистился ото льда о. Жемчужный, 10 марта – о.Чистая Банка и о.Кулалы, 12 марта – о.Укатный.

К концу марта район работ освободился ото льда, дрейфующий лед сохранялся только в северо-восточной части Северного Каспия, сплоченность дрейфующих льдов составила от 1 до 4 баллов крупно и мелкобитого льда на Гурьевской Бороздине, и от 4 до 8 баллов - на востоке, северо-востоке района 21120. Также наблюдались отдельные стамухи среди чистой воды.

Полное очищение ото льда северо-восточной части Северного Каспия в 2008 году

произошло 1 апреля.

Полученные с ИСЗ фотоснимки позволили строить карты фактического положения кромок льда и надежно оценивать характеристики ледяного покрова (рис. 1 – 3).

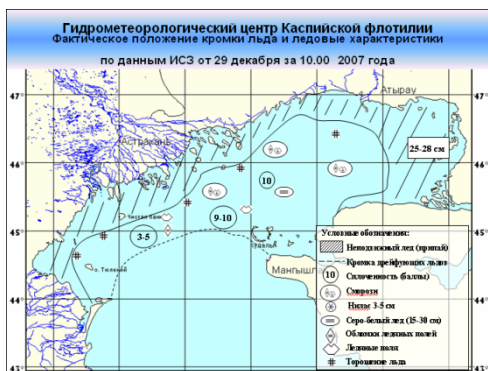


Рис. 1. Ледовая обстановка на 29 декабря 2007 года.



Рис.2. Ледовая обстановка на 30 января 2008г.



Рис.3. Карта фактического положения кромок льда и ледовые характеристики на 21 февраля 2008г.

Примечание: Ледовые карты (рис. 1-3) составлены в Гидрометеорологическом центре Каспийской флотилии.

МАТЕРИАЛЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Согласно Программе проведения фоновых экологических исследований на участке Жамбай Южный и Южное Забурунье зимой 2008 года была проведена ледовая разведка, включающая наблюдения за изменением толщины и плотности дрейфующего и припайного льда (с помощью инструментальных замеров). Кроме этого, изучение ледового режима включало исследования по:

Морфометрическим характеристикам льда и торосистых образований;
 толщине льда на станциях исследований;
 средней плотности льда; прочностных характеристик льда и ледового покрова в целом;
 зависимости движения льдов от ветрового режима и морских волн;
 изучению механизма образования торосов (сжатие, подвижки, навалы, вынос льда, размеры льдин, оторвавшихся от кромки, скорости их движения).

Изучения ледового режима Каспия на данном участке проводилось с помощью вертолета (обзорная ледовая авиаразведка), искусственных спутников земли (использование космоснимков) и наземного транспорта (аэроботов) на станциях, координаты которых приведены в *таблице 3*.

Таблица 3.

Координаты наблюдательных станций за ледовым режимом

№№ п/п	Тип станции	X	Y
1	Исследования ледового режима	46°20'	49°43'
2	-«-	46°22'30"	49°47'
3	-«-	46°20'30"	49°52'
4	-«-	46°16'45"	49°53'
5	-«-	46°30'	49°56'
6	-«-	46°14'30"	49°52'

Первая ледовая авиаразведка Северо-восточной части Каспийского моря выполнена 28 января 2008г на вертолете Ми-8 № 24471 по маршруту Атырау - середина Гурьевской бороздины - меридиан 50° в.д. - далее работа по точкам №№ 1-6 (район исследований) и возвращение в Атырау.

Продолжительность полета 5 часов 30 минут. Высота полета 100 м, скорость 200 км\час.

Состав экипажа – 3 человека, членов экспедиции – 4 человека.

Метеорологические условия полета. Ветер юго-восточный 5-8 м\с, облачность среднего яруса 9-10 баллов. Горизонтальная видимость 15 км.

Состояние ледяного покрова. На р. Урал полный ледостав. На льду функционирует ледовая дорога, на льду наблюдается движение авто- и мото- транспорта. На выходе Урало-Каспийского канала два судна: одно затонувшее, второе стоит во льду у левого берега канала. Припай ровный, заснеженность 1 балл. Лед однородный, без наслоений и торосов. Толщина снега на льду не более 10см.

В точке с координатами 46°44'с.ш. и 51° 28'в.д. пересекли две трещины, ориентированные параллельно берегу, по изобатам.

По правому борту, параллельно маршруту полета еще трещина, идущая в направлении с севера на юг. Ширина трещины около метра.

Видны следы старых подвижек и наслоений. Наслоенность льда 10 баллов. Наслоение происходило в начальный период ледообразования, когда толщина льда не превышала 10см.

Общая торосистость льда не превышает 1 балла. Наблюдаются отдельные гряды торосов, их высота не превышает 0,5м.

В точке с координатами 46°31'11''с.ш. и 51°29'61''в.д. еще трещина, ориентирована с северо-востока на юго-запад. Ее ширина также около 1 метра.

Наслоенность льда 10 баллов, торосистость льда увеличивается до 2 баллов.

Высота торосов менее метра, протяженность гряд торосов от десятков до нескольких сотен метров (Рис.4).



Рис.4. Гряда торосов.

Слева по борту на расстоянии 15-20 километров буровая платформа в припайном льду. От буровой в направлении с северо-востока на юго-запад видна ледокольная тропа.

В центральной части Гурьевской Бороздины лед преимущественно ровный, слаботоросистый, заснеженность 1 балл.

В 11ч. 13 мин в точке с координатами 46°28'с.ш. и 51°33'в.д. поворот на 90°. Продолжаем движение на запад. Видимость улучшилась до 20 км\ч. Появились тюлени.

Торосистость постепенно увеличивается до 2 баллов. Гряды старых торосов высотой до 1 метра. Толщина льдин, слагающих эти торосы, не превышает 30 см, и они занесены снегом, что говорит о том, что они образовались сравнительно давно. Заснеженность льда не превышает 1 балла.

В районе меридиана 50° припай ровный. На участке запланированных ледовых работ в районе о. Новинский трещина. Лед ровный, без торосов, со следами старых наслоений в начальный период ледообразования.

Первая посадка в точке №1. Инструментально измеренная толщина льда 48 см. Лед ровный заснеженность менее 1 балла, снежные заструги; Точка № 2. Толщина льда 55 см. Лед ровный, ненаслоенный, снежные заструги; Точка № 3 – 44 см; Точка № 4 – 47 см; Точка № 5 – 50 см; Точка № 6 – 46 см. Средняя толщина ровного, ненаслоенного льда в районе работ составляет 47 см.

На обратном пути по маршруту полета лед ровный, заснеженность менее 1 балла, снежные заструги. Много термических трещин. Снежные заструги ориентированы в разных направлениях, что говорит о частой смене направлений ветра.

В припае наблюдаются динамические трещины, ориентированные от берега в сторону моря и небольшие стамухи.

Продолжение работ производилось в соответствии с ТЗ на аэроботе 29.01.08г. Состав группы 5 человек.

Метеорологические условия в районе работ. Облачность среднего яруса, 10 бл. Ветер ССВ – 3-5 м\с, с переходом во второй половине дня на ЮВ 5-7 м\с. Атмосферное давление 766 мм рт.ст. Температура воздуха минус 2° С.

По психрометрической таблице находим характеристики влажности воздуха:

td - точка росы (в градусах Цельсия) - минус 2,9;

e - упругость водяного пара (в миллибарах) - 4,95;

f - относительная влажность воздуха (в процентах) - 94;

d - дефицит упругости водяного пара (в миллибарах) - 0,32.

Гидрологические условия и характеристика ледяного покрова. Глубина моря в точке №2 – 1,72м. Толщина льда 55см. Лед ровный, ненаслоенный. Заснеженность 1 балл. Слой снега на

льду 3-5см. Снежный покров плотный, сверху уплотненная корка (наст).

Получены керны льда. Образцы имеют явно выраженную слоистость (4 слоя) (Рис.5).



Рис.5. Измерение температуры разных слоев в керне льда.

1 слой – 0-7 см – матовый, непрозрачный, с включениями газовых микропузырьков;

2 слой – 7-10 см – прозрачный, кристаллический лед;

3 слой – 10-22 см – матовый лед;

4 слой – 22-55 см – прозрачный, кристаллический лед.

Температура льда:

Верхний слой – минус 0,8° С.

Средний слой – 0,0° С

Нижний слой – минус 0,5° С.

Отобраны пробы:

Проба воды (1,0 л) – на фитопланктон;

Три пробы льда из керна:

Проба №1-верхний слой льда;

Проба №2-средний слой льда;

Проба №3-нижний слой льда.

Исследована гряда торосов в районе точки №2 (46°26'06''с.ш. и 49°55'25'' в.д.).

Гряда торосов ориентирована в меридиональном направлении, с юга на север.

Высота тороса 1,35м (от уровня ровного льда). Глубина моря 1,55см.

Заложен профиль длиной 25м перпендикулярно торосу, от его вершины на восток.

Точки на профиле через 5м:

№1 – толщина ровного льда 50 см; №2 – 50 см; №3 – 45 см; №3 (промежуточная, через 2,5м) – 42 см; №4 – 35 см; №5 – 35 см (под вершиной тороса).

Отобраны керны льда. Толщина льда 50см.

Лед слоистый, наблюдается 8 слоев:

1 слой – 0-10 см – матовый, непрозрачный, с включениями газовых микропузырьков;

2 слой – 10-13 см – прозрачный, кристаллический лед;

3 слой – 13-15 см – матовый лед;

4 слой – 15-27 см – прозрачный, кристаллический лед;

5 слой – 27-29 см – матовый лед;

6 слой – 29-41 см – прозрачный лед;

7 слой – 41-44 см – непрозрачный лед;

8 слой – 44-50 см - прозрачный лед.

По пути на базу исследована динамическая трещина в точке с координатами 46°38'32''с.ш. и 50°05'56'' в.д.

Время 17ч 46 мин (Атырауское). Ветер ЮВ 7 м\с. Атмосферное давление 1025 мб. Облачность среднего яруса, 10 бл. Горизонтальная видимость 10км.

Протяженность трещины (видимая) от горизонта до горизонта. Ширина трещины 80-

100см. Толщина льда на изломе 55см (Рис 6).



Рис.6. Трещина во льду.

5 и 6 февраля ледовые авиаработы были отложены из-за нелетной погоды. В море в районе исследований был сильный туман.

Запланированные работы с применением вертолета частично удалось выполнить лишь 7 и 8 февраля. По данным авиаразведки в районе исследований (район точек №№ 1-6) начался взлом припайных льдов. Точки №№1-3 оказались в зоне дрейфующих льдов.

В результате начавшегося 7 февраля похолодания произошло усиление ледовых процессов. Возобновилось нарастание толщины ровного, припайного льда. Началось смерзание льдин, образовавшихся в результате подвижек и взлома припайных льдов, произошло образование обширных заприпайных полыней и разводий, на которых сразу же образовался молодой тонкий лед – нилас. В южной части района исследований припай также подвергся частичному взлому. К югу от района работ интенсивные подвижки, торошение и дрейф льда. Сплоченность дрейфующих льдов 7-9 баллов. К 10 февраля в районе исследований произошло дальнейшее усиление динамических процессов, торосистость льда под воздействием сильных ветров переменных направлений возросла до 2-3 баллов.

К западу от района исследований, вдоль берега о. Чистая Банка, в результате подвижек образовались мощные навалы льда высотой более 4-х метров (при посадке на ровный лед около торосов, их высота оказалась выше вертолета Ми-8). Инструментально измеренная толщина ровного льда здесь составляет 35см.

К востоку и юго-востоку от района исследований (район Гурьевской Бороздины) припай взломан полностью. Дрейфующий лед в виде плавучего, в форме полей и обломков полей тонкого белого льда толщиной 40-60см, сплоченностью 6-10 баллов.

Большую помощь при выполнении работ оказало использование оперативных данных, получаемых со снимков ИСЗ серии NOAA.

Авиаработы, запланированные на 15 февраля по погодным условиям были перенесены на 16 февраля. В связи с прохождением фронта окклюзии весь район был закрыт для авиации с 08ч00м до 18ч00м мск. времени.

16 февраля полет выполнялся на вертолете Ми-8 Краснодарского авиапредприятия бортовой №55. Состав экипажа 3 человека. Пассажиров 12 человек. Экспедиционного оборудования 1,5 тонны.

Программой исследований запланированы работы на застамушенной льдине в 1 километре западнее структуры им. Филановского и в 10 км к востоку-юго-востоку от о. Малый Жемчужный, в точке с координатами: 45°00'47 с.ш. 48°27'16 в.д.

Выбор точки исследований основан на том, что эта льдина не местного происхождения, а вынесена с восточного сектора устьевого взморья Волги. Первоначальные размеры льдины были около 1км в поперечнике. Ее дрейф начался несколько недель назад после взлома припая южнее о. Новинский. За время дрейфа льдина преодолела расстояние 60-70км в юго-

западном направлении, двигаясь со скоростью 3-5 км\сутки.

Льдина состоит из пресного речного, кристаллического льда, толщиной 34-37 см. Лед слоистый, аналогичный пролам льда, отобранному в кернах на точках №1-6 28-29 января 2008 г.

Льдина застамушилась своей передней частью на глубине примерно 5,5-5,8 м, где образовалась большая стамуха. Ее максимальная измеренная высота составляет 8 метров. Края льдины в процессе дрейфа обломались. Примерно посередине льдины прошла поперечная трещина. Льдина равномерно покрыта плотным снегом. Слой снега составляет 3-5, местами до 7-8 см.

К северу от льдины находится заприпайная полынья, ширина которой составляет 25-30 км. Полынья имеет ориентацию в генеральном направлении с юго-запада на северо-восток.

Полынья покрыта молодым тонким льдом - ниласом. К югу от льдины открытое пространство чистой воды. Вдоль восточной оконечности льдины образовалась гряда торосов с высотой паруса до 2 м и глубиной киля более 2-х метров. Далее на восток и юго-восток видимое пространство моря покрыто сплоченным дрейфующим льдом.

Через гряду торосов в восточной оконечности льдины, перпендикулярно гряде торосов, было выполнено два профиля по 50 м каждый с точками термобурения через 5 метров.

Глубина моря в этом месте 6,5-6,8 метра, однако нет полной уверенности в том, что эта гряда торосов не достигла где-то дна и также застамушилась, как и передняя часть льдины.

Размеры обломков льдин в торосах варьируются в больших пределах.

Размеры крупных блоков составляют 3х3х0,37 м, средних блоков 1х1х0,30 м и мелких 0,5х0,30х0,15 м. Мелкие блоки образовались, по-видимому, из более молодого льда в полыньях и трещинах.

Произведены отборы кернов льда для определения прочностных характеристик. Предварительные данные говорят о том, что речной пресный лед образовался в результате быстрого замерзания, имеет кристаллическую структуру и высокие прочностные характеристики.

В отличие от пресного льда в исследуемой льдине, вода в районе исследований солоноватая, что еще раз подтверждает не местное происхождение льдины.

7 февраля выполнена обзорная ледовая авиаразведка по маршруту: Астрахань - о. Чистая Банка - о. Малый Жемчужный – 45°00' с.ш. 49°00' в.д. – Астрахань. Уточнены границы припая, распределение и возрастные характеристики дрейфующего льда, места расположения наиболее крупных торосистых образований и стамух.

Ледовая авиаразведка в северо-восточной части Каспийского моря выполнена 05 марта 2008 г на вертолете Ми-8 по маршруту Атырау - район исследований (точки №№ 1-6) - работа в районе исследований с посадками на лед - возвращение в Атырау. Продолжительность полета 3 часа 30 минут. Высота полета 100 м, скорость 200 км\час.

Состав экипажа – 3 человека, члены экспедиции – 3 человека.

Высадка на точках людей для выполнения работ осуществлялась с посадкой вертолета на лед (без остановки двигателя в целях безопасности), при этом перед каждой посадкой один из членов экипажа предварительно высаживался на лед и лично проверял состояние ледяного покрова и возможность посадки вертолета.

Метеорологические условия полета. Ветер западный 5-8 м\с, температура воздуха 0°С, облачность нижнего яруса 9-10 баллов. Горизонтальная видимость 10-15 км.

Состояние ледяного покрова. На устьевом взморье р. Урал лед (по международной шкале возрастных характеристик льда) в виде припая белого тонкого однолетнего льда (30-50 см), без признаков снега. Цвет льда бело-голубой, ровный, без трещин. Вода на льду – признак начала термического разрушения припая.

Граница припая проходит ориентировочно по 2-3 метровым изобатам в генеральном направлении с востока на запад, постепенно приближаясь к береговой линии в районе о. Новинский. Здесь ширина припайного льда не превышает 10 км. К югу от припая, вдоль его границы протяженная заприпайная полынья, покрытая более молодыми, плавучими льдами.

Преимущественно дрейфующий лед состоит из темного и светлого ниласа (толщиной до 10см) и серого льда (толщиной 15см) в форме полей, обломков полей и крупно-мелко битого льда, сплоченностью 8-10 баллов.

Западнее долготы 50°40' стали появляться обширные разводья чистой воды, сплоченность плавучих льдов уменьшилась до 6-8 баллов.

В районах точек №№1, 4 и 6 отмечены протяженные гряды торосов, сидящие на грунте (стамухи). Они ориентированы с севера на юг, их протяженность от нескольких десятков метров, до километра. Высота торосов от 2 до 4м. Отдельные их вершины – до 5м от поверхности ровного льда. Ширина гряд преимущественно не превышает 50м. Торосы и стамухи сравнительно молодые, сформировались во второй половине февраля и состоят из крупных (до 5м), средних (1м) и мелких (менее 1м) блоков молодого белого льда толщиной 40-50см.

На всех точках исследуемого района лед находится на первой стадии термического разрушения. Снежный покров отсутствует. Вода на льду.

Инструментально измеренные толщины льда в точках №№ 1-6 составляют:

Точка №1 (46°14'30''с.ш. 49°51'37''в.д.) – 48 см; Точка №2 (46°22'15''с.ш. 49°46'51''в.д.) – 40 см; Точка №3 (46°20'19''с.ш. 49°52'05''в.д.) – 46 см; Точка №4 (46°16'22''с.ш. 49°53'11''в.д.) – 44 см; Точка №5 (46°30'13''с.ш. 49°55'51''в.д.) – 55 см; Точка №6 (46°19'50''с.ш. 49°43'14''в.д.) – 46 см.

Толщина ненарушенного, ровного ледяного покрова в районе работ за период с декабря 2007г. по март 2008г. изменялась в пределах от 25 до 60см (таблица 4).

Таблица 4.

Толщины льда на структуре «Жамбай», см.

Декабрь 2007г.			Январь 2008г.			Февраль 2008г.			Март 2008г.	
1-я декада	2-я декада	3-я декада	1-я декада	2-я декада	3-я декада	1-я декада	2-я декада	3-я декада	1-я декада	2-я декада
-	-	25	35	45	55	55	60	55	50	40

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отобранные в ходе проведения ледовой авиаразведки керны льда были исследованы на химический состав воды льдов. Кроме этого, изучались прочностные характеристики проб льда.

В таблице 5 приведены данные о химическом составе воды, полученной из кернов льда. Химические анализы проводились в лаборатории ТОО «Мониторинг» (г. Атырау).

Таблица 5.

Результаты химического анализа воды кернов льда на точках исследования ледового режима (в скобках ПДКр.х.)

№№ п/п	Наименование параметра (в скобках ПДКр.х.)	№ станции и её координаты					
		№1 46°20' 49°43'	№2 46°22'30" 49°47'	№3 46°20'30" 49°52'	№4 46°16'45" 49°53'	№5 46°30' 49°56'	№6 46°14'30" 49°52'
1	Аммоний солевой, мг/л (0,5)	0,14	0,12	0,16	0,14	0,15	0,14
2	Нитриты, мг/л (0,08)	0,0148	0,0146	0,0152	0,142	0,144	0,146
3	Нитраты, мг/л (40,0)	0,102	0,108	0,106	0,104	0,104	0,104
4	Хлориды, мг/л	501,5	502,3	503,2	502,4	501,6	501,6
5	Сульфаты, мг/л	118,4	120,4	119,6	118,6	118,8	118,6
6	Гидрокарбонаты, мг/л	77,5	78,0	76,8	77,6	77,8	77,6

7	Жесткость, мг-экв/л	11,05	11,08	11,06	11,04	11,06	11,04
8	Кальций, мг/л (180)	114,8	115,2	114,6	114,5	114,7	114,6
9	Магний, мг/л	64,7	66,8	65,6	64,6	64,8	64,8
10	Сухой остаток, мг/л	1099,5	1100,0	1098,0	1099,6	1099,8	1099,4
11	Σ Na+K, мг/л (390)	172,2	174,0	173,1	172,6	172,4	172,4

Как видно из таблицы, содержание всех ингредиентов ниже установленных ПДК р.х. По величине сухого остатка вода из кернов льда относится к пресной.

рН воды в верхней, средней и нижних частях льда изменялось от 5,21 до 5,29. По принятой классификации по определенному рН, вода относится к слабокислой, что, вероятно, связано с атмосферными выпадениями на поверхность льда.

ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЬДА

Физическое состояние ледяного покрова определялось, как правило, слабо отрицательными значениями температуры воздуха, часто переходящими через ноль. Поэтому отрицательная температура минус 1,1...-4,5°C наблюдалась только в поверхностном слое ледяного покрова.

Соленость льда колебалась в пределах от 0,1 до 0,4‰.

Миграция жидкой фазы из поверхностного слоя ледяного покрова заметно влияет на плотность льда, уменьшая ее значения в этом слое до величин 830-850кг/м³. В среднем и нижнем его слоях, где отмечаются ярко выраженная текстурная слоистость, в зависимости от содержания воздушных включений значения плотности льда изменяются в пределах 870-900кг/м³ [5].

Условия формирования льда с частыми прогревами до температуры, близкой к 0°C в значительной мере определяют особенности его текстуры. Увеличение содержания жидкой фазы до максимальных значений с последующей ее миграцией при наступлении оттепелей способствует развитию вторичной пористости. Обилие воздушных пор разнообразных размеров формирует слоистый лед, состоящий из полупрозрачных и непрозрачных слоев с неярко выраженным белесоватым оттенком.

При полном стекании жидкой фазы из поверхностного слоя он становится рыхлым и приобретает молочно-белый цвет. Анализ структуры показывает, что лед образуется из разнотекстурированных изометрических кристаллов размером 2-10мм, характерных для льда типов А6 и Б6 (Морской лед..., 1977).

В период наиболее устойчивого ледообразования происходит вертикальное развитие мелковолокнистых кристаллов вдоль базисной плоскости, в результате чего формируется слой льда типа А4 и Б4.

В *таблице 6* приведены данные о средних и экстремальных значениях прочности льда на исследуемой акватории при изгибе (исследовались верхние, средние и нижние слои льда).

Таблица 6.

Сводная таблица средних и экстремальных значений прочности льда при изгибе (сизг.), МПа

Характеристика	По отдельным образцам				Осредненные по слоям			Льдина в целом
	верх	середина	низ	все слои	верх	середина	низ	
Среднее значение	0,87	0,80	0,68	0,78	0,85	0,79	0,72	0,84
Максимум	2,17	2,16	1,62	2,17	1,93	1,53	1,77	1,77
Минимум	0,01	0,01	0,01	0,01	0,10	0,10	0,09	0,09
Количество измерений	191	193	169	553	112	112	110	112

Как видно из данных таблицы, минимальные значения прочности льда изменяются от 0,01

до 0,10МПа при среднем значении 0,09МПа, а максимальные – от 1,53 до 2,17МПа при среднем значении 1,77МПа.

Выполненные исследования и анализ полученных результатов показали, что наиболее благоприятным условием для развития процессов формирования наслоенного льда является преобладание нагонного юго-восточного ветра, направленного нормально по отношению к расположению береговой черты.

Сформировавшиеся торосы относятся к блоковому или наслоенному типам, образование которых обычно происходит как за счет наслоения блоков один на другой, так и их подсовов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подобные комплексные полевые исследования ледяного покрова в восточном секторе Северного Каспия не выполнялись в течение последних 15-20 лет.

На основании представленных в отчете материалов наблюдений за ледяным покровом можно судить о сложности, многообразии и неоднозначности происходящих здесь ледовых процессов.

Зимний ледовый режим в исследуемом районе моря весьма сложен, а происходящие здесь ледовые процессы представляют реальную угрозу для всевозможных гидротехнических и иных инженерных сооружений, расположенных на берегу, а особенно на шельфе Северного Каспия, а также при осуществлении судоходства во льдах. Проектирование, строительство и безаварийная эксплуатация буровых установок в районе исследований также во многом будет зависеть от правильной оценки «ледового фактора» и грамотного использования в инженерной практике всех имеющихся на сегодняшний день данных о ледовом режиме в этой части акватории Северного Каспия.

Анализ полученных в результате экспедиционных исследований материалов на Контрактной территории ТОО «Жамбай» (участок Жамбай Южный и Южное Забурунье), выполненных зимой 2007/2008гг., показал, что ледовые процессы в районе проведения исследований проходили по типу, характерному для восточной части Северного Каспия.

За зимний сезон сумма отрицательных среднесуточных температур по Астрахани составила минус 640°С (показатель «умеренной» зимы), а по Атырау она составила более 900°С, что соответствует показателю «суровой» зимы.

Максимальная за сезон толщина ровного льда термического нарастания в районе исследований составила 40-60см, в то же время толщина льда в западной части Северного Каспия не превышала 35см.

Граница припая и кромка плавучих льдов постоянно меняли свое местоположение под воздействием ветров и течений. При усилении ветра любого направления до штормового (12 и более м/с) повсеместно происходили подвижки льда. Если в тонком льду (при толщине до 35см) при подвижках преобладают процессы наслоения льдин, то в более толстом льду (толщина более 35см) преобладают процессы торошения.

К сожалению, в последние годы, в силу известных обстоятельств, исследования ледового режима Северного Каспия были свернуты практически полностью, причем, сокращение работ происходило именно в те годы, когда уровень Каспийского моря интенсивно повышался, оказывая влияние и на изменчивость ледовых процессов (характер дрейфа, торошения, нарастание толщины льда, площадь ледяного покрова, сроки появления льда и очищение моря и др. моря и др.

Подвижки и дрейф льдов в мелководной северной части Каспийского моря способны оказывать существенное влияние на хозяйственную деятельность человека. Кроме этого, установлено, что возникновение мелкомасштабных зон гипоксии на мелководье в зимний период, в местах интенсивного торосообразования и скопления стамух, явление весьма распространенное. Оно приводит к резкому сокращению видового состава и общей биомассы фитопланктона в заморных зонах, а в некоторых случаях и к полному его исчезновению.

Поскольку ледовому выпаживанию (взаимодействию дрейфующих льдов с морским дном)

подвержены мелководные участки морского дна более чем на 50% площади Северного Каспия (свыше 200 квадратных километров), можно утверждать, что эти процессы имеют массовый (хотя и сезонный) характер, и потому играют важную роль в экологии данного водоема. Наряду с чисто механическим перемещением огромных масс донного грунта происходит угнетение донной, островной и прибрежной растительности и организмов. В период весеннего разрушения ледяной покров может играть и положительную роль, очищая устьевое взморье Волги, Урала и прибрежные мелководья от отмершей прошлогодней растительности, снижая тем самым вероятность возникновения здесь заморных явлений в теплый период года. Серьезную угрозу представляют каспийские льды для деятельности нефтяных компаний, которые в ближайшем будущем приступят к промышленной добыче углеводородного сырья на разведанных участках акватории Северного Каспия.

Учитывая это, на наш взгляд в будущем следует предусмотреть:

- возможность возобновления регулярных совместных визуальных ледовых авиаразведок по всей акватории Северного Каспия (казахской и российской) с периодичностью приблизительно: I раз в 10 дней при установившемся ледяном покрове (январь - февраль), и I раз в 3-7 дней в периоды развития ледяного покрова (ноябрь-декабрь) и его разрушения (март-апрель);

- целесообразность более активного привлечения для этих же целей регулярной оперативной космической (спутниковой) информации о состоянии и изменчивости во времени ледяного покрова;

- возможность изучения физических, динамических и др. характеристик непосредственно на льду, в местах предполагаемой постановки буровых установок, с помощью вертолета и наземных транспортных средств;

- разработку и внедрение новых методов ледовых прогнозов.

В связи с выше изложенным, для более полной оценки возможного неблагоприятного влияния льдов на будущую производственную деятельность на Контрактной территории ТОО «Жамбай», считаем целесообразным продолжение ледовых исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас льдов Каспийского моря. Гидрометеиздат, Л., 1961.
2. Бухарицин П.И. Гидрологические процессы в Северном Каспии в зимний период // Диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук в форме научного доклада. М., 1996.
3. Бухарицин П.И. Метод расчета и прогноза толщины наслоенного льда в открытых районах Северного Каспия. - Водные ресурсы, № 5, 1992, с. 60 - 64.
4. Гидрометеорология и гидрохимия морей. том VI, Каспийское море. Вып. 1 гидрометеорологические условия, С-П, 1992.
5. Цуриков В.Л. К вопросу о влиянии плотности льда на его прочность (Тр. ГОИН. - 1947. - Вып.2/14) - с. 89 - 106.