

Дрейфующие льды торосы и стамухи Каспийского моря

Монография основана на собственных многолетних материалах наблюдений и результатах исследований автора. Используются также обобщенные данные зимних гидрологических экспедиций в Северном Каспии выполненных различными организациями с 1927 г. по настоящее время. Цель работы – изучить особенности гидрологических процессов в Северном Каспии в зимний период. Определить интенсивность, продолжительность, границы распространения, повторяемость опасных для человека элементов ледового режима. Впервые в отечественной океанологии подробно исследовано влияние колебаний уровня моря на характер ледовых процессов. Исследованы закономерности образования, динамики формирования и развития элементов ледяного покрова в зависимости от особенностей зимних гидрометеорологических процессов. Исследовано влияние штормовых нагонов в Северном Каспии в зимний период на характер ледовых процессов. Установлены критерии опасности ледовых явлений для морских отраслей народного хозяйства. Впервые на Каспийском море для целей систематического изучения ледовых процессов автором применены данные полученные с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ).



В 1975г., окончил ЛГМИ, океанолог. 1997г. – д.г.н.; 2000г. – академик МАНЭБ; 2004г. – профессор; 2010г. – академик РАН. 1975-1991гг. – работа в Астраханской ЗГМО от инженера до начальника Центра. 1987г. – защита кандидатской (ААНИИ), 1997г. – докторской (ИВП РАН). С 1991г. – в.н.с. ИВП РАН; профессор АГТУ; Более 500 научных работ. Автор 27 патентов.




Palmarium
academic publishing

Ледовый режим Каспийского моря

FOR AUTHOR USE ONLY

Петр Бухарицин



Palmarium
academic publishing



Дрейфующие льды торосы и стамухи Каспийского моря

Результаты исследования ледового режима замерзающей северной части Каспийского моря в изменяющихся природных условиях

Петр Бухарицин

Петр Бухарин

Дрейфующие льды торосы и стамухи Каспийского моря

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

Петр Бухарицин

Дрейфующие льды торосы и стамухи Каспийского моря

**Результаты исследования ледового режима
замерзающей северной части Каспийского моря
в изменяющихся природных условиях**

FOR AUTHOR USE ONLY

Palmarium Academic Publishing

Imprint

Any brand names and product names mentioned in this book are subject to trademark, brand or patent protection and are trademarks or registered trademarks of their respective holders. The use of brand names, product names, common names, trade names, product descriptions etc. even without a particular marking in this work is in no way to be construed to mean that such names may be regarded as unrestricted in respect of trademark and brand protection legislation and could thus be used by anyone.

Cover image: www.ingimage.com

Publisher:

Palmarium Academic Publishing

is a trademark of

Dodo Books Indian Ocean Ltd., member of the OmniScriptum S.R.L Publishing group

str. A.Russo 15, of. 61, Chisinau-2068, Republic of Moldova Europe

Printed at: see last page

ISBN: 978-620-2-39585-4

Copyright © Петр Бухарицин

Copyright © 2021 Dodo Books Indian Ocean Ltd., member of the OmniScriptum S.R.L Publishing group

FOR AUTHOR USE ONLY



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ



OCEAN.RU

Российская академия наук
Институт океанологии
им. П.П.Ширшова

БУХАРИЦИН П.И.

ДРЕЙФУЮЩИЕ ЛЬДЫ ТОРОСЫ И СТАМУХИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ



2021 г.

ПОСВЯЩАЮ МОЕЙ ЗАМЕЧАТЕЛЬНОЙ СЕМЬЕ.

Дается описание сезонной изменчивости и особенностей многолетних характеристик ледового режима замерзающей северной части Каспийского моря под влиянием речного стока и колебаний уровня моря в различные по суровости зимы. На процессы ледообразования, и особенно динамические ледовые процессы в мелководной северной части Каспийского моря, наряду с температурой воздуха и воды, направлением и скоростью ветра, течениями, волнением моря, а также рельефом дна и побережий оказывают существенное влияние непериодические, короткопериодные (сгоны и нагоны) и особенно, длиннопериодные (вековые) колебания его уровня. Влияние изменений уровня Каспийского моря на процессы торошения, величину торосистости льдов и дрейфа плавучих льдов доказано материалами многолетних собственных наблюдений автора.

На основании особенностей процессов торошения, а также в связи с требованиями морских отраслей народного хозяйства, на акватории Северного Каспия выделены районы, по которым выявлены прогностические зависимости, разработана методика прогноза максимальной торосистости льдов в зависимости от уровня моря вида $T = (H)$ и $T = (H, V)$, где T - торосистость льда в баллах; H - уровень моря, м. абс.; V - скорость ветра, м/с.

Неучет их при анализе длинного статистического ряда наблюдений приводит к завышению максимальных величин торосистости льда за весь период.

Все приведенные в монографии схемы торосистости льдов, положения торосов и их гряд, а также стамух в зависимости от типа зим и положения уровня Каспийского моря составлены путем обработки, обобщения и классификации всех материалов ледовых авиаразведок, выполненных на Северном Каспии за период с 1927 по 1991 гг.

В настоящее время процесс понижения уровня Каспийского моря, начавшийся в 1998 г, продолжается, следовательно, стоит ожидать усиления процессов торошения и увеличения торосистости морских льдов в замерзающей, мелководной северной части Каспийского моря. Монография рассчитана на широки круг ученых и специалистов.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
Краткая физико географическая характеристика и изученность	
Каспийского моря	8
Ледовитость моря	12
Динамика ледяного покрова	31
Сгонно-нагонные колебания уровня, способствующие интенсивному дрейфу льда, торошению и образованию стамух	37
Критерии уровня опасности ледовых явлений	47
Исторический очерк по исследованию ледового режима Северного Каспия и дельты Волги	57
Обледенение и внутриводный лед	76
Обледенение на Каспийском море	77
Внутриводный лед на Северном Каспии	80
Границы льдов их годовые и сезонные изменения	85
Средние многолетние даты основных ледовых фаз	88
Границы припая и кромки льда	90
Динамические процессы в ледяном покрове	99
Торосистость льда	99
Стамухи Каспийского моря	130
Современные полевые работы на Каспийском море	142
Характеристика ледового режима западного побережья Среднего Каспия и его шельфовой зоны	149
Дрейф льда у западного побережья Каспия	157
Общие сведения о ледовом режиме северо-восточной части	
Каспийского моря	170
Температура льда	171
Соленость льда	172
Плотность льдов Северного Каспия	174
Дрейфующие льды	179
Выпашивающее действие льда	186
Физико-механические свойства ледяного покрова Северного Каспия	189
Текстура и структура ровного и наслоенного льда	189
Прочность льда	190
Характеристики прочности льда	196
Оценка предела прочности (временное сопротивление) льда на сжатие, полученные по литературным источникам	203
Прочность льда при сжатии взятых образцов в ходе проведения полевых работ	205
Подледные течения Северного Каспия	214
Приложения	226
Ледовые хроники	235
Фотографии	269

ПРЕДИСЛОВИЕ

Каспийское море относится к внутренним морям и расположено в обширной материковой депрессии на границе Европы и Азии (рис. 1). Море не имеет связи с океаном, что формально позволяет называть его озером, однако оно обладает всеми особенностями моря, так как в прошлые геологические эпохи имело связь с океаном. В настоящее время Россия имеет выход только к Северному Каспию и дагестанской части западного побережья Среднего Каспия (рис. 2).



Рис. 1. Каспийское море на карте мира.

Воды Каспийского моря омывают берега таких стран, как Азербайджан, Иран, Туркмения, Казахстан. Площадь моря составляет 386,4 тыс. км², объем воды 78 тыс. м³. Каспийское море имеет обширный водосборный бассейн, с площадью около 3,5 млн км². Характер ландшафтов, климатические условия и типы рек различны. Несмотря на обширность водосборного бассейна, только 62,6 % его площади приходится на сточные области, около 26,1 % на бессточные. Площадь самого Каспийского моря составляет 11,3 %. В него впадают 130 рек, но почти все они расположены на севере и западе (а восточный берег вообще не имеет ни одной реки, достигающей моря). Крупнейшая река бассейна Каспия – Волга, обеспечивающая 78% поступающих в море речных вод (следует отметить, что в бассейне этой реки расположено более 25 % хозяйств России, и это, несомненно, определяет многие гидрохимические и прочие особенности вод Каспийского моря), а также реки Урал, Кура, Терек, Сулак, Самур.

В физико-географическом отношении и по характеру подводного рельефа море делится на три части: северную (Северный Каспий), среднюю (Средний Каспий) и южную (Южный Каспий). Условная граница между северной и средней частями проходит по линии остров Чечень – мыс Тюб-Караган, между средней и южной по линии остров Жилой – мыс Куули. Шельф Каспийского моря в среднем ограничен глубинами около 100 м. Материковый склон, который начинается ниже бровки шельфа, заканчивается в средней части примерно на глубинах 500–600 м, в южной части, где он очень крутой, на 700–750 м. Северная часть моря мелководная, средняя ее глубина 5–6 м, максимальные глубины 15–20 м расположены на границе со средней частью моря. Рельеф дна осложнен наличием банок, островов,

бороздин. Средняя часть моря представляет собой обособленную котловину, область максимальных глубин которой, Дербентская впадина, смещена к западному берегу. Средняя глубина этой части моря 190 м, наибольшая 788 м. (рис. 3).



Рис. 2. Каспийское море на карте России.

Каспийское море относится к морям с сезонным ледяным покровом и отличается большой пространственной, временной неоднородностью и разнообразием развития происходящих в нем ледовых процессов. Ежегодно льдом покрывается только его мелководная северная часть - Северный Каспий (рис. 4). Продолжительность ледового периода зависит от климатических и погодных условий в различных частях акватории и колеблется от 20 дней на юго-западе акватории до 110 дней на северо-востоке в теплые зимы, и до 100-170 дней соответственно – в суровые. Являясь серьезным естественным препятствием, ледяной покров оказывает отрицательное влияние на работу всех морских отраслей народного хозяйства, диктует необходимость его глубокого и всестороннего изучения. Потребность в изучении особенностей ледовых процессов в замерзающей мелководной северной части Каспийского моря возникла давно. Это было связано с обеспечением тюленьего и рыбного промыслов, нуждами речного и морского флота в стремлении продлить навигационный период за счет плавания в зимние месяцы. В связи с этим, многие академические и отраслевые научные учреждения, и ведомства бывшего Советского Союза проводили на Северном Каспии комплексные исследования зимних гидрологических и ледовых процессов. Наиболее продуктивным в этом отношении был период с начала пятидесятых до середины восьмидесятых годов прошлого века. Однако, с развалом СССР, научные программы в этом направлении были свернуты практически полностью.

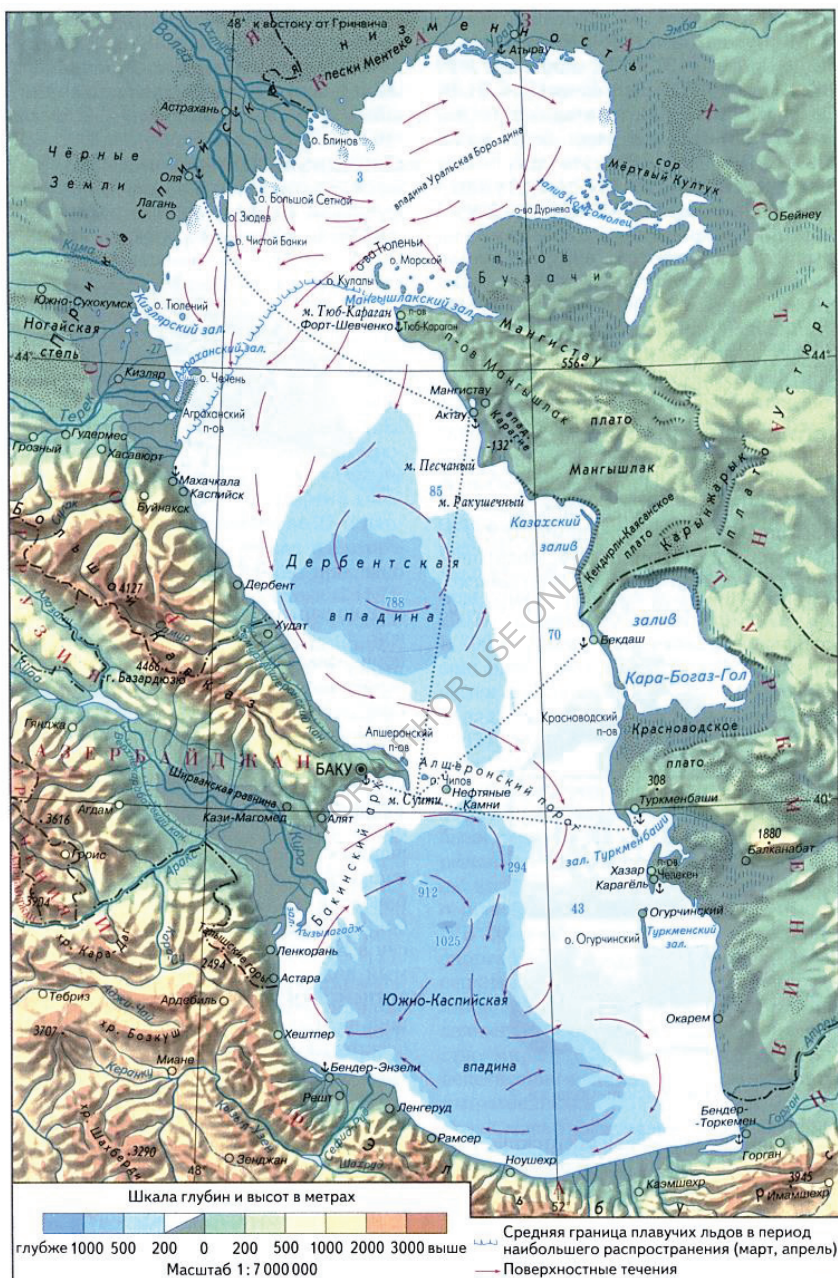


Рис. 3. Физико-географическая карта Каспийского моря.

Повышение уровня Каспийского моря к концу XX века более чем на два метра привело к существенному изменению хода многих природных процессов в мелководной северной части моря. Сказалось повышение уровня и на ледовом режиме.

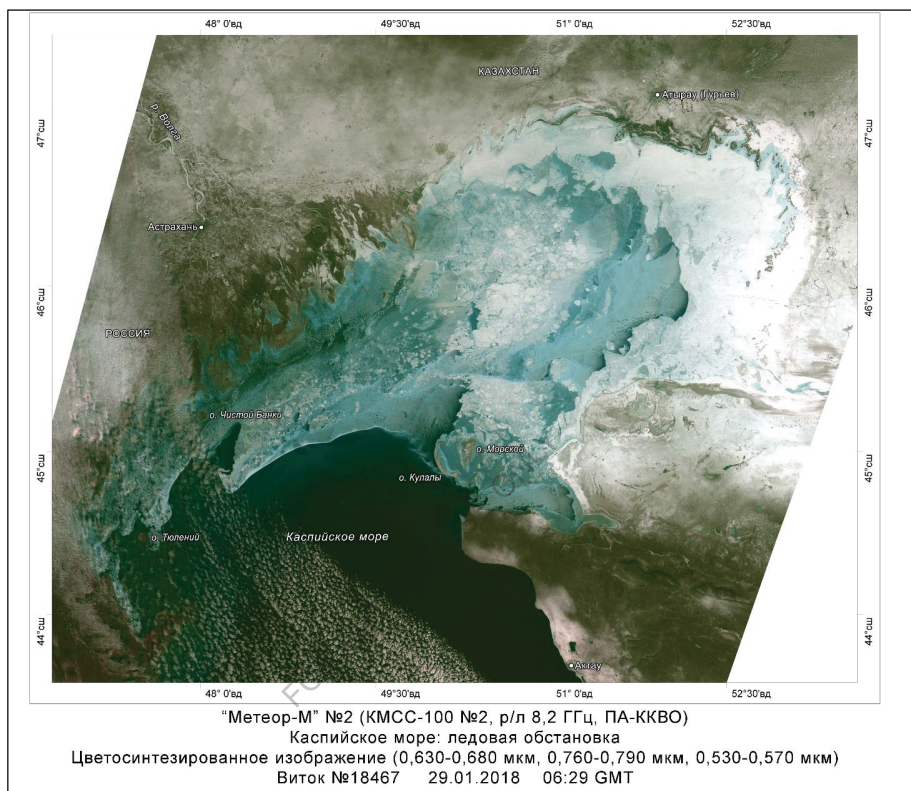


Рис. 4. Ледяной покров на Северном Каспии на пике своего развития (фотография с ИСЗ).

В последующие годы начался, и по настоящее время продолжается, очередной в истории Каспия период регрессии уровня моря, что вновь привело к значительным изменениям в ходе ледовых процессов.

Интерес к ледовым исследованиям возник вновь в связи с осуществлением Россией и республикой Казахстан (совместно с иностранными нефтяными компаниями), мероприятий по обеспечению поисковых работ, а затем и промышленной добычи углеводородов на шельфе Северного Каспия.

КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ИЗУЧЕННОСТЬ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Каспийское море является внутренним и расположено в обширной материковой депрессии на границе Европы и Азии. Каспийское море не имеет связи с океаном, что формально позволяет называть его озером, однако оно обладает всеми особенностями моря.

Каспийское море вытянуто в меридиональном направлении и расположено между 47°07' и 36°33' с. ш. и 45°43' и 54°03' в. д. Протяженность моря по меридиану около 1200 км, средняя ширина 310 км.

Площадь моря при отметке уровня –27,5 м. БС составляет 386,4 тыс. км².

В физико-географическом отношении и по характеру подводного рельефа море делится на три части: северную, среднюю и южную. Условная граница между северной и средней частями проходит по линии о. Чечень – м. Тюб-Караган, между средней и южной – по линии о. Жилой – м. Куули.

Шельф Каспийского моря в среднем ограничен глубинами около 100 м. Материковый склон, который начинается ниже бровки шельфа, заканчивается в средней части примерно на глубинах 500—600 м, в южной части, где он очень крутой, на 700-750 м.

У западного побережья шельф узкий, средняя ширина его 40 км. Еще более узкий шельф у южного побережья, где глубины около 400 м находятся в 5-10 км от берега. У восточного побережья шельф более обширный, средняя ширина его около 130 км (рис. 3.).

Северная часть моря мелководная, средняя ее глубина 5-6 м, максимальные глубины 15-20 м расположены на границе со средней частью моря. Рельеф дна осложнен наличием банок, островов, бороздин.

Средняя часть моря представляет собой обособленную котловину, область максимальных глубин которой – Дербентская впадина — смещена к западному берегу. Средняя глубина этой части моря 190 м, наибольшая – 788 м. Западный склон Дербентской впадины узкий и крутой, восточный склон сильно растянут. Дно впадины представляет собой слабонаклоненную равнину с глубинами в основном от 400 до 600 м.

Южная часть моря отделена от средней, Апшеронским порогом, являющимся продолжением Главного Кавказского хребта. Глубины над этим подводным гребнем не превышают 180 м. Наиболее глубоководная часть Южно-каспийской котловины с максимальной для моря глубиной 1025 м расположена восточнее дельты Куры. Над дном котловины поднимаются несколько подводных хребтов высотой до 500 м.

Берега Каспийского моря отличаются разнообразием. В северной части моря они довольно сильно изрезаны. Здесь расположены заливы Кизлярский, Аграханский, Мангышлакский и множество мелководных бухт. Заметные полуострова – Аграханский, Бузачи, Тюб-Караган, Мангышлак. Крупные острова в северной части моря – Тюлений, Кулалы. В дельтах Волги и Урала береговая линия усложнена множеством островков и протоков, часто меняющих свое положение. Много мелких островов и банок расположено и на других участках береговой линии.

Средняя часть моря имеет относительно ровную береговую черту. На западном побережье на границе с южной частью моря расположен Апшеронский полуостров. К востоку от него выделяются острова и банки Апшеронского архипелага, из которых наиболее крупный о. Жилой. Восточный берег Среднего Каспия более изрезан, здесь выделяется Казахский залив с бухтой. Кендерли и несколько мысов: Песчаный, Ракушечный, Суэ. Самый крупный залив этого побережья – Кара-Богаз-Гол, в 1980 г. отделен от моря дамбой.

Южнее Апшеронского полуострова располагаются острова Бакинского архипелага: Булла, Дуванный, Обливной, Свиной и др. Происхождение этих островов, а также некоторых банок у восточного побережья южной части моря (Ливанова, Жданова и др.) связано с деятельностью подводных грязевых вулканов, лежащих на дне моря. На восточном берегу расположены крупные заливы – Красноводский и Туркменский, а вблизи от него – о. Огурчинский.

В северной части моря приrost прибрежной суши происходит за счет мощного потока терригенного материала, участвующего в дельтообразовании. Преобладающий тип отложений – алеврит (песчанистый ил, ил). Крупные банки состоят из целой и битой ракуши.

У западного побережья Среднего Каспия питание береговой зоны обеспечивается материалом, приносимым горными речками и ручьями. Шельф сложен из мелкозернистых терригенных отложений: у берега это мелкий и средний песок, в зоне глубин 15-20 м – песчанистый ил и ил, на краю шельфа – пылеватый и мелкий песок. Материковый склон выложен песчанистым илом. В устьевых областях рек преобладает пылеватый песок.

Шельф восточного побережья моря сложен из крупного и среднего песка. Заметную примесь составляет ракуша. Пески у восточного побережья отличаются повышенной карбонатностью.

В Южном Каспии шельф у западного побережья состоит из мелкозернистых грунтов (песок, песчанистый ил), у восточного побережья – пески и ракуша. Дно глубоководных котловин покрыто илом, илистым песком и песчанистым илом.

Метеорологические условия в разных частях Каспийского моря неодинаковы вследствие его большой меридиональной протяженности.

Для северной части моря характерно преобладание восточных и юго-восточных ветров большую часть года. В средней части господствуют ветры северо-западного и юго-восточного направлений, в районе Апшеронского полуострова вследствие орографического эффекта – ветры северного и южного направлений.

В южной части моря на юго-западе преобладают северные и северо-восточные ветры, на крайнем юго-востоке зимой преобладают северо-западные ветры, летом – юго-восточные. Над морем преобладают ветры со скоростями до 10 м/с (80-90 %), повторяемость штормовых ветров менее 1 %.

Сильные и штормовые ветры в основном северо-западного и юго-восточного направлений наблюдаются чаще всего весной и зимой вблизи западного побережья Среднего Каспия, особенно в районе Апшеронского полуострова. Реже отмечается штормовая деятельность над Северным Каспием, а также в юго-восточном и юго-западном районах моря.

Расположение Каспийского моря в разных климатических зонах обуславливает большие различия в распределении температуры воздуха над морем. Среднегодовые значения изменяются от 10 °С в северной части моря до 17 °С в южной. Самый холодный месяц — январь, самые теплые — июль и август.

В северной части моря и у восточного побережья Среднего Каспия среднемесячная температура воздуха в январе составляет —5... —10 °С, в районе Махачкалы —1... —5 °С. В летний период среднемесячная температура воздуха по всему морю 24-26 °С, причем наиболее высокие значения характерны для юго-восточного района (в Краснодарске около 28 °С).

Распределение осадков по акватории моря крайне неравномерное. У западного побережья южной части моря оно колеблется от 65 (Нефтяные Камни) до 1250 мм в год (Ленкоранская зона). К северу от Апшеронского полуострова количество осадков составляет 400-430 мм. Восточное побережье отличается сухостью, максимальное количество осадков не превышает 15-20 мм.

На иранском побережье с влажным климатом выпадает до 1000-2000 мм осадков в год.

Несмотря на свое южное расположение, Каспийское море относится к ледовитым морям с сезонным ледяным покровом. В северной части моря ежегодно в ноябре появляется лед. В суровые зимы льдом покрывается вся акватория мелководной северной части, в мягкие зимы лед держится на мелководье в пределах 2-3 метровой изобаты.

Появление льда в средней и южной частях моря приходится на декабрь-январь. У восточного побережья лед местного происхождения, у западного – чаще всего приносимой из северной части моря.

В суровые зимы у восточного побережья средней части моря замерзают мелководные заливы, у берегов образуются забереги и припай, у западного побережья дрейфующий лед в аномально холодные зимы распространяется до Апшеронского полуострова.

Исчезновение ледяного покрова наблюдается во второй половине февраля-марте, в суровые зимы – в первой половине апреля.

Температура воды подвержена значительным широтным изменениям, наиболее отчетливо выраженным в зимний период, когда температура изменяется от 0-0,5 °C у кромки льда на севере моря до 10-11 °C на юге, т. е. разность температуры воды составляет около 10 °C, Температура воды у западного побережья на 1-2 °C выше, чем у восточного.

В открытом море температура воды выше, чем у побережий: на 2-3 °C – в средней части и на 3-4 °C – в южной части моря.

В зимний период распределение температуры с глубиной более однородное, чему способствует зимняя вертикальная циркуляция. В умеренные и суровые зимы в северной части моря и мелководных заливах восточного побережья температура воды понижается до температуры замерзания.

Весенний прогрев воды выравнивает горизонтальные градиенты, и разность температур между прибрежными районами и открытым морем не превышает 0,5 °C. Прогрев поверхностного слоя нарушает однородность в распределении температуры с глубиной.

Для летнего периода характерна горизонтальная однородность в распределении температуры в поверхностном слое: в средней части моря 24-25 °C, в южной 25-26 °C, на юго-востоке до 27-28 °C. Максимальная температура воды наблюдается в августе.

У восточного побережья Среднего Каспия в летние месяцы ежегодно с различной интенсивностью наблюдается подъем холодных глубинных вод и как следствие понижение температуры на поверхности воды (7-15 °C).

В открытых районах моря в конце мая-начале июня начинается формирование слоя скачка температуры, который наиболее четко выражен в августе. Чаше всего он располагается между горизонтами 20 и 30 м в средней части моря и 30-40 м в южной. В средней части моря вследствие сгона у восточного побережья слой скачка поднимается близко к поверхности.

Осенью при интенсивном охлаждении слой скачка размывается и к концу ноября исчезает. В открытом море температура воды в поверхностном слое понижается в средней части до 12-13 °C, в южной до 16-17 °C.

Сезонные изменения температуры воды заметно проявляются в верхнем 100-метровом слое. В придонных слоях моря температура в течение года составляет около 4,5 °C в средней части и 5,8-5,9 °C в южной.

Соленость воды особенно резко изменяется в северной части моря: от 0,1 ‰ в устьевых областях Волги и Урала до 10-11 ‰ на границе со Средним Каспием. В средней и южной частях моря колебания солености невелики. В основном она составляет 12,6-13,0 ‰, увеличиваясь с севера на юг и с запада на восток. С глубиной соленость возрастает незначительно (на 0,1-0,2 ‰).

Сгонно-нагонные колебания уровня проявляются по всему морю, но наиболее значительны они в мелководной северной части, где при максимальных нагонах уровень может повыситься на 2,0-4,5 м, при сгонах понизиться на 1,0-2,5 м. В средней и южной частях моря сгонно-нагонные колебания уровня меньше. У западного побережья они составляют 60-70 см, у восточного 30-40 см. В редких случаях значения сгонов и нагонов достигают 1,0-1,5 м.

Сгонно-нагонные изменения уровня вызываются устойчивыми штормовыми ветрами и проявляются в различных районах моря неодинаково. Ветры северной четверти способствуют сгону воды в северной части и нагону у северного побережья Апшеронского полуострова и в южных районах моря, при восточном и юго-восточном ветрах происходит нагон в северной части моря и прилегающих к ней районах западного побережья и сгон в южном и юго-восточном районах моря. Средняя продолжительность нагонов и сгонов в

большинстве случаев составляет 10-12 ч, наибольшая 24 ч и в редких случаях около двух суток. Приливные и сейшевые колебания уровня на Каспийском море выражены весьма четко, но не достигают больших значений.

Течения в море носят в основном ветровой характер. В западной части Северного Каспия наиболее часто наблюдаются течения западной и восточной четвертей, в восточной-юго-западные и южные. Течения, обусловленные стоком Волги и Урала, прослеживаются лишь в пределах устьевого взморья. Преобладающие скорости течений 10-15 см/с, в открытых районах Северного Каспия максимальные скорости около 30 см/с.

В прибрежных районах средней и южной частей моря в соответствии с направлениями ветра наблюдаются течения северо-западного, северного, юго-восточного и южного направлений, у восточного побережья часто имеют место течения восточного направления. Вдоль западного побережья средней части моря наиболее устойчивые течения — юго-восточные и южные. Скорости течений в среднем около 20-40 см/с, максимальные достигают 50-80 см/с. Существенную роль в циркуляции вод моря играют и другие виды течений — градиентные, сейшевые, инерционные.

Преобладающие направления волнения в северной части моря такие же, как и ветра — восточное и юго-восточное. Высота волн уменьшается в направлении с юга на север по мере уменьшения глубины моря. Предельные высоты h 0,1 % = 6 м возможны только на свале глубин между северной и средней частями моря. Далее к северу и востоку на глубинах порядка 6-7 м наибольшая высота h 0,1 % не превышает 3 м.

В средней части моря сильное волнение развивается при господствующих северо-западных и юго-восточных ветрах. В летние месяцы по всему морю преобладает волнение северо-западного и северного направлений. В зимний сезон в районе Дербентской впадины и вблизи Махачкалы повторяемость северо-западного и юго-восточного волнения почти одинакова. Наибольшие для моря высоты волн наблюдаются на акватории, примыкающей к Апшеронскому полуострову. По расчетам очень редко здесь можно ожидать волны высотой, превышающей 10 м. В юго-западном районе моря преобладает северо-восточное волнение.

Уровень замкнутого, внутриконтинентального водоема, каким является Каспийское море, подвержен значительным колебаниям, обусловленным изменениями водного баланса, прежде всего, стока Волги, который составляет более 80% общего речного стока в море, и испарения воды с зеркала водоема. Оба фактора климатозависимы. Так, на испарение влияет температура и скорость ветра, а объем приносимой в Каспий волжской воды зависит от осадков на территории водосбора этой крупнейшей реки.

За историческое время уровень моря претерпевал значительные колебания, продолжающиеся и в современных условиях. В начале XX в. уровень был относительно стабилен. Затем произошло его резкое понижение с 1929 по 1941 гг. на 1,9 м. К 1956 г. уровень стал ниже по сравнению с 1929 г. на 2,5 м. В 1956-1970 гг. положение уровня несколько стабилизировалось, но с 1971 г. уровень снова стал понижаться и в 1977 г. достиг самого низкого значения за текущее столетие: —29,0 м. абс. (Балтийской системы высот и уровней, БС). По сравнению с 1900 г. он понизился на 3,5 м. С 1978 г. уровень начал повышаться и к 1995 г. достиг отметки —26,6 м. абс. С этого момента началась очередная фаза похолодания уровня Каспийского моря, которая продолжается и в настоящее время. К началу октября 2021 г. средний уровень Каспийского моря понизился до отметки —28,5 м. абс.

Для годового хода уровня моря характерны максимум в июне - июле и минимум в феврале. Размах внутригодовых колебаний составляет 30-35 см. Отрицательную роль в летний период играют малые сбросы Волжско-Камского каскада водохранилищ.

В настоящее время, в результате продолжающегося понижения уровня Каспия, между устьевой областью Волги и морем вновь образовалась так называемая «буферная зона», уровень в реке стал выше, чем уровень моря (в середине 70-х годов XX в. перепад уровней

достигал 2 м), и гидрологическая связь между рекой и морем практически прервалась, до очередной фазы подъема.

ЛЕДОВИТОСТЬ МОРЯ

Ледовитость Каспийского моря в различные по термическим условиям холодные полугодия определяется не только площадью ледяного покрова, но и особенностями его развития – границами распространения ледяного покрова, преобладанием тех или иных форм и возрастных видов льда, устойчивостью его распределения по акватории, сохранением его во времени, разрушенности, а также степени его деформации (торосистостью), от которой зависит и общий объем образовавшегося в море льда. Характер ледовых условий каждой зимы, изменение общей площади льда в течение ледового сезона, определяются действием двух факторов – термического и динамического. Преобладающее значение имеет термический фактор, обуславливающий в периоды резких или длительных похолоданий распространение процессов ледообразования по акватории моря (в начальный период ледообразования и на его пике), а также ослабление или разрушение ледяного покрова при значительных и устойчивых оттепелях (в конце зимы). Существенные коррективы в состояние ледяного покрова вносит динамический фактор (ветер, волнение, течение, глубина моря, рельеф дна и берегов). Под механическим воздействием ветра совершается взлом неподвижного льда, в результате которого резко уменьшается площадь припая и увеличивается площадь плавучего льда. Интенсивность изменения площади припая (табл. 1), где указана вероятность приращения припая или уменьшения его площади по декадам в течение всего ледового сезона, приведены средние и максимальные значения приращения (рис. 4.). В зависимости от особенностей атмосферных процессов, развивающихся над морем, от степени аномальности термических условий в предзимье и зимой, над Каспием формируется своеобразная для каждого года ледовая обстановка. Молодой лед раннего ледообразования в октябре может распространяться на площади от 8900 км² (1950 г.) до 22 100 км² (1965 г.). Однако он быстро разрушается с повышением температуры воздуха в периоды оттепелей, а также под действием ветра и волнения. Повторное образование более устойчивого ледяного покрова происходит через 15-30 дней после первого очищения. В такие зимы ледяной покров в конце декабря охватывает почти все прибрежные и мористые районы Северного Каспия. В экстремально холодное предзимье 1953 г. граница распространения плавучего льда в декабре приблизилась к параллели 44° с. ш., а кромка припая располагалась к северу от линии, соединяющей о. Чечень и м. Тюб-Караган. Площадь льда в конце декабря 1953 г. достигла 90 550 км² при норме около 60 690 км², 90 % ее составлял припай (табл. 1, 2). В нормальные по термическим условиям предзимья процесс ледообразования в Северном Каспии начинается с мелководных прибрежных участков во второй половине ноября. К концу ноября неподвижным льдом покрывается все мелководье, ограниченное 3-метровой изобатой. Интенсивность его приращения в конце ноября в среднем составляет 1300-1400 км²/сут., а в отдельные зимы достигает 3000-3500 км²/сут. (1953-54, 1954-55, 1957-58гг.).

Таблица 1.

Вероятность (P %) и интенсивность (ΔS_i) изменения площади припая (по декадам).

Месяц	Декада	+Δ <i>S</i> _{<i>i</i>} км²/сут					P %	−Δ <i>S</i> _{<i>i</i>} км²/сут					
		P %	+Δ <i>S</i> _{<i>i</i>}					P %	−Δ <i>S</i> _{<i>i</i>}				
			средн.	макс.	год	средн.			макс.	год			
						+Δ <i>S</i> _{<i>i</i>} = 0							

Ноябрь	3	100,0	-	1 620	1953	-	-	-	-	-	1
Декабрь	1	33,3	253	3395	1953	-	66,7	472	583	1958	6
	2	77,8	1364	3326	1966	-	22,2	382	833	1975	19
	3	70,6	2329	6590	1944	-	29,4	672	2749	1960	27
Январь	1	75,0	2352	8800	1975	-	25,0	489	1 079	1964	30
	2	73,9	2158	13594	1962	-	26,1	512	1 927	1950	33
	3	57,2	2078	8680	1976-77	-	42,8	870	2765	1967-68	38
Февраль	1	76,5	1484	4401	1876	-	23,5	1930	3886	1967	44
	2	71,9	1161	3301	1968	-	28,1	1078	2360	1971	43
	3	31,3	970	3256	1984	-	48,7	(746)	4230	1967	49
Март	1	41,6	559	2814	1976	2,6	55,8	1551	7873	1966	48
	2	33,3	1709	3215	1961	6,1	60,6	1888	15827	1973	43
	3	24,2	1710	3636	1939	3,0	72,8	1127	6 160	1961	43
	1	6,4	276	430	1950		93,6	1214	6016	1984	41
	2										
Апрель	3	9,1	-	4828	1950	-	90,9	2198	5 146	1971	32
	1	-	-	-	-	-	100,0	2509	4598	1960	18
	2	-	-	-	-	-	100,0	3534	4812	1954	12
Максимум		-	2532	13594	1962	-	-	3534	15827	1973	

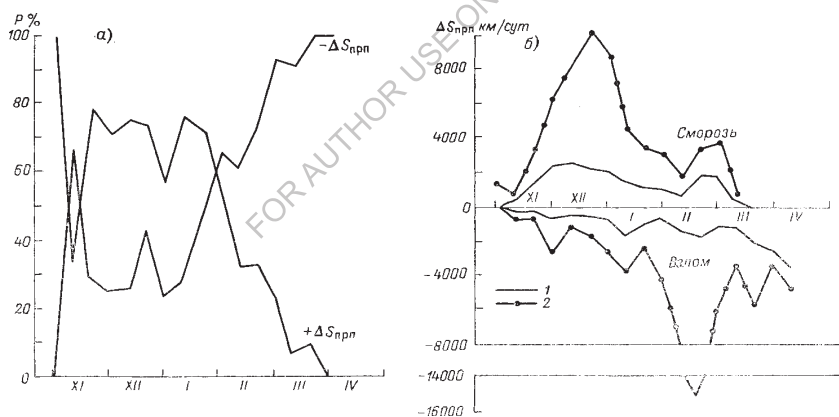


Рис. 4. Показатели интенсивности приращения припая в ледовый сезон.

а) – вероятность приращения (+ ΔS_i) и убывания припая (- ΔS_i); б) – значения среднего (1) и максимального (2) приращения и убывания площади припая.

В течение декабря с усилением морозов льдом покрываются более мористые участки, а площадь припая увеличивается в среднем до 2000-2500 км². В периоды сильных и устойчивых морозов интенсивность увеличения площади припая (ниласовый лед) достигает в отдельные сутки 8000-10000 км²/сут. и более. В умеренные зимы к концу декабря общая площадь льда составляет в среднем около 57 000 км², при этом 80-90 % ее занимает припай (табл. 2).

В январе продолжается распространение и укрепление ледяного покрова. Однако интенсивность его приращения по сравнению с декабрем снижается до 1000-1500 км²/сут. Отмеченное ослабление объясняется выходом процесса ледообразования на открытые

участки моря, где он определяется не только контактным теплообменом на границе вода – воздух, но и влиянием более свободного внутриводного теплообмена с прогретыми глубинными водными массами Среднего Каспия.

Временная изменчивость общей площади льда, площадей припая и плавучего льда по декадам в течение ледового сезона (от начала ледообразования до максимального развития льда и периода разрушения) отражена на рисунке 5, для характерных в ледовом отношении зим в сравнении со среднемноголетними. Наибольшего внимания заслуживают три сезона, исключительно неблагоприятные в ледовом отношении.

Экстремальная по суровости и ледовитости зима 1953-54 г. отличалась исключительно ранней и устойчивой активизацией арктического максимума, ранним установлением отрицательных аномалий температуры воздуха в сентябре и устойчивых морозов в октябре, непрерывным чередованием глубоких вторжений холодного арктического воздуха (АВ) на Каспийское море. В результате над акваторией моря в течение всей зимы сохранялись отрицательные аномалии температуры воздуха (-Ат). Первый максимум отрицательных аномалий температуры у северного побережья моря в ноябре превысил 6°С, а второй абсолютный экстремум среднемесячной температуры достиг в феврале —13,3°С в Гурьеве и —12,6°С в Астрахани. Преобладающими были ветры северной четверти. При столь необычном развитии атмосферных процессов образовавшийся в конце октября ледяной покров начал интенсивно увеличиваться по площади, достигнув в конце ноября экстремальных за Многолетний ряд размеров. Общая площадь льда и припая несколько превысила 80 000 км².

Таблица 2.

Площадь льда (S_i км²) в Северном Каспии за 1950-1985 гг.*

Месяц	Декада	Общая площадь льда					Площадь припая					Площадь плавучего льда					n лет
		средн.	макс.	год	мин.	год	средн.	макс.	год	мин.	год	средн.	макс.	год	мин.	год	
Октяб.	3	14 182	22 160	1965	—	—	12636	13720	1953	—	—	—	7730	1976	—	—	5
Ноябр.	1	12875	35056	1953	—	—	11 322	25 110	1953	—	—	—	3 156	1953	—	—	21
	2	12 197	21 520	1975	—	—	10 126	27700	1948	—	—	6229	14020	1975	1500	1943	
	3	28 149	86095	1953	715	1970	24893	84645	1953	715	1970	8 192	20540	1976	938	1960	
	1—3	19038	48753	1953	—	—	—	—	—	—	—	6300	14020	1975	HC	—	
Декаб.	1	33 153	76869	1969	1 070	1975	26516	75166	1959	1 070	1975	11324	30590	1963	400	1939	30
	2	46959	80234	1959	13240	1964	38288	78660	1959	10000	1972	7118	31170	1978	282	1950	
	3	57202	90550	1953	14715	1982	51 202	86670	1953	715	1982	11990	51710	1971	360	1966	
	1/3	47957	90055	1953	14715	1982	—	—	—	—	—	11 676	51 710	1971	1423	1956	
Янв.	1	63989	86 110	1954	19510	1976	56384	81000	1954	7 150	1982	11517	30000	1982	214	1963	34
	2	68532	91 808	1954	40280	1984	59 141	85050	1954	6080	1984	11686	37460	1975	962	1959	
	3	70401	93860	1964	47200	1981	63588	87300	1954	8680	1981	10 196	39380	1983	1075	1972	
	1—3	66304	87545	1977	30666	1974	—	—	—	—	—	10936	39380	1983	1212	1978	
Февр.	1	67 144	103516	1954	21 100	1983	63228	87780	1954	8070	1981	10980	29420	1981	1200	1951	34
	2	65858	100356	1954	38270	1981	62351	85470	1954	7 150	1981	11 203	34850	1979	2098	1959	
	3	61 590	102081	1954	16999	1958	56020	84315	1954	1 620	1983	12798	47060	1981	656	1960	
	1—3	69694	92982	1954	38 160	1983	—	—	—	—	—	11770	35868	1981	1967	1960	
Март	1	61 351	91 305	1954	12410	1966	51 982	83 100	1964	2 185	1958	9464	31 230	1983	352	1958	34
	2	48949	92567	1954	3 147	1962	45098	80850	1954	715	1962	10887	42860	1984	874	1957	
	3	35874	83650	1954	12300	1977	33441	84320	1969	—	—	11 404	36000	1982	787	1958	
	1—3	49451	88915	1969	3555	1958	—	—	—	—	—	12569	27930	1979	1500	1976	
Апрель	1	26282	68300	1954	—	—	27833	57400	1954	—	—	12995	52 150	1969	360	1975	14
	2	16035	42480	1954	—	—	18900	1 890	1954	—	—	10 139	23580	1954	—	—	
	3	7802	17688	1954	—	—	—	—	—	—	—	4202	5240	1964	—	—	
	1—3	19388	45725	1969	—	—	—	—	—	—	—	11 344	45724	1969	—	—	

Примечание: * - За эти годы имеется наиболее полная информация о состоянии ледяного покрова Северного Каспия.

В течение всего ледового сезона до середины марта при последовательном перемещении к югу границы льда, но относительно стабильной его площади происходило непрерывное увеличение мощности льда за счет нарастания толщины (H_i). Экстремум H_i в середине февраля был несколько более 50 см в западных районах Северного Каспия и 75 см в восточных. Площадь припая в течение всей зимы составляла 90 % общей площади льда, достигнув в начале февраля 87 780 км². При максимальной за зиму общей площади льда (достигшей в феврале 103516 км²) и экстремально большой толщине льда можно считать, что в первой декаде февраля 1954 г. наблюдалась экстремальная в многолетнем ряду мощность льда Каспийского моря и наибольшая его деловитость (рис. 5).

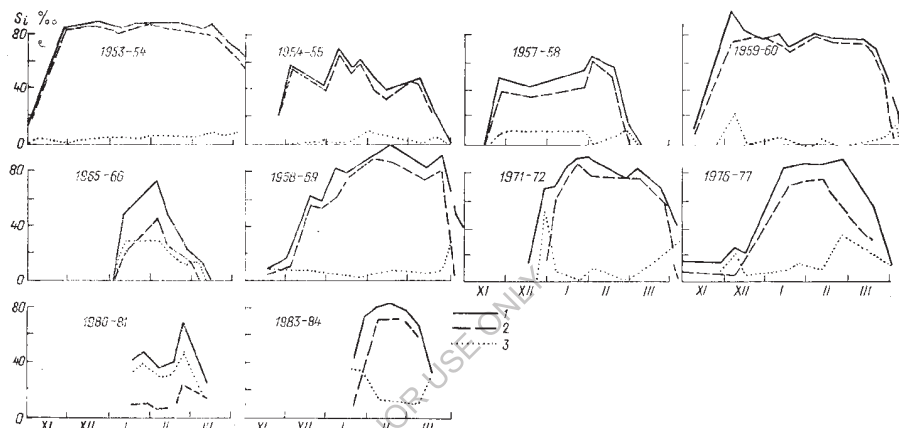


Рис. 5. Изменение площади льда Северного Каспия в периоды развития и разрушения ледяного покрова в различные зимы. 1 — общая площадь льда; 2 — площадь припая; 3 — площадь плавучего льда.

В холодном полугодии 1968-69 г. ледовые процессы протекали не столь бурно, как в 1953-54 гг. В предзимье (октябрь-декабрь) преобладали незначительные аномалии температуры воздуха. Максимальные их значения (несколько ниже —7...—8 °С) наблюдались в феврале. Очаг отрицательных аномалий температуры располагался у восточного побережья, что обусловило неравномерное формирование и развитие ледяного покрова по сравнению с противоположным берегом. Общая площадь льда, последовательно повышаясь, составила к концу декабря лишь 59 880 км². Наибольшего развития ледяной покров достиг в середине февраля, когда льдом покрылась почти вся акватория Северного Каспия ($S_{общ} = 90\,080$ км²), и часть плавучих льдов была вынесена в Средний Каспий. Процесс разрушения ледяного покрова, начавшийся в конце марта, протекал исключительно активно. В результате общая площадь льда уменьшилась с 94 320 км² в конце марта до 34 300 км² к середине апреля. Резкий контраст ледовитости в начале и в конце ледового сезона отмечен в холодном полугодии 1971-72 г. Позднее ледообразование (в середине декабря) в экстремально теплое предзимье сменилось в начале января бурным развитием ледовых процессов на акватории всего Северного Каспия, последовавшего за установлением исключительно сильных и устойчивых морозов. Максимум общей площади льда в начале февраля составил 91 140 км². Разрушение ледяного покрова в марте протекало так же активно, как и его развитие (рис. 5). Как явствует из рис. 5, каждый из рассмотренных сезонов характеризовался небольшой (1971-72 гг.), средней (1968-69 гг.) и экстремально большой (1953-54 гг.) ледовитостью в

начале ледового сезона и аномально большой ледовитостью во второй его половине (в январе - апреле).

В средние (нормальные) по суровости зимы общая площадь льда даже в период наибольшего развития, в конце января — начале февраля, не превышает 71 000 км². Площадь припая, как и общая площадь льда, характеризуется явно выраженной сезонной изменчивостью с максимумом в середине зимы (табл. 2). Закономерного распределения площади плавучего льда в течение ледового сезона не наблюдаются (рис. 5).

В годы с кратковременными затоками холодного воздуха на акваторию моря и чередованием в течение предзимья и зимы волн холода и потепления наблюдаются неоднократные появления и исчезновения льда, а, следовательно, и резкие колебания его площади. Примером ледовых сезонов с неустойчивым состоянием ледяного покрова служат аномально теплые полугодия 1956-66, 1980-81, 1982-83 гг. Как правило, в такие годы площадь плавучего льда оказывается больше площади припая на протяжении всего ледового сезона (рис. 5).

Таблица 3.

Осредненный коэффициент динамичности $K_{дин}$ в течение ледового сезона.

X	XI	XII	I	II	III	IV
0,09	0,16	0,21	0,28	0,18	0,32	0,75

Степень неустойчивости ледяного покрова можно выразить безразмерным «коэффициентом динамичности льда»:

$$K_{дин} = S_{пл}/S_{общ},$$

который равен отношению площади плавучего льда ($S_{пл}$) к общей площади льда ($S_{общ}$). Коэффициент динамичности резко возрастает в период разрушения льда (0,75) и бывает достаточно высоким в зимы с неустойчивым ледяным покровом. Максимальное его значение ($K_{дин}=1$) характерно для периода становления льда осенью или активного его разрушения весной, когда почти вся акватория моря оказывается покрытой плавучим льдом (табл. 3).

До оценки мощности ледяного покрова $M_i = \rho_i S_i H_i$, определяемой его объемом $V_i = S_i H_i$, следует остановиться на особенностях вертикального развития льда.

Толщина льда Каспия характеризуется большой неоднородностью по акватории моря, покрытой льдом, значительной изменчивостью H_i в течение зимы и от года к году.

Наибольшей толщины ровный припай достигает в северо-восточном районе моря, где толщина льда в отдельные зимы может составлять 80-100 см и несколько более (1936-37, 1950-51, 1953-54 гг.), в то время как в северо-западных участках моря максимальная толщина ровного припая не превышает 50-65 см (табл. 4) и по направлению к югу постепенно уменьшается. В закрытых бухтах и заливах восточного побережья Среднего Каспия максимальная толщина льда составляет в зал. Александр-Бай (46 см), в бух. Кендерли (42 см), в Красноводском заливе (30 см). У западного побережья Среднего Каспия толщина льда, образовавшегося на месте («местный лед»), не превышает 25 см у Махачкалы, 20 см у Дербента и 10 см у Низовой Пристани.

Определенную роль в неравномерности нарастания и распределения толщины ледяного покрова играют атмосферные процессы холодного полугодия, обуславливающие контактный теплообмен на поверхности льда. При устойчивом меридиональном переносе воздушных масс как в западном, так и в восточном районах Северного Каспия толщина льда превышает норму (или достигает максимальных значений) при сравнительно небольшом различии в обоих районах (зимы 1941-42, 1949-50, 1953-54 гг.).

Таблица 4.

Толщина припая (H_i см) у побережья Каспийского моря, (по декадам).

Станция, <i>n</i> лет	Характеристика	XII			I			II			III			Абс. макс. (год)*	
		I	2	3	1	2	3	I	2	3	1	2	3		
Большой Пешной, <i>n</i> = 50	Среди.	16	23	32	38	47	52	56	59	60	59	59	45	—	
	Макс.	33	41	60	75	78	76	86	88	96	96	96	85	96 (1951)	
	Год			1948	HC	1930	1945	1970	1947	1951	1960	1953	1982	120 (1956)	
Жилая Коса, <i>n</i> = 12	Среди.	17	23	35	41	48	53	59	60	62	64	60	58	—	
	Макс.	27	54	68	72	75	77	88	94	95	96	96	86	97 (1928, 1931)	
	Год	HC	HC	HC	HC	HC	HC	1937	HC	1932	1931	1928	1960		
Искусственный остров, <i>n</i> =35	Среди.	0	4	7	22	28	30	39	34	52	42	54	35	56 (1932, 1943)	
	Макс.		15	18											
	Год		HC	HC	1939	1950	1947	1942	1932	1932	1928	1932		75 (1954)	
Остров Укатыный (Жесткий), <i>n</i> = 14	Среди.	12	18	43	23	46	28	47	30	53	30	54	31	60 (1954, 1959)	
	Макс.	28	36												
	Год	HC	HC	HC	HC	HC	1963	1960	1956	1954	1959	1951	1952		
Остров Чистой Банки, <i>n</i> = 19, по [113]	Среди.	7	10	13	15	22	25	29	33	34	32	26	—		
	Макс.	23	23	26	28	42	56	69	70	69	67	59	58	70 (1950)	
	Год														
Остров Кузала, бухта, <i>n</i> = 42, по [113]	Среди. Макс.	18	27	19	41	22	51	23	57	27	62	30	68	35	76 (1972)
Форт-Шевченко, <i>n</i> = 56, по [113]	Среди.	11	17	18	18	20	25	29	33	34	33	33	33		
	Макс.	20	40	42	44	46	51	65	73	84	77	65	56	84 (ис)	
	Год														
Остров Тюлений, <i>n</i> = 41	Среди.	0	8	11	14	15	16	18	19	15	15	11	—		
	Макс.	—	14	20	20	23	40	53	53	53	49	53	—	58 (1972)	
	Год		—	1950	1979	1913	1954	1972	1954	1954	1969	1954	—		
Махачкала, <i>n</i> = 56	Среди.	6	4	5	9	12	13	12	17	12	—	—	—		
	Макс.	17	16		10	15	15	24	20	18	20	—	—	24 (1954), 45 (1933)	
	Год	—	—	—	1931	1932	1969	1954	1969	1929	1928	—	—		
Изберг, <i>n</i> = 31	Среди.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	Макс.	—	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—		
	Год	—	—	—	—	—	1954	—	—	—	—	—	—		
Александр-Бай, <i>n</i> = 24	Среди. Макс.	5	10	8	18	21	40	22	46	28	40	16	40		
	Год	1944	1944	1948	1949	1949	1949	1949	1947	1947	—	1951	—	46 (1949)	

Примечание: * - За эти годы имеется наиболее полная информация о состоянии ледяного покрова Северного Каспия.

В случаях возникновения широтного восточно-западного переноса воздушных масс (в годы активизации сибирского максимума) наблюдаются резкие контрасты в толщине льда между западным и восточным районами моря, что является следствием отепляющего влияния моря и трансформации воздушных масс. Так, зимой 2016-17 гг. максимальная толщина ровного припая у северо-восточного побережья достигла 92 см, у северо-западного не превышала 30 см. Абсолютный экстремум толщины ровного припая ($H_i = 102$ см) зафиксирован в ледовый сезон 1950-51 гг. также у северо-восточного побережья, при этом у противоположного берега моря толщина льда не превышала 50-55 см. Интенсивное нарастание толщины льда, как правило, происходит в течение первых 20-30 дней с момента ледообразования, когда значения H_i увеличиваются на 10-15 см за декаду. В дальнейшем приращение льда замедляется. Интенсивность нарастания толщины ровного

припая (бесснежного и покрытого снегом) в течение зимы отражена на графиках зависимости толщины льда от суммы градусо-дней мороза. Они построены для трех станций: о. Кулалы, Искусственный остров и о. Тюлений (рис. 6). На поле графиков $H_i = f(\Sigma(-T))$ серия кривых соответствует различной толщине льда при заданной $\Sigma(-T)$, вычисленной за период с 1932 по 1975 гг. Распределение точек дано по материалам наблюдений с 1950 по 1982 гг. Верхняя огибающая кривая соответствует нарастанию гладкого припая, нижняя — приращению заснеженного льда с высотой снежного покрова до 8-12 см. Как следует из расположения кривых связи $H_i = f(\Sigma(-T))$, интенсивность приращения толщины припая в ледовый сезон ослабевает не только с увеличением его вертикальных размеров (а следовательно, и в результате замедления внутриледного теплообмена), но и с увеличением степени заснеженности льда.

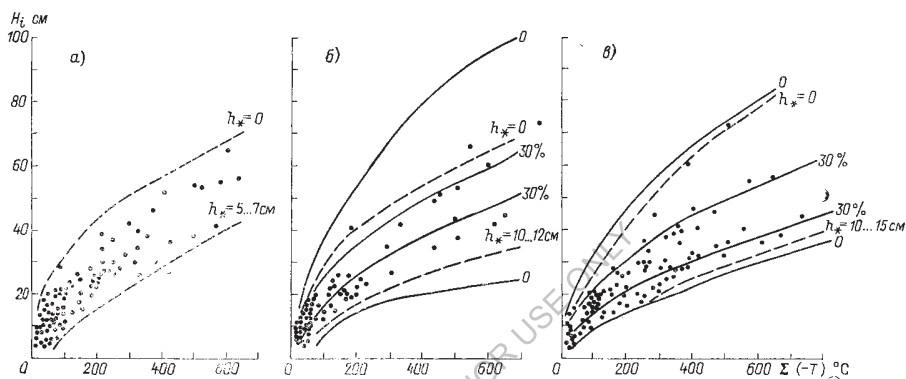


Рис. 6. Зависимость толщины льда от суммы градусо-дней мороза с учетом высоты снежного покрова ($h_с$): а — Искусственный остров; б — о. Тюлений; в — о. Кулалы.

Изменчивость средней и экстремальной толщины льда для отдельных пунктов северного побережья Каспия в различные по суровости зимы показана на рис. 7.

Максимальная толщина льда обычно бывает в феврале. Однако в зависимости от гидрометеорологических условий зимы в отдельные годы максимум H_i может смещаться в сторону более ранних или поздних сроков. Как следует из временного хода H_i (табл. 4), в anomalно теплые зимы при чередовании волн холода с продолжительными оттепелями припай не получает за ледовый сезон достаточного вертикального развития и максимум H_i отмечается в декабре. Вероятность ранних максимумов не превышает 6,9-8,7%. Зимой 1977-78 г. максимум $H_i = 30$ см у о. Пешного пришелся на 25 декабря. Столь же ранние сроки установления максимумов $H_i = 21... 34$ см отмечены у о. Кулалы в декабре 1952 г. и у о. Чистой Банки в 1959 г.

В anomalно холодные полугодия с затяжными морозами ледяной покров продолжает нарастать по толщине до середины, а иногда и до конца марта. Поздним (11-13 марта) было наступление максимума H_i зимой 1953-54 г. в районе Белинского банка ($H_i = 51$ см), Гурьева ($H_i = 76$ см) и у о. Кулалы ($H_i = 54$ см). Зимой 1951-52 г. установление белых льдов ($H_i \geq 30$ см) на взморье Волги задержалось до конца марта.

Для открытых районов Северного Каспия оценка вертикальных размеров припая и плавучего льда на отдельных этапах ледового сезона дается по возрастным видам льда. Распределение частоты появления возрастных видов и форм плавучего льда (Р %) в течение зимы по декадам и осредненные их значения по месяцам и периодам ледового сезона приведены в табл. 5.

Результаты обобщения и анализа показали, что при раннем ледообразовании (в октябре — начале ноября) вдоль открытого побережья Северного Каспия формируются лишь начальные виды льда и нилас ($P = 100\%$). В течение зимы происходят два параллельных процесса. С одной стороны, при каждом похолодании практически всю зиму не прекращается образование ниласового льда (табл. 5). Максимальная его частота ($18,7\%$) приходится на третью декаду января. В дальнейшем вероятность образования ниласа уменьшается. С другой стороны, в течение всего ледового сезона отмечается непрерывный переход одних возрастных видов в другие по схеме: нилас — серый — серо-белый — белый лед.

Серо-белый лед (толщиной 15-30 см) устанавливается в начале декабря ($P = 27,3\%$). Максимальная повторяемость серых льдов ($17,6\%$) приходится на конец декабря, серо-белых — на первую декаду февраля ($P=13,2\%$). Припай в мористых участках может переходить в стадию белого льда толщиной $H_1=30$ см только в третьей декаде декабря. Вероятность появления припая в декабре не превышает $7,3\%$. По характеру распределения частот белого льда видно, что наибольшая его повторяемость ($14,5-15,3\%$) характерна для февраля (табл. 5).

Распределение частоты появления возрастных видов плавучего льда свидетельствует об определенной закономерности их развития в течение ледового сезона и зависимости от толщины припая. В начале предзимья (октябрь-ноябрь) образуется тонкий ниласовый лед в виде склянки (ледообразование в безветренную погоду) или блинчатых образований (процесс появления льда связан с ветром). Повторяемость ниласа последовательно уменьшается со 100% в октябре до 36% в конце декабря. К середине ноября вследствие нарастания склянка переходит в стадию серого и серо-белого льда, вероятность чего к середине января возрастает до $47,5\%$ (табл. 5). В аномально холодные зимы толщина плавучего льда, как и припая, достигает 20-30 см в начале декабря ($P=16,7\%$).

Плавучий лед толщиной более 30 см чаще всего образуется в результате взлома припая, реже является следствием воздействия термических факторов — приращения толщины ледяных полей и курпнобитого льда за счет процессов теплообмена в толще льда, и на его границах. Вероятность появления белого льда последовательно увеличивается с 6% в конце декабря до 33% в начале апреля.

Вероятность появления ниласового льда систематически уменьшается от начала ледообразования (октябрь — 100%) до момента интенсивного разрушения льда (март — $9,4\%$). Большая вероятность появления серого льда отмечается в период предзимья, максимум ($40,1\%$) приходится на середину декабря. Вероятность появления серо-белого льда с декабря по апрель колеблется в незначительных пределах. Белый лед, устанавливаясь только в декабре ($P=4,5\%$), становится преобладающим во второй половине ледового сезона. Вероятность его образования в феврале, марте и апреле соответственно составляет $42,8$; $49,5$ и $66,7\%$.

Среди плавучего льда ниласовый лед в форме склянки, блинчатого и битого льда наблюдается в течение всей зимы. Вероятность его образования в предзимье понижается от октября ($P=100\%$) к декабрю ($P = 28,6\%$). Рост повторяемости ниласового льда во второй половине зимы можно объяснить либо повторными ледообразованиями при весеннем возврате холодов, либо увеличением площади мелкобитого льда округлой формы (образующегося в результате дробления плавучего льда), принимаемого за блинчатый лед. Высокая повторяемость ниласового льда в предзимье и в середине зимы является либо следствием разрушения неустойчивого припая, образующегося позже нормальных сроков, либо следствием образования в период ранних похолоданий обширных площадей ниласового льда за пределами припая. Серый и серо-белый плавучий лед чаще наблюдается в форме крупнобитых образований и ледяных полей, оказывающихся более устойчивыми к механическому разрушению под действием ветра и волнения. Вероятность появления крупнобитого серого льда значительна до окончательного установления припая (конец декабря, $P = 21,4\%$) и в конце зимы, когда происходят интенсивный взлом припая и

дробление плавучего льда (апрель, $P=40,0\%$) (табл. 6). Серо-белый и белый, более мощный плавучий лед, наблюдается в основном в виде ледяных попей, вероятность появления которых увеличивается от начала декабря (41 %) до конца марта (89,5 %). Белый лед толщиной более 30 см сохраняется в течение зимы в форме крупнобитого льда и ледяных полей. Сравнительно высокая повторяемость мелко- и крупнобитого льда (до 25-50 %) свидетельствует о непрерывных динамических деформациях (дроблении) ледяного покрова в течение зимы.

Как отмечалось выше, в начальный период развития ледяного покрова быстрое перемещение границы молодого льда, увеличение площади и толщины припая обуславливаются термическими факторами. Числовым показателем последних служит сумма градусо-дней мороза. Зависимость общей площади льда и площади припая от $\Sigma (-T)$ для предзимья оказалась явно выраженной ($r = 0,66$).

Во второй половине ледового сезона усиливается влияние на ледяной покров динамических факторов, обуславливающих взлом припая, сжатия и разрежения льда, а также процессы наслоения и торосообразования. В таких случаях связь площади льда с термическими условиями нарушается.

Установившийся к середине зимы ледяной покров под действием касательного напряжения ветра, волнения и подъема уровня в прикромочной зоне подвергается взлому и последующим за ним процессам сжатия плавучего льда на одних участках и разрежения – на других.

На северо-западе Каспия взлом припая происходит при восточных и юго-восточных ветрах силой 4-5 баллов и более. В районе Уральской бороздины неустойчивый припай взламывается при северных и северо-восточных ветрах, превышающих 4-5 баллов.

Наиболее сложным является процесс сжатия льда, сопровождаемый образованием (в результате надвигов и подсовов) зон наслоений близ границы припая и в ледяных полях.

Наслоенный лед имеет почти ровную поверхность с незначительным возвышением к середине зоны. Обычно зоны наслоений представляют собой длинные и широкие полосы, параллельные кромке припая и перпендикулярные к преобладающему зимой направлению ветра. К концу января зоны наслоенного льда достигают о. Тюленьего, а в отдельные зимы – опускаются южнее. У кромки плавучего льда также происходит интенсивное наслоение ледяных полей и крупнобитого льда. В результате их смерзания образуется слоистый лед толщиной до 1,5-2 м и более.

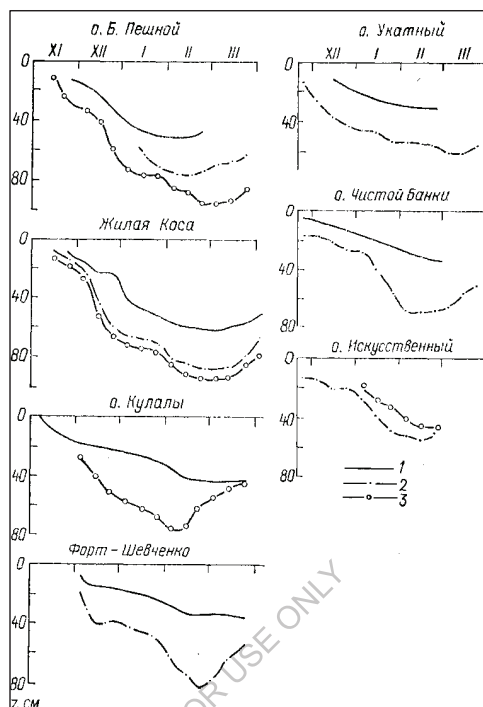


Рис. 7. Изменение средних и экстремальных значений толщины припая в течение ледового сезона, (1) в мягкие, (2) в умеренные и (3) в холодные зимы.

Таблица 5.

Повторяемость (Р %) различных возрастных видов припая и плавучего льда в открытом море (за зимы с 1960-61 по 1984-85 г.) *

Месяц (период)	Декада	Припай					Плавучий лед				
		нилас	серый	серо-бе- лый	белый	n лет	нилас	серый	серо-бе- лый	белый	n лет
Октябрь	3	100,0	—	—	—	1	100,0	—	—	—	1
Ноябрь	1	100,0	28,5	—	—	2	100,0	20,0	—	—	3
	2	71,5	60,0	—	—	7	80,0	22,2	—	—	5
	3	40,0	35,7	—	—	5	77,8	17,6	—	—	9
	1—3	64,3	27,3	27,3	—	—	82,4	16,7	16,7	—	17
Декабрь	1	45,4	46,7	13,3	—	11	66,6	28,6	—	—	12
	2	40,0	41,6	36,5	7,3	15	71,4	39,3	25,0	—	14
	3	16,6	34,3	29,8	7,3	41	35,7	31,5	16,6	—	28
	1—3	28,6	35,7	42,9	10,7	—	51,9	38,9	22,2	—	54
Январь	1	10,7	22,5	45,5	30,0	28	38,9	47,5	32,5	—	18
	2	2,5	24,1	31,4	27,8	40	20,0	37,5	21,9	6,2	40
	3	16,7	26,2	38,6	24,6	54	34,4	42,3	26,6	2,2	32

Февраль	1—3	10,6	16,6	39,6	39,6	—	28,9	21,6	37,9	13,5	90
	1	4,2	9,5	40,5	47,6	48	27,0	31,6	42,0	13,2	37
	2	2,4	19,5	36,6	41,5	42	13,2	24,2	37,5	15,1	38
	3	2,4	15,3	38,9	42,8	41	24,2	25,9	38,9	13,9	33
Март	1—3	3,0	18,4	28,2	44,5	—	21,3	23,1	46,1	15,4	108
	1	7,9	14,8	29,6	55,6	38	15,4	17,9	50,0	21,4	26
	2	0,0	12,5	31,3	50,0	27	10,7	36,8	36,8	26,4	28
	3	6,2	16,0	29,6	49,5	16	0,0	25,0	45,9	20,8	19
Апрель	1—3	4,9	—	33,3	66,7	—	8,3	25,0	33,3	33,3	73
	1	—	—	—	—	3	8,4	80,0	20,0		12
	2	—	—	—	—	—	0,0	41,2	29,4	23,5	5
	1—2	—	39,1	24,4	3,6	—	5,9	29,8	10,5	0,0	17
X—XII	—	32,9	19,3	36,5	38,0	82	59,7	31,8	36,2	12,5	72
I—XI	—	6,2	21,2	34,2	21,2	337	19,5	30,9	31,4	10,0	287
X—III	—	11,4				419	27,7				359

Примечание: * - За эти годы имеется наиболее полная информация о состоянии ледяного покрова Северного Каспия.

Таблица 6.

Повторяемость (Р %) различных форм плавучего льда для открытой части Северного Каспия, по декадам и в целом за предзимье (октябрь-декабрь), зиму (январь-март) и холодное полугодие (октябрь-март).

Месяц	Декада	Склянка, блинчатый лед	Мелкобитый лед	Крупнобитый лед	Ледяные поля	Число случаев	Месяц (период)	Декада	Склянка, блинчатый - "лед" - "ф"	Мелкобитый лед	Крупнобитый лед	Ледяные поля	Число случаев
Октябрь	3	100,0			33,3	3 5 9	Февраль	1 2 3	16,7 7,9 15,1	2,7 13,2 0,0	10,8 5,2 6,1	70,3 73,7 78,8	37 38 33
Ноябрь	1	66,7 60,0			40,0								
	2												
	3	44,4		11,1	44,5			1—3	13,0	5,6	7,4	74,0	108
Декабрь	1—3	52,9 8,3	25 0	5,9 25,0	41,2 41,7	12 14	Март	1 2	7,7 7,1	7,7 0,0	3,8 7,1	80,8 85,6	26 28
	1			14,3	57,2	28		3	0,0	0,0	10,5	89,5	19
	2	21,4											
	3	14,3		21,4 22,2 5,6	60,7 51,9 77,7	54 18 40	Апрель	1—3 1 2	4,2 8,3 0,0	2,8 8,3 20,0	6,9 16,6 40,0	86,1 66,8 40,0	73 12 5
Январь	1—3 1	14,8 16,7											
	2 3 1—3	7,5 12,5 11,1	29 5 4 4	12,5 12,5 11,1	77,5 65,6 73,4	32 90	X—XII	3 1— 2	5,9 25,0 9,8	11,8 8,3 4,9	23,5 18,1 9,4	58,8 46,8 75,9	17 72 287
							X-III	—	12,8	5,6	11,1	70,5	359

Резкое уменьшение площадей припая и плавучего льда происходит даже при сильных морозах, сопровождаемых штурмовыми ветрами, вследствие наслоений и образования торосов.

Наиболее устойчивым к динамическому воздействию (разрушению) оказывается припай, образующийся на мелководье, ограниченном 1-2 – метровой изобатой, при первом сильном похолодании в ноябре-начале декабря. За его пределами располагается менее прочный припай позднего образования, легко разрушающийся под действием ветра.

Анализ снимков ИСЗ «Метеор» за 1980-1983 гг. позволил выделить в Северном Каспии зоны устойчивого припая (ранее называемые рыбаками «уторой»). Граница его

прослеживается не только по возрастным видам льда, но и по положению протяженных заприпайных полыней, зачастую полностью не фиксируемых при ледовой авиаразведке. При устойчивом и сильном ветре северо-восточной четверти (более 10 м/с) на взморье Волги образуется заприпайная полынья, вытянутая с юго - запада на северо-восток, шириной от нескольких сот метров до 10 миль, протяженностью 50-100 миль и более. В случае изменения северо-восточного ветра на юго-восточный ледовая обстановка резко меняется. Сильный и устойчивый «нажимный» ветер вызывает сжатие и торошение плавающего льда, образовавшегося при взломе припая. Заприпайная полынья на взморье Волги «закрывается», а к югу от Уральской бороздины создается вторая, менее обширная полынья. Схема расположения полыней, зафиксированных ИСЗ в январе 1980 г. (рис. 8). Следствием торосообразования является установление на границе устойчивого (и в зоне неустойчивого) припая гряд торосов, перпендикулярных направлению ветра, вызвавшего торошение. В средние по ледовитости зимы зона повышенной торосистости занимает более обширную акваторию, расположенную за пределами устойчивого припая. В суровые зимы припай оказывается более устойчивым, поэтому степень торосистости и ширина зон торосов оказываются меньше, чем в мягкие зимы.



Рис. 8. Положение заприпайных полыней, образующиеся при устойчивых ветрах преобладающих направлений (Бухарицин, 1984).

1 – устойчивый припай; 2 – полыньи; 3 – граница льдов.

Для активного торосообразования характерно как возникновение гряд торосов, так и появление торосов, сидящих на грунте, стамух, что сильно увеличивает общую мощность ледяного покрова и сказывается на его объеме (рис. 9). Стамухи возвышаются над поверхностью льда на 2-4, а местами – на 6 м и более.

В те годы ни данные ледовой авиаразведки (освещающие далеко не всю акваторию моря, покрытую льдом), ни снимки ледяного покрова с ИСЗ (дешифровка которых еще недостаточно усовершенствована) не позволяли с достаточной точностью вычислить истинный объем льда с учетом площади распространения торосов и стамух, и их вертикальных размеров (возвышения над поверхностью льда и их подледная часть). Поэтому объем льда вычислялся в основном по площади участков льда, однородного по возрастному виду.

В течение зимы площадь ниласового льда в среднем изменяется от 3 000 до 150 000 км². При сравнительно позднем ледообразовании (в декабре) нилас может распространяться у побережья на площади до 25 000-40 000 км² и несколько более. Площадь серого припая (толщиной до 15 см) в начале и конце ледового сезона не превышает 5 000-7 000 км². Наибольшие горизонтальные размеры серого припая бывают в первой половине февраля. Припай толщиной 15-30 см (серо-белый лед) устанавливается обычно в начале декабря. В начале января он получает максимальное распространение по площади, превышающей 34 000 км². В последующем площадь серо-белого льда уменьшается не только при взломах, но и в результате качественного перехода его в белый дед. Средние значения площади белого льда толщиной более 30 см увеличиваются с первой декады декабря (11 767 км²) до первой декады февраля (55 872 км²), а затем последовательно уменьшаются к началу апреля (табл. 7). Объемы припая и плавучего льда различных возрастных видов вычислены по значениям их площадей с учетом диапазона изменения толщины данного вида льда и особенностей зимы. При оценке объема белого льда использована его максимальная за зиму толщина, наблюдаемая на ГМС.

В начале ледообразования (в ноябре) объем льда (V_i) невелик: менее 2 км³. Его последовательное увеличение, соответствующее росту толщины льда и площади распространения, происходит с середины ноября до середины февраля. Затем начинается последовательное его уменьшение до середины апреля (табл. 8). Кривая многолетнего изменения объема льда в течение зимы фактически симметрична относительно своего максимума в середине февраля.

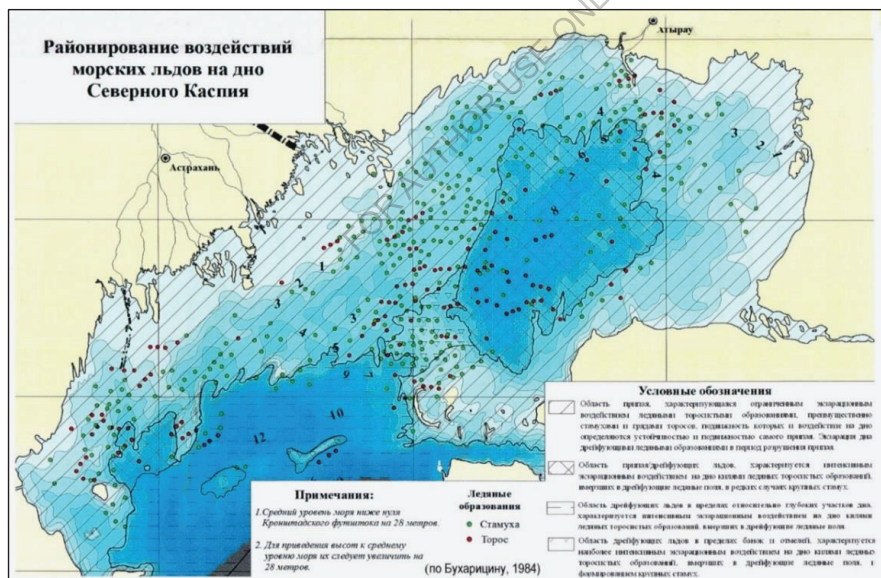


Рис. 9. Сводная схема расположения стамух на Северном Каспии по данным ледовых авиаразведок. (Бухаричин П.И., 1984г.).

Таблица 7.

Площадь припая различных возрастных видов (км²) в Северном Каспии
(1960—1985 гг.) *

Характеристика	XI			XII			I			II			III			IV
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Нилас																
Средн.	4890	10006	2932	6328	15593	6805	3583	НС	6020	9 120	—	—	8463	—	—	—
Макс.	7630	20020	5 150	25 110	26800	41 520	5240	11 080	13600	10365	5720	22830	11 440	7 150	17840	—
Год	1963	1963	1961	1964	1968	1967	1964	1975	1984	1976	1976	1967	1983	1970	1963	—
Серый лед																
Средн.	—	5540	19466	7 143	15325	11646	21351	15380	10441	7735	9466	6831	7350	6337	—	—
Макс.	—	7500	41 038	11 440	30800	27 190	62 150	61 400	41 520	30030	18590	14640	12 140	6420	2500	—
Год	—	1975	1960	1969	1969	1962	1972	1975	1968	1966	1976	1961	1972	1981	1970	—
Серо-белый лед																
Средн.	—	—	—	20091	5540	34 182	37262	23695	22 129	20532	16015	15356	12080	9405	1 054	—
Макс.	—	—	—	29390	6080	65000	68510	59700	60 970	69600	71 500	52200	25720	24320	17 120	13900
Год	—	—	—	1970	1966	1962	1977	1965	1961	1978	1984	1975	1964	1975	1963	1964
Белый лед																
Средн.	—	—	—	—	—	11 767	46281	45551	52786	55872	51 675	44591	43216	37094	35760	21 000
Макс.	—	—	—	—	—	14850	67200	75 150	86750	80060	85600	75780	78600	75780	84320	28400
Год	—	—	—	—	—	1960	1969	1969	1972	1972	1969	1972	1972	1969	1969	1964

Примечание: * - За эти годы имеется наиболее полная информация о состоянии ледяного покрова Северного Каспия.

В экстремально ледовитые зимы увеличивается крутизна кривых роста и понижения (падения) объема льда, что свидетельствует о большей интенсивности процессов формирования и разрушения ледяного покрова по сравнению с зимами со средней и максимальной ледовитостью. Так, в холодную зиму 1966-67 гг. интенсивность приращения объема льда от минимума в начале ноября до максимума в феврале составила 6,48 км³ за декаду. В экстремально холодные зимы приращение объема льда достигло 8,90 км³/дек. в 1968-69 гг. и 6,79 км³/дек. в 1971-72 гг. Период роста объема льда длился 7-10 декад (2-3 мес). Интенсивность уменьшения объема льда в период его ослабления и разрушения значительно превышает скорость его роста. Уменьшение объема льда за декаду весной 1967, 1969 и 1972 гг. составило соответственно 10,7; 9,2 и 16,7 км³. Период уменьшения объема льда (от 4 до 6 декад) короче периода его роста. В экстремально теплые и малоледовитые зимы (1980-81, 1982-83 гг.) отмеченная закономерность изменения объема льда в течение зимы прослеживается не всегда. Доля припая в общем объеме льда значительна. В отдельные исключительно холодные зимы (1968-69, 1966-67, 1970-71 гг. и др.) объем припая может составлять 94-98% общего объема льда. В относительно теплые зимы при неустойчивом ледяном покрове доля припая в общем объеме льда уменьшается до 50-70 %. Связь общей ледовитости моря (выраженной через общий объем льда) с показателями термических условий воздушных масс рассмотрена для ледового сезона в целом. Зависимость максимального за зиму общего объема льда от коэффициента аномальности зимы — обратная. Чем выше значения положительных аномалий температуры воздуха в зимний сезон (январь — март), тем меньше объем льда.

Таблица 8.

Многолетние характеристики объема льда (V_i км³) в открытых районах
Северного Каспия за 1960-1985 гг.*

Месяц	Декад а	Общий объем льда V_i общ			Объем припая V_i прп			Отношение V_i общ / V_i прп
		Средн.	Макс	Год	Средн	Макс	Год	
Октябрь	3	—	1,43	1965	—	0,85	1976	—
Ноябрь	1	0,32	0,57	1963	0,32	0,57	1964	1,00
	2	1,07	2,18	1975	0,72	0,94	1975	0,67
	3	1,72	5,18	1960	1,33	5,13	1960	0,77
Декабрь	1	2,48	7,92	1970	2,24	3,83	1960	0,90
	2	4,00	5,78	1963	2,72	4,92	1968	0,68
	3	9,01	14,97	1962	7,52	16,85	1966	0,84
Январь	1	11,17	31,21	1969	10,72	31,64	1969	0,96
	2	19,17	38,92	1969	16,39	37,82	1969	0,88
	3	21,88	47,84	1969	29,61	46,82	1969	0,94
Февраль	1	24,66	49,22	1972	23,16	38,44	1969	0,94
	2	29,52	63,82	1969	27,56	61,33	1969	0,93
	3	25,38	56,83	1972	22,78	56,83	1972	0,90
Март	1	24,48	61,85	1972	21,76	58,59	1972	0,89
	2	18,76	58,04	1969	16,11	53,06	1969	0,86
	3	13,81	48,21	1972	10,07	43,56	1972	0,73
Апрель	1	8,08	23,31	1972	6,72	20,17	1964	0,74
	2	3,04	8,84	1969	—	—	—	—

Примечание: * - За эти годы имеется наиболее полная информация о состоянии ледяного покрова Северного Каспия.

При гидрометеорологических условиях, благоприятных для интенсивного развития ледовых процессов [низкие отрицательные значения температуры воздуха, высокие показатели $\Delta t/\sigma_t$ и $\sum(-T)$], объем льда уже к концу предзимья достигает 12-15 км³ и более. В таких случаях максимальный за зиму объем льда оказывается на 5-10 км³ больше значений, свойственных данному коэффициенту аномальности $\Delta T/\sigma_t$. Так, общий объем льда к концу предзимья составил 12,17 км³ в 1969 г. и 17,47 км³ в 1966 г. При последующих устойчивых морозах быстрое развитие ледяного покрова привело к резкому увеличению объема льда. В результате максимальные за зиму значения V_i достигли 35,87 км³ в 1969-70 гг. и 54,90 км³ в 1966-67 гг.

Противоположная картина наблюдается при переходе от экстремально и аномально теплых сезонов предзимья к нормальным и суровым синоптическим зимним сезонам. В этих случаях ледяной покров, не получивший достаточного развития в первой половине холодного полугодия (октябрь-декабрь), при последующих резких похолоданиях (январь-март) не успевает достичь объема, свойственного таким морозам в нормальные зимы. К примеру, в конце аномально теплых предзимий 1974, 1977 и 1979 гг. общий объем льда не превышал 5 км³, к концу последующих холодных сезонов он был не более 15-25 км³. Не получает достаточного развития ледяной покров (по объему) и при сохранении небольших отрицательных аномалий от предзимья к зиме. Так было в ледовый сезон 1975-76 гг.

Важными показателями изменчивости ледовых условий моря являются многолетние вариации числовых показателей ледовых явлений, отраженных на совмещенном графике многолетней изменчивости различных показателей ледовитости и суровости зим (рис. 10). Результаты анализа многолетней изменчивости общей площади льда (максимальной за зиму и осредненной по периодам октябрь - декабрь, январь-апрель) показали, что тенденция

увеличения или уменьшения от года к году площади льда в первой и второй половине ледового сезона не всегда одинакова. Почти каждую четвертую зиму ($P = 23\%$) тенденция увеличения или уменьшения S_i между смежными зимами в первой половине ледового сезона меняется на обратную во второй его половине. Так, площадь льда в предзимье 1951 г. (37000 км^2) была больше, чем в 1950 г. (около $25\,300 \text{ км}^2$). Различие площадей во второй половине зимы оказалось незначительным. Общая площадь льда в октябре-декабре 1952 г. на $20\,000 \text{ км}^2$ превысила таковую в 1953 г.

Также в «противофазах» находилась тенденция изменения S_i первого (октябрь-декабрь) и второго (январь-март) периодов ледового сезона от зимы 1954-55 гг. к зиме 1955-56 гг., от 1955-56 гг. к 1956-57 гг., от 1969-70 гг. к 1970-71 гг. Особенно резко выраженное несоответствие тенденций изменения значений S_i было отмечено от зимы 1972-73 гг. к зиме 1973-74 гг. Зимой 1971-72 гг. площадь льда от предзимья к зиме увеличилась на $24\,000 \text{ км}^2$, а зимой 1973-74 гг. было зафиксировано уменьшение площади льда от предзимья к зиме лишь на $2\,000 \text{ км}^2$.

По многолетнему ряду максимальной площади припая выделяется 2-3-летняя периодичность. Интервал между экстремально холодными зимами (1941-42 гг., 1953-54 гг. и 1966-67 гг.), отличающимися большой ледовитостью, составлял 12 и 13 лет. С зимы 1963-64 гг. установилась 2-3-летняя периодичность зим с высокой ледовитостью. Экстремально большая ледовитость, когда максимальная площадь льда превысила $90\,000 \text{ км}^2$, наблюдалась зимой 1950-51, 1953-54 (абсолютный экстремум), 1963-64, 1968-69, 1971-72, 1976-77 гг. Экстремально малая ледовитость, при которой максимальная площадь льда не превышала $75\,000 \text{ км}^2$, отмечалась зимой 1954-55, 1957-58, 1960-61, 1961-62, 1974-75, 1980-81 и 1982-83 гг.

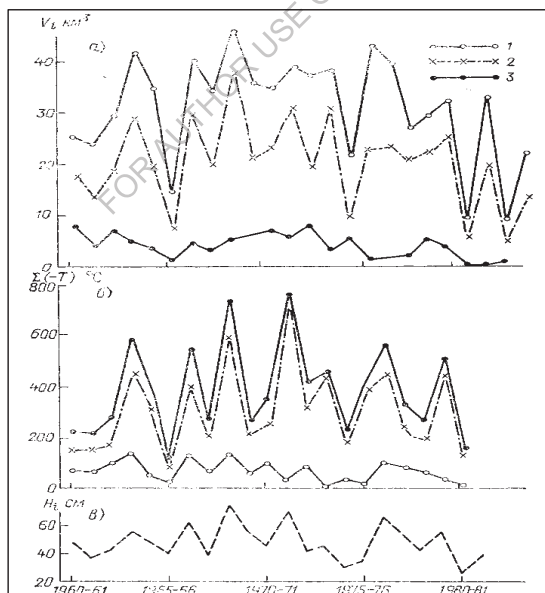


Рис. 10. Многолетняя изменчивость максимальных объемов льда (а), суммы градусо-дней мороза (б) и толщины льда (в).

Максимумы: 1 — за октябрь - март; 2 — за октябрь - декабрь; 3 — за январь - март.

В многолетнем ходе ледовитости моря, представленной общим объемом льда, также обнаруживается явно выраженная 2-3-летняя периодичность. Экстремально большая ледовитость (объем льда более 40 км^3) повторяется в основном через 5-7 лет (зимой 1963-64, 1968-69, 1975-76 гг.). Экстремально малая ледовитость (общий объем льда около 20 км^3 или меньше) отмечена в сезон 1965-66, 1974-75, 1980-81 и 1982-83 гг., периодичность ее от 2 до 6-9 лет. При сопоставлении изменчивости от года к году объема льда (осредненного по сезонам) с его толщиной обнаруживается почти полная идентичность хода кривых (рис. 10). Для районов моря с неустойчивым ледяным покровом (северная часть моря к югу от 45° с. ш. и Средний Каспий) аномальность ледовых условий целесообразно выражать произведением двух модулей ($M_3 = M_1 M_2$) — относительной продолжительностью ледового периода $M_1 = \text{лп}/\text{лп}_{\text{ср}}$ и числа дней со льдом (ч. д. с. л.) $M_2 = (\text{ч. д. с. л.}) / (\text{ч. д. с. л.})_{\text{ср}}$. На акватории Северного Каспия, где лед образуется практически ежегодно ($P=80...95\%$), модульное произведение, не превышающее 3 ($M_3 \leq 3,0$), соответствует зимам, в течение которых и продолжительность ледового периода, и число дней со льдом значительно больше нормы. Наиболее устойчивые ледовые процессы у обоих побережий отмечены в экстремально ледовитые зимы 1941-42, 1953-54, 1959-60 гг. В зимы 1944-45, 1948-49 и 1966-67 гг. ледовая обстановка у восточного побережья была тяжелее, чем у западного. Это явилось следствием затока холодного континентального воздуха из среднеазиатских районов в результате распространения на Каспий гребня сибирского максимума. В такие зимы очаги отрицательных аномалий температуры воздуха стационарируют у восточного побережья, где ледовая обстановка в бухтах и заливах вплоть до Красноводска сказывается очень тяжелой. Длительное время сохранялся ледяной покров у восточного побережья (до Красноводска) и отсутствовал на западе в зимы 1934-35, 1944-45, 1950-51, 1964-65 и 1979-80 гг. Более длительным по сравнению с западным был ледовый период у восточного побережья в 1972-73 и 1976-77 гг. Трансформация воздушных масс над морем приводит к установлению вдоль западного побережья более высоких температур воздуха и относительно легких ледовых условий (сказывается тепляющее влияние моря). В годы активизации арктического максимума, наоборот, у восточного побережья создаются более благоприятные ледовые условия, в то время как в западных районах моря, помимо образования устойчивого местного льда, происходит вынос больших масс тяжелого льда из Северного Каспия в Средний (зимы 1953-54, 1959-60, 1963-64, 1968-69, 1971-72 гг.). Это приводит к резкому увеличению ледовитости и длительному сохранению тяжелого льда у западного побережья Среднего Каспия. Вынос тяжелого плавучего льда из Северного Каспия в Средний и распространение его вдоль западного побережья до Дербента (а в отдельные зимы — до Апшерона), осуществляется только в экстремально и аномально холодные зимы, когда в Северном Каспии устанавливаются устойчивые ветры северо-восточной четверти. При усилении их до 5-6 баллов и продолжительном сохранении направления происходит взлом припая к юго-западу от Уральской бороздины (и в самой бороздине) и дрейф мощного плавучего льда на запад к району Жемчужных банок и о. Тюленьему. Здесь под напором поступающих новых порций плавучего льда и под действием стокового течения дрейфующий лед поворачивает сначала на юго-запад, затем на юг к о. Чечень. Плавучий лед, попав в западную часть циклонической циркуляции, под действием господствующих здесь ветров северо-западной четверти перемещается вдоль западного побережья Среднего Каспия на юг. Наиболее мощный вынос и дрейф льда отмечен в экстремально холодную зиму 1953-54 гг. Вынос льда начался в конце января и продолжался до конца марта. В результате в конце февраля площадь льда у побережья достигла 14000 км^2 , а объем вынесенного льда составил $6,3 \text{ км}^3$. В 1959-60 г. плавучий лед распространился лишь до устья р. Судака. В феврале 1964 г. площадь вынесенного льда составила 5613 км^2 , а соответствующий ей объем — около 3 км^3 . В зиму 1968-69 г. повторился вынос тяжелого льда из Северного Каспия вдоль западного побережья средней части моря. В конце января площадь распространения плавучего льда составила 7730 км^2 , а объем льда — около 2 км^3 ; лед сохранялся до середины марта.

Примерно такой же интенсивности был вынос к югу тяжелого льда Северного Каспия с начала февраля до начала марта 1972 г. Площадь вынесенного льда достигла 6570 км², а объем – 2,2 км³. В годы выноса значения условных показателей аномальности ледовых условий в Среднем Каспии – модульного произведения $M_3 = M_1 M_2$ – превышают 5-7 усл. ед. Определенной периодичности в установлении экстремально большой или малой ледовитости и безледных зим у западного побережья не обнаруживается. Благоприятные в ледовом отношении зимы у западного побережья Среднего Каспия сохранялись с 1932-33 по 1938-39 г. (в течение шести лет подряд), более коротким был безледный период с 1950-51 по 1952-53 г. У восточного побережья Среднего Каспия отсутствие льда зимой в южных его районах отмечалось с 1935-36 по 1941-42, с 1960-61 по 1962-63 и с 1965-66 по 1968-69 гг.

В соответствии с типизацией аномальности термических условий холодного полугодия на Каспии найдены границы девяти типовых сезонов для оценки ледовитости моря по общей площади льда ($S_{общ}$), площади припая ($S_{прип}$) и по объему льда (V_i):

- экстремально большая или малая ледовитость (ЭБЛ, ЭМЛ);
- аномально большая и малая ледовитость (АБЛ, АМЛ);
- большая и малая ледовитость (БЛ, МЛ);
- относительно большая и малая ледовитость (ОБЛ, ОМЛ);
- средняя ледовитость ($S_{рл}$).

Приведены критерии типовых сезонов для общепринятой и детальной типизации (табл. 9).

Таблица 9.

Критерии типизации зим по параметрам ледовитости.

№ пп	Ледовитости	Общепринятая типизация	Детальная типизация
По объему льда V_i км ³			
1	Экстремально большая (ЭБЛ)	—	55,69—63,82
2	Аномально большая (АБЛ)	50,99—63,82	49,55—56,68
3	Большая (БЛ)	38,15—50,98	42,41—49,54
4	Относительно большая (ОБЛ)	—	35,27—42,40
5	Средняя ($S_{рл}$)	27,08—38,14	29,16—35,26
6	Относительно малая (ОМЛ)	—	24,00—29,15
7	Малая (МЛ)	17,80—27,07	18,84—23,99
8	Аномально малая (АМЛ)	8,52—17,79	13,68—18,83
9	Экстремально малая (ЭМЛ)	—	8,52—13,67
По общей площади льда $S_{общ}$ км ²			
1	Экстремально большая (ЭБЛ)	—	95 965—99 838
2	Аномально большая (АБЛ)	92 865—99 838	92091—95964
3	Большая (БЛ)	85891—92864	88217—92090
4	Относительно большая (ОБЛ)	—	84334—88216
5	Средняя ($S_{рл}$)	79 388—85 890	80 620—84 333
6	Относительно малая (ОМЛ)	—	77050—80619
7	Малая (МЛ)	72 964—79 387	73 480—77 049
8	Аномально малая (АМЛ)	66 340—72 963	69911—73479
9	Экстремально малая (ЭМЛ)	—	66340—69910
По площади припая $S_{прип}$ км ²			
1	Экстремально большая (ЭБЛ)	—	88225—92980
2	Аномально большая (АБЛ)	86419—92980	83 469—88 224
3	Большая (БЛ)	75837—86418	78713—83468
4	Относительно большая (ОБЛ)	—	73957—78712
5	Средняя ($S_{рл}$)	61 830—75836	66 162—73956
6	Относительно малая (ОМЛ)	—	55334—66 161
7	Малая (МЛ)	42348—61 829	44 506—55 333
8	Аномально малая (АМЛ)	22 850—42 339	33 678—44 505
9	Экстремально малая (ЭМЛ)	—	22 850—33 677

При экстремально и аномально большой ледовитости общая площадь льда превышает 90 000 км², площадь припая 5000 км², объем льда 40-50 км³, толщина льда составляет от 60 до

75 см, осредненная для Северного Каспия сумма градусо-дней мороза от —500 до —1000 °С и более. В зимы с аномально малой ледовитостью параметры ее в 2-2,5 раза меньше приведенных значений (табл. 10).

Асимметричность исходных рядов значений площади и объема льда (S_i , V_i) привела к неравномерности распределения частот появления (P %) типовых сезонов (табл. 11). В результате нарушилось соответствие между частотами типов большой и малой аномальности ледовых сезонов по значениям объема льда и площади припая. Вероятность (ΔP %) значений объема льда, превышающих норму, при детальной и общей типизации составляла соответственно 25,0 и 33,4 %. Повторяемость малоледовитых зим (по значениям объема льда) составляет 37,5-41,6 %. В Северном Каспии по интенсивности распространения припая различной толщины высоколедовитые зимы ($S_{\text{прип}}$ более нормы) преобладают (41,7-50,0 %) над малоледовитыми ($S_{\text{прип}} < 12,5... 25,1$ %). По общей площади распространения ледяного покрова ($S_{\text{общ}}$) явно выраженной закономерности распределения частот не обнаруживается (табл. 11). В средние по суровости зимы ледяной покров в Северном Каспии сохраняется 3-4 мес. В аномально холодные зимы (1927-28, 1953-54, 1968-69 гг.) ледовый сезон увеличивается до 4-6 мес, в аномально теплые ледяной покров, на большей акватории Северного Каспия сохраняется менее 2-3 мес. Исключение составляет мелководный прибрежный район Жилой Косы, где ледовый период длится от 135 до 178 дней.

Таблица 10.

Параметры ледовитости и суровости в экстремальные и аномальные зимы на Северном Каспии.

Зима*	Максимальные за зиму показатели ледовитости				Показатели аномальности полей температуры			
	Площадь S_i км ²			H_i см	Общий объем льда V_i км ³	$\Delta T / \sigma$		$\Sigma(-T)$
	припая	плавающего льда	общая			X—III	максимум (сезон)	по району в целом
Зимы с экстремально и аномально большой ледовитостью								
1953-54	87780	23580	103573	70	HC	—2,26	—2,40 (I—II)	—1 054
1968-69	88820	52 150	99838	70	63,82	—0,94	—2,01 (I—IV)	—752
1966-67	92 980	25 110	98650	70	54,90	—0,28	—0,36 (X-XII)	—560
1950-51	60900	30300	97050	60	HC	—0,42	—0,62 (I—IV)	—663
1963-64	89960	30590	98660	60	43,86	—0,21	—0,55 (I—II)	—597
1976-77	76490	34700	91500	60	40,31	—0,41	-1,71 (X—XII)	—492
1971-72	89960	51 710	91 140	75	61,85	-0,18	-1,91 (I-III)	—799
Зимы с экстремально и аномально малой ледовитостью								
1965-66	76770	27200	74380	50	13,96	1,31	1,76 (I—III)	—97
1982-83	34320	42670	73700	30	9,27	—	—	—170
1974-75	63 220	45 100	72360	30	15,04	1,42	2,09 (X-XII)	—225
1954-55	72 100	92270	72 100	35	HC	1,26	1,40 (X—XII)	—213
1960-61	64458	25610	70580	50	25,12	0,81	1,13 (I—III)	—221
1980-81	22850	47060	69920	30	8,52	—	—	—154
1961-62	60 141	19955	69790	40	20,14	0,87	1,34 (I—III)	—224
1957-58	66336	11 318	66340	30	HC	0,78	1,32 (I—III)	—229

Примечание: * - За эти годы имеется наиболее полная информация о состоянии ледяного покрова Северного Каспия.

У побережья Среднего Каспия в умеренные зимы местный лед наблюдается около месяца. В аномально холодные и ледовитые зимы (1950-51, 1953-54, 1968-69 гг.) он сохраняется 2-3 мес. и более (Махачкала—143 дня, Александр-Бай—144 дня в зиму 1953-54 гг.). В теплые зимы лишь у побережья зал. Александр-Бай ледовый период длится не более месяца. На остальных участках побережья Среднего Каспия в теплые зимы лед не образуется.

Число дней со льдом несколько меньше продолжительности ледового периода при любом типе ледового сезона. Число дней с припаем в Северном Каспии не превышает 3-5 мес, к югу оно последовательно уменьшается. В экстремально холодные зимы (1927-28, 1941-42, 1953-54, 1968-69 гг.) припай может сохраняться до 4-5 мес. В аномально теплые зимы припай наблюдается не более 2-4 мес. лишь на мелководных акваториях Северного Каспия. Использование рядов основных режимообразующих факторов, обуславливающих ледовитость моря (S_i , V_i), позволило выделить наиболее эффективные и достаточно надежные параметры. Тепловое состояние воздушных масс, таким образом, было выражено:

— осредненной по 4 ГМС (Астрахань, Гурьев, Остров Тюлений, Форт-Шевченко) суммой градусо-дней мороза за предзимье зиму и холодное полугодие в целом;

— показателями аномальности $\Delta t/\Delta t$ за те же периоды осреднения (октябрь - декабрь, январь - март, октябрь - март) по четырем физико-географическим районам – северо-западному (СЗ), северо-восточному (СВ), по западному и восточному побережьям средней части моря (СрЗ, СрВ);

— интенсивностью переноса воздушных масс, представленной проекциями суммарных результирующих векторов ветра на меридиан (ΔAM) и параллель (ΔAP) по 3ГМС (Астрахань, Форт-Шевченко и Махачкала).

Таблица 11.

Повторяемость ($P\%$) однородных типов ледовитости зим на Северном Каспии при детальной (G_d) и общепринятой (T_o) типизации.

Ледовитость	Общая площадь льда				Площадь		Общий объем	
	1950-1984 гг.*		1960-1984 гг.*		1960—1984 гг.*		1960—1984 гг.*	
	G_d	T_o	G_d	T_o	G_d	T_o	G_d	T_o
Экстремально большая	8,8	—	8,3	—	16,7	—	8,3	—
Аномально большая	2,9	11,8	4,3	12,5	0,0	16,7	4,2	12,5
Большая	11,8	14,7	16,6	33,4	12,5	25,0	4,2	12,5
Относительно большая	8,8	—	16,6	—	20,8	—	16,7	—
Средняя	14,7	29,4	12,5	12,5	24,9	45,8	25,0	37,5
Относительно малая	11,8	—	12,5	—	16,7	—	12,5	20,8
Малая	17,7	23,5	12,5	20,8	0,0	4,2	12,5	—
Аномально малая	14,7	20,6	12,5	20,8	4,2	8,3	8,3	16,7
Экстремально малая	8,8	—	4,2	—	4,2	—	8,3	—
Выше средней	32,3	26,5	45,8	45,9	50,0	41,7	33,4	25,0
Ниже средней	53,0	44,1	41,7	41,6	25,1	12,5	41,6	37,5

Примечание: * - За эти годы имеется наиболее полная информация о состоянии ледяного покрова Северного Каспия.

ДИНАМИКА ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА

Динамические деформации ледяного покрова являются следствием нарушения целостности неподвижного льда – взлома припая (на разных стадиях его развития) и последующего перераспределения плавучего льда под действием ветра, течений, волнения и изменений уровня. Доминирующим фактором, обуславливающим динамические деформации ледяного покрова Северного Каспия, является ветер.

Взлом припая и подвижки льда происходят при однонаправленном воздействии ветра и волнения, подъеме уровня и давлении на припай сплоченного плавучего льда. Если сумма всех сил, приложенных к ледяному покрову (припаю), больше разрушающего напряжения, то припай взламывается, если меньше – у кромки припая происходят процессы сжатия и торошения.

Взлом и подвижки льда в открытой части Северного Каспия могут наблюдаться при ветрах разных направлений. Наиболее интенсивный взлом припая и отступление его южной границы к северу отмечается в теплые зимы с большой повторяемостью ветров южной четверти и слабыми морозами. При морозах $-3 \dots -5^{\circ}\text{C}$ ослабевают межкристаллические связи во льду, что делает ледяной покров более «податливым» к разрушению. Взлом припая сопровождается последующим сжатием, подвижкой и наслоением льда в одних районах Северного Каспия и разрежением льда – в других, т. е. перераспределением льда на акватории моря.

Наиболее частые и интенсивные за последние десятилетия подвижки льда отмечены в теплую зиму 1978-79 гг. при ветрах разных направлений (северо-западных, северо-восточных, юго-восточных).

В северо-западной части моря припай взламывается при юго-восточных ветрах силой более 5-6 баллов и резком повышении уровня в случае нагона. В северо-восточной части моря взлому способствуют западные и северо-западные ветры, превышающие 15-20 м/с и обуславливающие интенсивный нагон воды. В районе Уральской бороздины в начале и конце ледового сезона ледяной покров разрушается при штормовых восточных и северо-восточных ветрах. В середине ледового сезона лед Уральской бороздины, окруженный устойчивым припаем, образующимся на прибрежных мелководьях, обладает сравнительно большой динамичностью и «шероховатостью» поверхности. Поэтому взлом смержшегося льда может происходить под тангенциальным действием сильных ветров любых направлений.

У западного побережья Среднего Каспия сравнительно неустойчивый припай, образующийся в аномально холодные зимы, взламывается как при сильных северо-западных и западных сгонных ветрах от берега (провисание, изгиб и последующий взлом льда), так и при юго-восточных и восточных ветрах с моря, сопровождаемых повышением уровня и подпором льда.

В бухтах и заливах восточного побережья Среднего Каспия припай разрушается при сильных и штормовых нагонных ветрах (более 5 баллов):

в зал. Александр-Бай – при восточных и юго-восточных, в закрытой бух. Кендерли – при северо-западных нагонных ветрах. Взлом припая, сопровождаемый образованием дополнительной массы плавучего льда, обычно связан с процессами перераспределения полей льда – сжатиями и торошениями на одних акваториях, разрежением плавучего льда и образованием пространств чистой воды (полюней) – на других.

Процессы сжатия льда в Северном Каспии, согласно классификации И.С. Песчанского, разделяются на:

– сжатия, происходящие в массах плавучего льда под действием ветра в результате полной или частичной остановки льдин при встрече с препятствиями. Они наблюдаются в случае установления южных и юго-восточных ветров силой 6-8 баллов преимущественно в районах Кулалинской (28 февраля 1938 г.) и Жемчужных банок (19, 23 февраля и 1 марта 1951 г.);

– сжатия, создающиеся у кромки припая под действием внешних сил. Под влиянием ветра, волнения и повышения уровня у кромки припая наблюдается не только увеличение сплоченности плавучего льда, но и процесс торосообразования.

Основными факторами, порождающими сжатия льда, являются резкие изменения направления и скорости ветра в зоне плавучего льда и в смежных участках, а также ветровое волнение и изменение уровня моря. В качестве косвенного показателя поля ветра на Каспийском море в ледовый сезон обычно используются численные характеристики

барического поля, выраженные градиентом давления Гурьев – Махачкала и Астрахань – Форт-Шевченко. В зависимости от характера барических полей в Северном Каспии наблюдается четыре типа сжатий:

- наиболее частые сжатия, обусловленные большой разностью атмосферного давления между Гурьевым и Махачкалой. При градиентах 10-15 гПа в северной части моря устанавливаются сильные и штормовые ветры восточной четверти (восточные, юго-восточные), вызывающие в северо-западной части моря нагон воды (от 20-30 до 60 см за сутки), сильное волнение на акваториях, свободных ото льда, и зыбь в зоне плавучего льда. В подобных ситуациях самые сильные сжатия наблюдаются в северо-западной части моря;
- при градиентах давления менее 10-15 гПа или в случае изменения знака градиента юго-восточные ветры ослабевают или сменяются на северо-западные. Последние сопровождаются компенсационным течением, сменой направлений дрейфа и сжатиями льда при встрече с препятствиями;

- мощные сжатия, возникающие при прохождении глубоких циклонов через Северный Каспий или низовье Волги. Им предшествует быстрая (за 6-12 ч) смена юго-восточных ветров северо-западными. Большие массы льда, дрейфующие вначале на северо-запад, продолжая перемещение по инерции, встречаются с плавучим льдом в передней и тыловой частях циклона, дрейфующим в разных направлениях. В итоге в зоне плавучего льда наблюдается не только сжатие, но и вращательное движение отдельных льдин.

Чрезвычайно сильные сжатия в центральной части Северного Каспия, носящие катастрофический характер, зафиксированы 31 января и 23 февраля 1951 г., 8-14 февраля 1952 г. Особо опасным оказалось сжатие льда в районе Уральской бороздины 1-2 марта 1952 г. Оно явилось причиной уничтожения всего зверобойного флота (16 мотоботов) и результатов промысла;

- менее существенные сжатия, возникающие при прохождении циклонов по более северным траекториям и ослаблении ветра над акваторией Северного Каспия.

Теоретические схемы расчета интенсивности сжатий и районов их возникновения для условий мелководного моря ограниченных размеров (каковым является Северный Каспий) отсутствуют. Результаты расчетов распределения зон сжатий по барическому полю, выполненные для четырех катастрофических сжатий (8-14 февраля 1950 г., 31 января и 23 февраля 1951 г., 1-2 марта 1952 г.), приведены в Атласе льдов Каспийского моря.

У западного побережья Среднего Каспия в аномально холодные и ледовитые зимы сжатия в полосе плавучего льда, поступающего из Северного Каспия, наблюдаются практически одновременно от Махачкалы до Низовой Пристани. Они возникают при усилении восточных и юго-восточных ветров до 6-8 баллов и более (8 февраля 1969 г., 28 января 1972 г.).

Локальные сжатия льда часто возникают при встрече с препятствиями. Так, мощные скопления плавучего льда наблюдаются у северного мола порта Махачкала и у каменной гряды на подходах к нефтепромыслам Изберга.

В бухтах и заливах Среднего Каспия резко выраженные сжатия исключительно редки. Здесь в основном преобладает лишь процесс уплотнения плавучего льда при дрейфе его в направлении берега.

Образование стамух и торосов в Северном Каспии происходит в течение всего ледового сезона. В период формирования ледяного покрова и распространения его мористее до глубины 2-3 м при взломах и последующих сжатиях льда формируются торосы, сидящие на мели, стамухи.

По внешнему виду и условиям образования стамухи делятся на: *стамухи осеннего происхождения*; *стамухи зимнего происхождения*. По закономерности образования и пространственному распределению выделяется три разновидности стамух: *одиночные стамухи*, *кольцевые стамухи*, *барьер-цепочка стамух* (по Бухарицину П.И., 1984).

В умеренные зимы стамухи в большом количестве располагаются по всей акватории Северного Каспия. В мягкие зимы стамухи преобладают в северо-восточной части моря и на отдельных отмелях и банках северо-западного района моря.

В период развития ледяного покрова и распространения припая по площади в прикромочной его зоне (области контакта припая с плавучим льдом) под действием ветра и подъема уровня происходит образование на припаях одиночных нагромождений или гряд торосов высотой до 2 м и более. Они располагаются перпендикулярно господствующему направлению ветра. По мере смещения границы припая параллельно ей возникают новые гряды торосов. Создается пояс торосов. Пояса торосов ярко выражены в умеренные зимы и значительно слабее – в суровые. Последнее объясняется преобладанием в суровые зимы ветров северной четверти, не благоприятствующих торосообразованию в прикромочной зоне.

По морфологическим признакам в Северном Каспии выделяется четыре вида торосов:

- **торосы надвигания**, образующиеся в первой половине зимы при взломе и последующем наслоении молодого льда толщиной 5-10 см, а в середине зимы – в процессе неоднократного наслоения и подсовообразования серо-белого и белого льда. Они имеют сглаженную куполообразную поверхность и резко выраженную слоистую вертикальную структуру. Общая мощность торосов надвигания около 1,5-2,0 м;

- **торосы раздробления**, образующиеся близ отмелей и банок в результате механического дробления при сжатиях ледяных полей и крупнобитого льда. Высота торосов раздробления увеличивается от середины к концу зимы с 2-3 до 6 м. Преобладают в северо-западной части моря;

- **торосы взлома**, в большинстве создающиеся на акватории вследствие сжатий и разлома ледяных полей. Высота торосов достигает 3-5 м над поверхностью ровного льда;

- гряды торосов протяженностью до нескольких миль, шириной от 5 до 50 м и высотой около 5-6 м. В процессе перераспределения плавучего льда и выхода молодых торосов в районы банок и отмелей (с последующей посадкой на грунт) создаются стамухи высотой 3-5 м над поверхностью льда.

Наибольшая за ледовый сезон торосистость льда (Т балл) в открытых районах Северного Каспия (Т_{ск}) и в районе зверобойного промысла (Т_{зв.пр}), может быть ориентировочно оценена по значению осредненного по семи ГМС среднегодового уровня ($\bar{H}_w$ см) и среднегодовой скорости ветра ($\bar{V}_a$ м/с) по этим же ГМС. Типовое уравнение расчета торосистости имеет вид:

$$T = -a\bar{H}_w + b\bar{V}_a + c.$$

Оценку толщины напластованного льда ($H_{сл}$) в конце ледового сезона можно сделать по толщине льда естественного нарастания (H_t) и повторяемости ветра скоростью более 8 м/с (Р %) за период с момента установления устойчивого льда до дня расчета в соответствии с уравнением:

$$H_{сл} = -0,7P + 6,2H_t - 21.$$

Здесь H_t – толщина льда естественного термического нарастания, вычисляемая по формуле $H_t = 2\sqrt{\Sigma(-T)}$, полученной Ф.И. Валлером для центральной части Северного Каспия. Значения коэффициентов для уравнения (8.30) — $r = 0,64... 0,75$ и для уравнения (8.31) — $r = 0,96$.

Наряду с указанными процессами взлома припая, подвижек, сжатий и торошения льда в динамике плавучего льда, в его перераспределении на смежных участках происходят противоположные процессы — разрежение льда, образование развоидов среди плавучего льда, заприпайных и прибрежных полыней.

Динамические процессы во льдах на мелководьях оказывают воздействие на морское дно, создавая следы выпаживания. Они имеют вид длинных борозд протяженностью до нескольких километров, вытянутых в основном по направлению господствующих ветров. Ширина борозд до 50-100 м и более. Высота валов значительная, в отдельных случаях они выходят на поверхность в виде «ложных островов».

Разводья среди плавучего льда наблюдаются в теплые зимы в районах с глубинами, превышающими 2-3 м, при ветрах разных направлений. Так, в январе-феврале 1965 г. среди плавучего льда наблюдалось множество нестационарных разводий, меняющих свои размеры, местоположение и конфигурацию при смене направления и скорости ветра.

В начале февраля 1981 г. в северо-восточной части моря образовались два крупных разводья протяженностью до 50 миль и шириной 10 и 15 миль, вытянутые с юго-запада на северо-восток. Разводья, увеличивающиеся в размерах, сохранились до начала марта. С 5 марта в северо-восточной части моря началось интенсивное разрушение плавучего льда.

В январе 1982 г. (теплая зима) на Бузачинском пороге среди плавучего льда появились обширные разводья, сохранявшиеся с 5 по 15 января. В январе 1983 г. от о. Чистой Банки до м. Суюткина Коса сформировалось разводье шириной от 10-20 до 40 миль, положившее начало интенсивному разрушению льда в северо-западной части моря. В теплые зимы к концу ледового сезона множество разводий образуется на акватории Уральской бороздины (март 1983 г.).

Заприпайные полыньи создаются в теплые зимы при устойчивых ветрах северной четверти (ветер с припая) силой более 5 баллов, способствующих интенсивному дрейфу плавучего льда. В результате отхода льда на освободившейся акватории образуются заприпайные полыньи.

В северо-восточной части моря заприпайные полыньи чаще всего устанавливаются вдоль границы устойчивого припая к северо-западу или к юго-востоку от Уральской бороздины. При устойчивых северо-западных ветрах «открывается» северо-западная полынья (13 января и 6 февраля 1966 г., 4 марта 1974 г., 22 января 1983 г.). В случае господства сильных юго-восточных или восточных ветров (более 5 баллов) северо-западная полынья заполняется плавучим льдом и создается юго-восточная, менее обширная полынья (6 января 1951 г., 28 декабря 1954 г., 13 февраля 1955 г., 8 марта 1983 г.). В зимы с неустойчивыми полями ветра наблюдается чередование в образовании полыней, связанное с перераспределением плавучего льда. Вероятность образования северо-западной полыньи в течение ледового сезона около 30 %, юго-восточная полынья образуется реже.

В северо-западной части моря при устойчивых северных и северо-западных ветрах образуется заприпайная полынья, простирающаяся с юго-запада (от о. Чистой Банки, Астраханского рейда и Средней Жемчужной банки) на северо-восток (22 февраля 1954 г., 16 января 1965 г., 13 января 1971 г., 6 марта 1975 г. и 1 февраля 1982 г.). В случае устойчивых северных ветров создается обширная заприпайная полынья, простирающаяся от Астраханского рейда до северной оконечности Уральской бороздины. Прибрежные полыньи в северной части моря наблюдаются лишь в период становления и разрушения ледяного покрова либо в аномально теплые зимы с неустойчивым ледяным покровом. Вероятность образования их незначительна.

Так, 20-21 октября 1976 г. у северного побережья молодой лед отнесло северным ветром в море на 5-10 миль. В результате интенсивного таяния льда 5 апреля 1967 г. у северо-восточного побережья образовалось обширное пространство чистой воды.

В аномально холодные зимы у западного побережья Среднего Каспия при установлении сильных северо-западных ветров происходит отход плавучего льда в открытое море, а вдоль побережья устанавливается пространство чистой воды шириной от 3-5 до 30 км (прибрежная полынья). Протяженность и ширина полосы чистой воды у берега зависят от интенсивности выноса плавучего льда из северной части моря и распространения его вдоль побережья к югу, а также от устойчивости и силы северо-западных ветров.

Относы плавучего льда от западного побережья Среднего Каспия наблюдались:

- 11 февраля 1956 г. от о. Чечень до Дербента. Лед отнесло от берега на 6-8 км;
- 11 января 1957 г. от о. Чечень до Сулакского залива. Лед отнесло на 3-5 км;
- 10 марта 1964 г. на участке от Сулакского залива до Изберга. Лед отнесло на 6 км;
- 2 апреля 1969 г. от о. Чечень до Изберга. Лед оторвало и отнесло в море на 10-20 км.

Наиболее мощный вынос плавучего льда из Северного Каспия вдоль западного побережья Среднего Каспия к югу и столь же неустойчивое положение полосы плавучего льда оказались в зиму 1953-54 г. Отрыв полосы плавучего льда на участке от о. Чечень до Изберга наблюдался неоднократно: 30 января 1954 г. – 5-10 км, 10 февраля 1954 г. – на 10-40 км, 27 марта 1954 г. – на 15-20 км. В большинстве случаев западная кромка плавучего льда повторяла очертания берега.

При переходе ветров к восточным и северо-восточным в полосе плавучего льда происходит изменение характера сплоченности. Почти одновременно увеличивается сплоченность плавучего льда и распространение его из мористых участков к побережью.

Поскольку зимой, наряду с процессами льдообразования на Северном Каспии происходят и процессы разрушения льда, для зоны контакта припая с дрейфующими льдами характерны ее сезонные смещения. Образованию торосов на границе припая и дрейфующего льда, помимо тангенциального напряжения ветра, способствуют сгонно-нагонные колебания уровня. При этом образуются мощные гряды торосов длиной в несколько десятков километров и высотой 1-2, а иногда и более метров, расположенные перпендикулярно направлению господствующих ветров.

При очередном похолодании происходит быстрое «скачкообразное» смещение границы припая и дрейфующих льдов к югу. Возникает новая гряда торосов, параллельная образовавшейся ранее, в результате чего образуется пояс торосов, подобный торосистым образованиям, возникающим на дрейфоразделах арктических морей. Протяженность таких торосистых образований может достигать 100 и более миль! Более ярко пояс торосов бывает выражен в умеренные и суровые зимы, значительно слабее в мягкие (рис. 11).

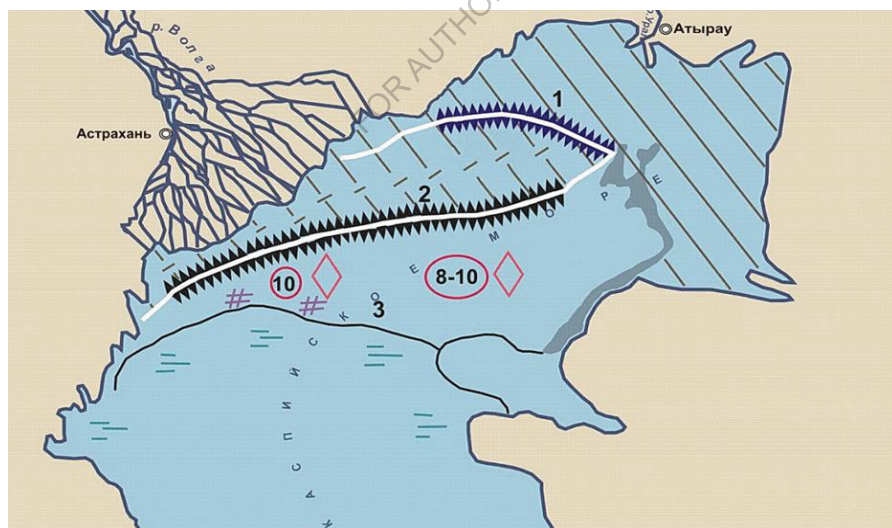


Рис 11. Гряды торосов, образующихся в результате «скачкообразного» смещения границы припая и дрейфующих льдов (Бухарицин, 1984).

СГОННО-НАГОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ИНТЕНСИВНОМУ ДРЕЙФУ ЛЬДА, ТОРОШЕНИЮ И ОБРАЗОВАНИЮ СТАМУХ

В вопросе о том, что считать нагоном и сгоном и что принимать за начало отсчета при оценке их значений, единого мнения до сих пор не существует. В настоящей работе для выделения сгонов и нагонов за фоновый принят среднемесячный уровень.

Ввиду того что практический интерес представляют значительные изменения уровня моря, рассматривались лишь такие сгоны и нагоны, которые превышали среднемесячный уровень моря на 30 см и более.

Для анализа сгонно-нагонных колебаний уровня в средней и южной частях моря были использованы ежедневные наблюдения на уровенных постах, расположенных на западном и восточном побережье. По некоторым уровенным постам (Астара, Сумгаит), где нет самописцев уровня моря, но сгоны и нагоны значительные, использованы срочные наблюдения.

При этом полагалось, что высоты нагонов и сгонов, полученные по уровенной рейке, занижены по сравнению с высотами, полученными по мареограммам. Разница в отдельных случаях может достигать 10-20 см. Значения погрешностей для уровенных постов Баку, Махачкала, Форт-Шевченко и Красноводск определены Н.Д. Фоминой. Расчеты показали, что в Махачкале и Красноводске, где сгоны и нагоны имеют примерно одинаковую продолжительность, средняя относительная погрешность составляет 30 %, для постов Форт-Шевченко и Баку она возрастает соответственно до 50 и 43 %.

Для оценки значений сгонно-нагонных колебаний уровня в северной части моря использовались все наблюдения за уровнем со времени открытия поста (станции) и по 1988 г. включительно (табл. 12.).

Таблица 12.

Морские гидрометстанции, данные которых использовались для анализа сгонно-нагонных колебаний уровня в Северном Каспии

Гидрометстанция	Годы	Гидрометстанция	Годы
Прорва	1933—1939	Остров Укатный	1950—1964
Жилая Коса	1925—1939	Искусственный остров	1950—1988
Гурьев	1916—1988	Остров Чистой Банки	1950—1964
Большой Пешной	1934—1956; 1964—1988	Брянская Коса	1940—1958
Зюйдвестовая Шалыга	1956—1964	Каспийский (Лагань)	1936—1948; 1981—1988
Остров Кулалы	1936—1988	Бурунчук	1937—1939
Остров Тюлений	1938—1988		

Обширные мелководья, малые уклоны дна и суши, конфигурация береговой черты, активная деятельность ветра создают благоприятные условия для развития в Северном Каспии значительных сгонно-нагонных колебаний уровня. Ежегодно отмечаются нагоны свыше 60 см и сгоны свыше 50 см. Огромная протяженность прибрежных мелководий приводит к тому, что экстремальный размах сгонно-нагонных колебаний уровня здесь имеет тот же порядок, что и глубины (до 5-7 м). Здесь выделяется два района с наибольшими сгонно-нагонными колебаниями уровня:

- западное побережье и взморье р. Волги;
- северо-восточное и восточное побережье от устья р. Урала до п-ова Бузачи.

Эффективные направления нагонного ветра следующие: для западного побережья северной части моря – юго-восточное и восточное; для северного побережья – юго-восточное и южное; для восточного: в дельте р. Урала и р. Эмбы – юго-западное; а на участке устье р. Эмбы – пос. Прорва – западное и юго-западное.

Значительные нагоны, создаваемые преобладающими, особенно в холодный период года, штормами восточных и юго-восточных направлений, характерны для северо-западного побережья Северного Каспия. За последние 110 лет в этом районе наблюдалось 9 сильных нагонов (более 1,5-2,0 м): В 1877 г.; 25-27 ноября 1910 г.; 11 ноября 1925 г.; 19-23 марта 1940 г.; 10-13 ноября 1952 г.; 19-20 ноября 1960 г.; 17-18 февраля и 27-30 декабря 1981 г.; 25-28 января 1984 г.; в 1877 и 1910 гг. – высота нагона достигала 3,6 м, а в 1925 г. – 4 м.

Большие нагоны у западного побережья обычно сопровождаются предварительной «фаскачкой» водной поверхности предшествующим сгоном или нагоном. В первом случае за 1-2 сут перед максимумом нагона действует сгонный ветер, переходящий затем в сильный нагонный. Подъем уровня складывается из двух составляющих: восстановление (подъем) уровня после сгона и чистый ветровой нагон. Во втором случае действуют последовательно два нагона: сначала меньший, выводящий уровень из равновесия, а затем через 1-2 сут, после вторичного усиления нагонного ветра, формируется большой нагон, максимум которого иногда совпадает по времени с максимумом уровня при сейше, образованной в результате предшествующего нагона.

Особенно сильный нагон с катастрофическими последствиями в северо-западной части Каспия и в дельте Волги отмечен 10-13 ноября 1952 г. при штормовых восточном и юго-восточном ветрах. Все четыре суток скорость ветра над северной частью моря была более 15-18 м/с, а 12 ноября – 26-28 м/с. Максимальная скорость ветра (до 34-40 м/с) отмечалась на ГМС Махачкала. Нагон начался 10 ноября, его максимум отмечен 12 ноября. Поле ветра сформировало двойной нагон: восточные и юго-восточные ветры из восточной части Северного Каспия и юго-восточные ветры из средней части моря. Высота нагона составила 4,2 м у пос. Каспийского, 3,0 м у ст. Брянская Коса, 3,7 м в Кизлярском заливе (с. Кочубей) и 1,5 м в северной части моря (о. Жесткий). При последующей нивелировке были зафиксированы отметки уровня —24,53 и —24,68 м БС. Интенсивность подъема уровня при нагоне достигала 20 см/ч (ст. Брянская Коса).

Нагон 1952 г. нанес огромный ущерб народному хозяйству. Общая площадь затопления суши составила 17 тыс. км². По рассказам очевидцев, по ложбинам суши вода шла 1,5-2,0 метровым валом со скоростью 5-7 м/с. Полоса суши шириной 25-35 км была затоплена морской водой. По расчетам Н.Д. Герштанского повторяемость такого нагона составляет 1 раз в 150-200 лет.

Средняя высота наибольших за год нагонов по данным ГМС Брянская Коса за 1940-1958 гг. равна 121 см, а экстремальная 239 см (12 ноября 1952 г.). У о. Тюленьего, расположенного в 40 км от западного побережья, средняя высота наибольших за год нагонов за 1938-1988 гг. равна 95 см, а экстремальная 238 см. Таким образом, средняя высота значительных нагонов у берега моря на 26 см больше, чем в 40 км мористее.

В соответствии с характером ветров наибольшие частота и значения нагонов и сгонов отмечаются ранней весной (март-апрель) и осенью (сентябрь-ноябрь). В летний сезон (с мая по август) сгонно-нагонные колебания уровня обычно незначительны и повторяемость их мала. На холодный сезон приходится до 75 % всех наибольших за каждый год нагонов и сгонов. За 50 лет у о. Тюленьего 41 % наибольших за год нагонов отмечен в ноябре-декабре, 21 % в феврале-марте. В июле-августе сильных нагонов здесь вообще не было.

На северном участке побережья между дельтами Волги и Урала наблюдения за уровнем моря выполнялись всего несколько лет на водпостах Ганюшкино и Забурунье и были прекращены из-за ненадежности наблюдений. По этим наблюдениям и другим источникам установлено, что за 50 лет наибольшие нагоны отмечались в 1913, 1928, 1937, 1952, 1980 гг. и достигали высоты 1,6-1,9 м. Почти все эти нагоны происходили в ноябре и длились 3-4 дня. В районе о. Укатного наибольшая высота нагона отмечена в ноябре 1952 г. и составила 1,25 м. Сгонно-нагонные колебания уровня моря в восточной части Северного Каспия изучены крайне слабо, поскольку за последние 50 лет стационарных длительных наблюдений за уровнем здесь не было. Можно дать только ориентировочную эмпирическую оценку нагонных колебаний уровня моря в этом районе по коротким рядам

стационарных наблюдений 30-х годов (ГМС Прорва, Жилая Коса), по очень редким экспедиционным наблюдениям, данным авиаразведки, а также по отдельным сведениям о затоплении поселков, нефтепромыслов в период сильных нагонов и т. п. Ориентировочными материалами для оценки нагонов в восточной части могут служить стационарные наблюдения за уровнем в устье р. Урала (ГМС Зюйдвестовая Шалыга, Большой Пешной, Гурьев) в 1950-1980 гг.

У восточного побережья северной части моря сильные нагоны обычно отмечаются тогда, когда глубокий циклон перемещается с запада на восток, располагаясь в междуречье Волги и Урала, а над южной частью Каспия располагается область повышенного давления. Показательным в этом отношении был нагон 18-21 апреля 1987 г., когда разность атмосферного давления над северной частью Моря с севера на юг была равна 5-8 гПа.

Наивысший уровень при нагоне, как правило, наступает через 2-3 сут после начала естественного синоптического периода.

При сильных ветровых нагонах может затопляться побережье шириной до 15-30 км от уреза воды при среднем уровне моря — 28 м. Ширина затопления побережья зависит от высоты нагона у берега, уклонов и отметок высот прибрежного участка суши и времени стояния максимального уровня. При одной и той же высоте нагона, при более высоком среднем уровне моря вероятность затопления побережья в Северном Каспии увеличивается, а при более низком уменьшается. Например, при среднегодовом уровне моря — 29 м и при нагоне 2 м затопление произойдет до изогипсы — 27 м, а при среднегодовом уровне моря — 27 м и при таком же нагоне будет затоплена суша до изогипсы — 25 м.

По имеющимся данным, за последние полвека наибольшие нагоны у восточного побережья отмечались в июне 1934 г. (140 см), в апреле 1946 г. (210 см), в октябре 1957 г. (около 200 см), в октябре 1953 г. (195 см), в апреле 1987 г. (около 150 см) и в мае 1989 г. (190 см) и затоплялась зона от 15 до 35 км в глубь территории. Все эти нагоны формировались штормовыми северо-западными, западными и юго-западными ветрами со скоростью 15-25 м/с, действующими 3-6 сут.

По наблюдениям ГМС Прорва за 1933-1939 гг. средняя высота нагона из максимальных за месяц равна 64 см, а по ГМС Жилая Коса 70 см. Наибольшая высота нагона за весь этот период наблюдений в районе ГМС Прорва составила 182 см (12 апреля 1938 г.), в районе ГМС Жилая Коса 230 см. Средняя скорость подъема уровня при наибольших за месяц нагонах для района ГМС Прорва равна 3 см/ч, для района ГМС Жилая Коса 5 см/ч. Наибольшая же скорость подъема уровня при нагонах на этих станциях достигала 25-32 см/ч.

Статистический анализ уровня показывает, что большинство сильных и катастрофических нагонов в северной части моря отмечается осенью и весной. Однако штормовые ветры часто наблюдаются здесь и в ледовый период. Ледяной покров значительно уменьшает значения сгонно-нагонных колебаний уровня моря по сравнению с безледным периодом. В среднем высота нагона при установлении прочного ледяного припая в западной части Северного Каспия уменьшается не менее чем в 3-5 раз в зависимости от ширины припая и характеристик ветра. В восточной части водоема в середине зимы (январь-февраль) практически вся акватория занята льдом и заметных нагонов здесь не отмечается.

В суровые и умеренные зимы в январе-марте волна нагона, возникающая у кромки припая под действием штормового ветра, быстро гасится сплошным ледяным покровом и практически не создает нагона. Обычно ледяной припай в такие зимы здесь не разрушается даже под действием штормовых ветров.

В Уральской бороздине в умеренные зимы существует огромная полынья примерно на изобате 5-6 м, где при сильных ветрах может формироваться местный нагон, дающий небольшой (20-30 см) подъем уровня у восточного побережья водоема.

В западной части Северного Каспия ледовые условия менее суровы и в нормальные зимы припай может разрушаться под действием штормовых ветров, которые могут вызывать значительные нагоны у западного побережья.

В теплые зимы отмечаются практически такие же по высоте нагоны, что и в безледный период. В такие зимы ледяной покров очень неустойчив и обычно разрушается при первом же усилении ветра, превращаясь в плавучий лед, который почти не препятствует развитию нагона.

Влияние ледяного покрова на нагоны в северной части моря показывают три зимние нагонные ситуации, близкие по характеристикам ветра, но отличающиеся по ледовым условиям.

В суровую зиму 1969 г. трое суток (12-14 февраля) над всей акваторией Северного Каспия наблюдался устойчивый восточный ветер со скоростью до 28 м/с. В западной части моря, у о. Тюленьего, который расположен относительно недалеко от кромки припая, высота нагона составила около 75 см, а в прибрежной части не более 10-15 см. Таким образом, повышение уровня носило локальный характер, так как припай у западного побережья не был разрушен.

В умеренные зимы при нагонных ситуациях высота нагона больше, чем в суровые. Так, 17-18 марта 1959 г. при восточном ветре со скоростью 24-34 в северо-западной и 16-20 м/с в северо-восточной частях моря высота нагона у о. Тюленьего составила 137 см, и отмечалось большое затопление северо-западного побережья моря.

Очень мягкой зимой 1980-81 гг. в северо-восточной части моря отмечался только плавучий лед, устойчивого припая не было. Вдоль восточного побережья от устья р. Урала до п-ова Бузачи 1-3 и 10-11 февраля 1981 г. наблюдались значительные нагоны под воздействием сильных устойчивых ветров северо-западного и западного направлений со скоростью до 17-20 м/с. По данным авиаразведки Астраханской ГМО, выполненной после этих нагонов, в районе пос. Провра затопление территории достигало 6 км к северу, а южнее поселка ширина затопления была еще больше.

В этот же месяц, 17-18 февраля 1981 г., под воздействием сильных ветров восточных румбов отмечался значительный нагон (до 1,5-2,0 м) у северо-западного побережья, в результате чего приморская часть дельты Волги и прилегающая к ней территория были затоплены водами с моря.

При сильных нагонах в начале зимы прибрежный припай взламывается и под влиянием ветра и течений происходит торошение, дрейф льдин и ледяных полей, в том числе и по затапливаемой морскими водами территории суши.

По данным авиаразведки Астраханской ГМО, 29 ноября 1964 г. в результате нагона по восточному берегу от устья р. Урала до о. Дурнева была затоплена полоса побережья шириной 25-30 км, причем почти вся она была покрыта первичными формами льда густотой 6 баллов. Авиаразведка 20 ноября 1965 г. также обнаружила у восточного побережья Северного Каспия зону затопления от нагона шириной до 10 км. Урез воды подошел к обвалованным участкам нефтепромыслов Прорвы и Каратона. На затопленном участке образовался нилас густотой 7 баллов.

Наибольшие сгоны также отмечаются в северной части моря, они изучены слабее, чем нагоны. Основная причина заключается в чрезвычайной отмелости берегов: при сгонах образуется обширная осушка, вода может уходить в сторону моря на несколько километров от водпоста, и при сильных сгонах взять отсчет по рейке невозможно. В таких случаях в таблицах ставилась буква «С» (сгон), поэтому максимальные значения сгонов, показанные в различных справочниках по Северному Каспию, значительно меньше, чем наблюдаются в природе.

Наиболее сильные (более 1 м) сгоны были 9 октября 1957 г., 21 января 1960 г., 26 ноября 1963 г., 29 января 1964 г., 26 октября 1965 г., 22 октября и 25 декабря 1977 г. и 1 октября 1978 г. Сгон 1 октября 1978 г. был одним из наибольших (до 1,3 м), когда уровень у о. Тюленьего понизился до отметки —30,14 м. БС.

Величина сгона у побережья ограничена глубиной места. Наибольшие сгоны происходят на свалах глубин (изобаты 2-3 м). При понижении среднего уровня моря зоны максимальных значений нагонов и сгонов смещаются в сторону моря, а при подъеме — в

сторону суши. В связи с этим невозможно использовать длинные ряды наблюдений для получения надежных статистических характеристик сгонов и нагонов для конкретного поста.

Существенные изменения сгонно-нагонных колебаний уровня в Северном Каспии могут произойти при падении уровня ниже отметок —30... —31 м, когда восточная часть моря начинает изолироваться от западной.

Специальные наблюдения за уровнем и течениями на профилях, перпендикулярных береговой черте, показали, что, при возникновении нагона, зона его максимальной высоты располагается у берега, над определенной глубиной, и при дальнейшем развитии смещается в сторону берега, а при сгонах, наоборот, в сторону моря. Зона максимальных нагонов обычно располагается недалеко от берега, а зона максимальных сгонов в районе изобат 2-3 м. Установлено, что существует критическая глубина у берега, при которой при нагонах и сгонах начинает действовать придонное градиентное компенсационное течение. При сильных ветрах эта глубина находится в пределах 1,5-1,9 м. Чем больше скорость ветра, тем больше критическая глубина. В районах с глубинами менее критической весь водный поток от поверхности до дна перемещается по направлению ветра, поэтому с этого места происходит наибольший подъем уровня воды при нагоне и его понижение при сгоне. Значения нагонов и сгонов при малых уклонах дна и прилегающей к берегу суши убывают от района критической глубины как в сторону моря, так и в сторону суши.

Внутригодовое распределение сгонов и нагонов в районе Махачкалы определяется в основном сезонной повторяемостью господствующих ветров. Из общего числа случаев сильных и штормовых ветров на юго-восточные приходится 55, на северо-западные – 44 и лишь 1 % на остальные румбы. Продолжительные штормы чаще наблюдаются в холодное время года, в результате чего преобладающая часть сгонов и нагонов приходится на осенне-зимний период.

Сгоны в районе Махачкалы достигают больших значений, чем нагоны, и имеют место преимущественно зимой. Так, в ноябре-феврале повторяемость сгонов за 1930-1980 гг. составила 64 %, причем значительная их часть приходится на сгоны до 30-40 см. Максимальный сгон составил 100 см (20-21 ноября 1957 г.) во время жестокого северо-западного шторма. В Махачкале в это время дул сильный западный ветер скоростью 34 м/с. Нагоны имеют наибольшую повторяемость в диапазоне 30-49 см. На их долю приходится свыше 97 % всех случаев. Около 4% общего числа падает на нагоны высотой 50-59 см. Максимальный нагон наблюдался 12 февраля 1969 г. и составил 72 см при юго-восточном ветре до 20 м/с.

Район Сумгаита относится к мелководной зоне, а его местоположение у «основания» Апшеронского полуострова благоприятствует подпору воды при сильных северных и северо-западных ветрах. Сгонными ветрами являются южные и юго-восточные.

В среднем за год в Сумгаите на северные (22 %) и северо-западные (28 %) ветры приходится около 50 %, причем летом повторяемость их несколько выше (55 %), чем зимой (48 %). Зимой и весной повторяемость южных ветров составляет 27 %. Наибольшее число дней (67 %) с сильным ветром (7-15 м/с) из общих за год (125) приходится на осенне-зимний сезон, что хорошо согласуется с повторяемостью сгонов и нагонов.

Из общего количества случаев сгонов и нагонов на нагоны приходится 88,2, а на сгоны 11,8% на рассматриваемой акватории.

Сгонно-нагонные колебания уровня в районе Сумгаита отмечаются в течение всего года, но наибольшая повторяемость их приходится на холодный период. На декабрь-февраль приходится 32 % всех нагонов и 40 % сгонов. По сравнению с другими сезонами весной отмечается наименьшая повторяемость нагонов и сгонов. Так, в апреле-мае повторяемость нагонов за исследуемый период составила всего 11 %, а сгонов высотой 30 см вообще не наблюдалось.

Сгонно-нагонные колебания уровня на северо-востоке средней части моря установлены по данным мареографа на ГМС Форт-Шевченко.

В соответствии с ориентацией береговой черты в месте расположения уровенного поста сгоны вызываются ветрами от северных до западо-северо-западных румбов. Наиболее часто сгоны наблюдаются при северо-западных ветрах. Западные и северо-западные ветры могут приводить как к сгонам, так и к нагонам, в зависимости от продолжительности их действия.

При юго-восточных и юго-юго-восточных ветрах осуществляется перенос вод с юга из открытого моря в северо-восточную часть Среднего Каспия и на ст. Форт-Шевченко отмечаются нагоны.

Сгонно-нагонные колебания уровня моря в данном районе наблюдаются во все сезоны, но наибольшая их повторяемость приходится на осенне-зимний период вследствие усиления штормовой деятельности.

По высоте сгоны значительно уступают нагонам, и в большинстве случаев (80 %) их высота не превышает 30-39 см, а на сгоны высотой 50-60 см приходится всего 2,5 %.

Максимальный сгон на ст. Форт-Шевченко за 1930-1980 гг. наблюдался 26 октября 1948 г. и составил 62 см при северо-северо-западном ветре скоростью 20 м/с.

Максимальный нагон отмечен 4 декабря 1956г. при юго-восточном ветре скоростью 18 м/с и составил 83 см. Характерная особенность сгонно-нагонных колебаний уровня моря в этом районе – их малая продолжительность:

- средняя продолжительность сгонов и нагонов изменяется в отдельные месяцы от 2 до 7 часов;

- максимальная продолжительность в осенне-зимний период не превосходит 12-13 часов.

Значительные сгоны в районе зал. Кара-Богаз-Гол вызываются ветрами северной четверти: северо-западными и северо-северо-западными. Особенно устойчивые северо-западные ветры наблюдаются в июне, в результате чего на этот месяц и приходится наибольшая повторяемость сгонов – 21 %. Наибольшая повторяемость приходится на сгоны высотой 30-40 см (82,5 %), а на сгоны 40-70 см – всего 17 % всех случаев. Максимальный сгон отмечен 8 июня 1942 г. при штормовом северо-западном ветре скоростью 20 м/с и составил 71 см.

Нагонные ветры для данного района имеют направления от востоко-юго-востока через юг до запада; большая повторяемость этих ветров имеет место в зимние месяцы. По высоте нагоны значительно меньше сгонов. Максимальный нагон за исследуемый период наблюдался 1 января 1973 г. при западно-северо-западном ветре скоростью 18м/с и составил 64 см.

Ориентация Краснодарского залива определяет значительные по высоте и продолжительности сгоны. Нагоны в этом районе – явление редкое, их повторяемость составляет 5 %, тогда как на сгоны приходится 95 %.

Значительные сгоны (30 см) отмечаются в весенне-летний сезон. Их повторяемость в эти месяцы составляет 57 %, что фактически соответствует повторяемости сгонных ветров, и на сгоны высотой 80 см и более за 1930-1987 гг. приходится всего 1,0 % (см. табл. 10.11). В Краснодарском заливе отмечены наибольшие для восточного побережья средней и южной частей Каспийского моря сгоны, достигающие высоты 100 см, как это было 2 апреля 1971 г. при северо-северо-западном ветре скоростью 24 м/с.

В районе о. Огурчинского сгонными являются ветры северной четверти, а нагоны формируются под воздействием юго-восточных штормов. В среднем повторяемость сгонов (75 %) значительно превышает повторяемость нагонов (25 %). Наибольшую повторяемость (до 55 %) имеют сгоны в интервале 30-39 см, нагоны этой высоты составляют лишь 4 %.

Нагон только в редких случаях превышал 50 см, тогда как сгоны в отдельные годы достигали 90 см (в 15 % случаев).

КРИТЕРИИ УРОВНЯ ОПАСНОСТИ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ

Ледовые явления на Каспийском море считаются стихийными, если по своей интенсивности, продолжительности и району распространения они достигают следующих критериев:

- появление ледяного покрова или припая в ранние сроки, повторяющиеся не чаще чем 1 раз в 10 лет;

- напор льдов, интенсивный дрейф и торошение льдов, угрожающие морским портовым, нефтепромысловым, береговым сооружениям и судам;

- установление ледяного покрова, непроходимого судами и ледоколами, в период навигации на судовых трассах и в районе промысла;

- быстрое и очень быстрое обледенение судов (0,7 см/ч и более).

Серьезную опасность для многих морских отраслей народного хозяйства представляет появление льда или припая в ранние сроки: в мелководных районах Северного Каспия — до 25 октября; в Махачкалинской бухте — ранее 28 ноября; у Избербаша — 23 декабря; у Дербента — 8 января; в бухте Порт-Шевченко — 29 ноября; в Красноводском заливе — 27 ноября; у Апшеронского полуострова — 25 января. Повторяемость этих сроков не превышает 1 раза в 10 лет.

Для районов станций Куули-Маяк и Аладжа само образование льда уже представляет опасность. Образование шуги, снежуры, а также смерзания этих форм льда и появление дрейфующего льда сплоченностью более 4 баллов опасно для работы Сумгаитской ТЭЦ.

Для акватории порта Махачкала, акватории моря с отдельными основаниями и эстакадами о. Артема, а также нефтеналивного порта Апшерон скопление дрейфующего льда сплоченностью 10 баллов является критерием стихийного гидрологического явления. Появление дрейфующего льда сплоченностью более 6 баллов является стихийным для эстакад и буровых платформ Нефтяных Камней и Избербаша.

Для исследования опасных и стихийных гидрометеорологических явлений на Каспийском море использованы данные наблюдений на сети станций за уровнем моря, штормовыми нагонами и сгонами, ледовыми явлениями, температурой воды, штормовыми ветрами и волнением начиная с момента наблюдений по январь 1987 г.

Сильные штормовые нагоны и сгоны, вызывающие резкие кратковременные колебания уровня моря, имеют место в основном в Северном Каспии.

Стихийные нагоны в северо-западной части Каспия за последнее столетие наблюдались 8 раз: в 1877 г.; 25-27 ноября 1910 г. (максимальный подъем уровня в обоих случаях составил 3,6 м); 11 ноября 1925 г. (высота нагона составила 2,4 м); 19-20 ноября 1960 г.; 17-18 февраля и 27-30 декабря 1981 г.; 25-28 января 1984 г. (подъем уровня составил 1,3-2,0 м от фонового уровня моря). Чрезвычайно сильный нагон с катастрофическими последствиями имел место в шторм 10-13 ноября 1952 г., когда влияние сибирского антициклона при одновременном оживлении циклонической деятельности над районами Черного моря и Северного Кавказа обусловило развитие устойчивых по направлению штормовых юго-восточных ветров (максимальная скорость в Махачкале достигала 34-40 м/с) большой продолжительности.

10 ноября 1952 г. начался нагон воды в северо-западной части моря. 12 ноября уровень моря повысился настолько, что острова Жесткий, Чистой Банки, Чапуренок оказались под водой. Остров Тюлений также был затоплен, уровень воды здесь повысился на 3 м, у побережий Каспийска и Бранской Косы — на 4,5 м. Общая площадь затопления составила около 17000 км², было размыто полотно железной дороги. По пути движения воды затоплены населенные пункты и разрушены прибрежные сооружения. Имелись человеческие жертвы. Мощный нагон воды, вызвавший затопление прибрежных районов, нанес значительный ущерб предприятиям рыбной промышленности. По Герштанскому Н.Д., вероятность таких нагонов составляет 1 раз в 150-200 лет.

Восточная часть Северного Каспия с ее низменными берегами также часто подвергается затоплению, но интенсивность нагонов здесь намного слабее, чем в его западной части. В шторм 1974 г. высокие волны нагона накрыли Новинские острова, где находились дома чабанов, овцеводческие кошары и тысячи тонн корма.

Стихийный нагон, имевший место 25-27 января 1984 г. на Северном Каспии, захватил и часть районов Среднего Каспия. В результате продолжительных юго-восточных и восточных ветров в Махачкале и севернее Аграханского полуострова уровень моря достиг и даже превысил особо опасные отметки, составив на о. Тюленьем $-26,84$ м, в Махачкале $-27,54$ м. абс. (здесь и далее отметки приведены относительно Балтийской системы высот – БС. или абс.)

Погода Северного Каспия в этот период определялась влиянием антициклона, перемещавшегося с южных районов Урала на восток европейской части страны. Антициклон усиливался, одновременно наблюдалось перемещение циклона с западных районов Черного моря на восток, что создавало условия усилению восточного и юго-восточного ветров до $24-28$ м/с ($25-28$ января).

Продолжительность стихийного нагона составила около суток, а общая продолжительность явления – 144 ч. Максимальная зона затопления шириной $20-30$ км отмечена в районе Кизлярского залива.

В Южном Каспии можно выделить небольшой район моря, примыкающий к Кура-Араксинской низменности. В этом районе имеет место относительно частое затопление берега. Ширина затопляемой зоны достигает нескольких километров.

Сильные сгоны также в основном наблюдаются в Северном Каспии, редко в бухтах и заливах прибрежной полосы Среднего и Южного Каспия. Значительные сгоны в северо-западной части Каспия, достигающие критериев стихийного явления, за 1937-1983 гг. отмечались 9 раз: 9 октября 1957 г. ($-29,83$ м); 21 января 1960 г. ($-29,92$ м); 26 ноября 1963 г. ($-29,90$ м); 29 января 1964 г. ($-30,00$ м); 26 октября 1965 г. ($-29,80$ м); 13 сентября ($-30,04$ м), 22 октября ($-30,02$ м) и 25 декабря 1977 г. ($-29,89$ м); 1 октября 1978 г. ($-30,14$ м).

Исключительно низкий уровень Каспийского моря в 1977 г. в сочетании с часто повторяющимися над акваторией Северного Каспия штормовыми ветрами западной четверти привели к тому, что в течение четырех месяцев подряд (октябрь 1977 - январь 1978 гг.) в северо-западной части Каспия среднемесячные уровни удерживались ниже критической отметки.

Сгоны подобной частоты и интенсивности не отмечались за весь период наблюдений за уровнем на Северном Каспии.

Падение уровня при сгонах в Северном Каспии может достигать $2,5$ м. При значительных сгонах ухудшаются условия для судоходства: глубина на лимитирующих участках канала оказывается недостаточной для прохода судов, и они идут с недогрузкой. Сгоны лимитируют проход судов на Мангышлакском пороге. При сгонах обсыхают обширные мелководья вдоль берегов, а также на устьевом баре Волги, в результате чего гибнет рыба в отшнурованных водоемах и лужах, обсыхают орудия лова и прекращается рыбный промысел.

Из имеющихся рядов наблюдений по некоторым другим станциям Северного Каспия минимальные уровни при сгонах наблюдались: на ст. Брянская Коса (1931-1958 гг.) в декабре 1950 г. — на 143 см ниже среднегодового уровня, равного $-28,00$ м в 1950 г.; на ст. Сарыташ (1948-1958 гг.) 12 ноября 1952 г. — на 113 см ниже среднегодового уровня, равного $-27,51$ м в 1952 г.; на ст. Пешной (1929-1982 гг.) 19 октября 1976 г. — на 68 см ниже среднегодового уровня, равного $-29,16$ м в 1976 г.

Сгонно-нагонные колебания уровня отмечаются не только у берегов и островов, но и в открытой части моря. Например, по наблюдениям в октябре 1964 г. с автономного свайного основания в центральном районе Северного Каспия (глубина 4 м) значение сгонно-нагонных колебаний уровня только за 10 дней (6-16 октября) составило 137 см.

Опасные нагоны и сгоны на Северном Каспии происходят в осенне-зимний и весенний периоды и могут наблюдаться до 1-2 раз в месяц.

Обледенение судов на Каспийском море наблюдается в очень редких случаях. К обледенению и потере остойчивости может привести заливание судна волнами при сильном ветре северного, северо-западного, северо-восточного и восточного направлений и низких температурах воды и воздуха. Одним из основных факторов, определяющих обледенение судов, является адвекция холодного воздуха в тылу циклона при достаточно сильных ветрах преимущественно северо-западного направления. Адвекция очень холодного арктического воздуха осуществляется и вдоль передней части мощного антициклона. При взаимодействии такого антициклона, расположенного над восточными районами европейской части страны, с областью пониженного давления, расположенной над южными районами, возникают сильные северо-восточные и восточные холодные ветры, охватывающие значительную часть Каспийского моря. В результате в северных районах моря могут возникнуть зоны опасного обледенения.

В середине ноября 1910 г. на Астраханском 12-футовом рейде стояло 59 барж и судов. Несмотря на полученное штормовое предупреждение и ожидаемое понижение температуры воздуха, мер по обеспечению безопасности каравана судов принято не было. В ночь на 13 ноября ветер с востоко-северо-востока усилился до штормового при температуре воздуха -12°C . Во время шторма погибло много судов и барж. Число жертв превысило 300 человек. Две баржи в результате сильного обледенения потеряли остойчивость и опрокинулись. Баржа № 115 перевернулась вверх килем, а № 10 легла на борт (см. Е. Саговский. Наше судоходство. «Русское судоходство», 1911, № 1, с. 135-150). В ноябре 1976 г. небольшое э/с «Горизонт» Астраханской ГМО попало в обледенение в районе Астраханского морского рейда.

Суда подвергаются обледенению в редких случаях, так как имеют возможность при получении штормового предупреждения своевременно уйти в укрытие.

Особо опасно раннее появление льда на Северном Каспии за весь период наблюдений (45 лет) начиная с зимы 1939-40 г. было отмечено 5 раз:

13 октября 1939 г.; 18 октября 1949 и 1976 гг.;

22 октября 1977 г. и 26 октября 1969 г., т. е. примерно 1 раз в 9 лет.

Зима 1949-50 г. отличалась суровостью, неожиданно ранним и интенсивным ледообразованием, необычайно большим накоплением льда в Северном Каспии толщиной до 80 см, в результате чего молодым льдом «резуном» выведен из строя весь мелкотоннажный рыболовецкий флот. Впервые подвергались разрушению эстакады в районе нефтепромысла Изберг. Полностью сорван план работы «Каспара». Имелись человеческие жертвы.

- Суровость зимы объясняется активностью полярных центров действия атмосферы, обусловивших вынос очень холодных арктических масс воздуха на европейскую часть страны, а затем на районы Северного Кавказа, Закавказья и Каспийского моря в течение всей зимы.

Опасное раннее появление льда (до 28 ноября) за период наблюдений было отмечено 20 раз, т. е. 1 раз в 2-3 года.

Подвижка и дрейф льда, вызываемые устойчивыми восточными и юго-восточными ветрами, преобладающими на Северном Каспии при всех типах зим, создают сложную ледовую обстановку в районе Астраханского морского рейда и в морской части Волго-Каспийского канала. Этому способствует и наличие здесь большого числа мелководных банок.

Тяжелые ледовые условия возникают не только в суровые и умеренные, но даже и в мягкие зимы, когда толщина ровного, ненаслоенного льда не превышает 10-15 см. Это объясняется тем, что дрейфующий вдоль границы припая на запад плавучий морской лед препятствует выносу из канала речного льда. Происходит образование заторных перемычек, причем их мощность может достигать 2-3 м, а в некоторых случаях лед набивается до дна.

Образование заторов обнаруживается по резкому повышению уровня на 40-50 см на ст. Искусственный остров, расположенной в средней части Волго-Каспийского морского судоходного канала.

Сильные северо-западные и северные ветры наоборот способствуют разрежению льдов в районе Астраханского морского рейда и выносу плавучего льда из Волго-Каспийского канала в море.

В наиболее суровые зимы Северный Каспий отличается большой ледовитостью. При определенном сочетании ее с гидрометеорологическими факторами (ветер, течение) вдоль западного берега Среднего Каспия выносятся большие массы льда, достигающие даже Апшеронского полуострова.

Дрейфующие льды создают серьезную угрозу для нефтепромыслов Апшеронского полуострова, в том числе о. Песчаного (южное побережье Апшеронского полуострова). Интенсивный дрейф льда вдоль западного побережья Среднего Каспия в южном направлении имел место в суровые зимы 1949-50, 1953-54, 1968-69 и 1971-72 гг.

Наиболее мощный вынос льда наблюдался зимой 1953-54 г., которую называют «зимой века». Она характеризовалась экстремальной суровостью, большим накоплением льда и максимальной продолжительностью ледового сезона. Отличительной чертой зимы являлся интенсивный вынос плавучего льда из Северного Каспия вдоль западного побережья в южном направлении.

В период, предшествовавший выносу льдов, атмосферные процессы развивались следующим образом. В середине первой декады ноября над районами Скандинавии сформировалось ядро высокого давления в массах арктического воздуха, которое сместилось далее на юг, на центральные районы Европы, а затем — к востоку-юго-востоку через Украину, Черное и Каспийское моря на Казахстан, вызвав 27-28 ноября на Каспийском море развитие штормового северо-западного ветра и понижение температуры воздуха в районе Махачкалы до $-15... -16^{\circ}\text{C}$. Первое появление льда в период с 28 по 30 ноября было отмечено вдоль восточного побережья Аграханского полуострова и в районе Махачкалы на 46 дней раньше нормального и на 3 дня ранее самого раннего появления в Махачкале местного льда (1 декабря 1931 г.).

В начале второй декады над северными областями европейской части страны вновь сформировалось ядро высокого давления в массах арктического воздуха, распространившегося с Карского моря.

В период с 22 по 29 декабря происходило медленное смещение области высокого давления к югу на Каспийское море и далее на восток, что вызвало вновь усиление ветра северного направления и значительное понижение температуры воздуха (до $-7... -11^{\circ}\text{C}$ в районе Махачкалы и $-12... -18^{\circ}\text{C}$ в Северном Каспии) и воды, сопровождающееся новым ледообразованием.

В середине первой декады января, когда в Северном Каспии уже образовались большие массы льда, в тылу проходящего через Каспийское море черноморского циклона произошло распространение свежей порции арктического воздуха, вновь вызвавшее похолодание в районе Махачкалы и в Северном Каспии до $-8... -11^{\circ}\text{C}$ и усиление северного ветра до штормового. В результате этого плавучий лед полосой до 50-70 км начал дрейфовать вдоль западного берега на юг.

С 27 по 29 января новое ядро высокого давления, образовавшееся над Скандинавией в массах морского арктического воздуха, сместилось на Центральную Европу и затем на Каспийское море, что привело к новому усилению северо-западного ветра и резкому похолоданию, в результате чего возобновился дрейф льда к югу. Такие условия сохранились до конца второй декады февраля.

9-10 февраля плавучий лед полосой до 10 км достиг Апшеронского полуострова.

15-16 февраля вследствие перемещения ядра высокого давления с европейской части страны к востоку Каспийское море оказалось под влиянием западной периферии сибирского антициклона;

этот период характеризовался установлением и усилением восточных и юго-восточных ветров со скоростями до 8 м/с, что вызвало в Апшеронском районе некоторое разрежение льда.

Наиболее критический период наступил 19-20 февраля, когда началось сильное сжатие и торошение льда у северной оконечности Апшеронского полуострова под действием вновь усилившегося до 14-16 м/с ветра северного направления, вызванного повторным вторжением арктического воздуха с районов Скандинавии на Центральную Европу, европейскую часть страны и Каспийское море.

Этот наиболее тяжелый период преобладания сплоченных льдов в Апшеронском районе продолжался почти до начала марта.

Дрейф льда в эту зиму вызвал большие разрушения эстакад в районе нефтепромысла Изберг. Подвергались разрушению и нефтяные гидротехнические сооружения в Апшеронском районе. Первой пострадала эстакада на севере о. Артема, затем и отдельные основания открытого моря. Только принятые экстренные меры спасли Нефтяные Камни от полного разрушения и гибели людей. Весь обслуживающий персонал был немедленно эвакуирован, а ледовые поля на подходах к эстакадам Нефтяных Камней бомбардировались с самолетов, благодаря чему удалось их разрушить.

В другие суровые зимы интенсивность дрейфа льда была выражена слабее. Зимой 1949-50 г. в начале февраля в период начала разрушения кромки льда в Северном Каспии осуществлялся интенсивный его дрейф льда западного побережья Среднего Каспия в южном направлении до морского нефтепромысла Изберг.

Зима 1949-50 г. также отличалась значительной активизацией полярного центра действия атмосферы, длительными и глубокими вторжениями арктического воздуха, приведшими к образованию устойчивого холодного антициклона в умеренных широтах. При прохождении серии циклонов по югу Каспийского моря в тылу их происходил заток арктического воздуха, вызывавший резкое понижение температуры воздуха и усиление северо-западного ветра до штормового. Этим ветром и обусловился вынос мощных плавучих льдов к району Избербаша. К Апшеронскому району эти льды подошли уже сильно ослабленные ветром и волнением.

Обратимся к событию, происшедшему в западной части Каспийского побережья в феврале 1953 г. и впервые отраженном в печати благодаря Артему Симоняну ("Наука и жизнь", №6 за 2002 г.), который в те годы работал главным инженером проекта морских гидротехнических сооружений института "Типроморнефть". Он рассказывает, что из-за резкого потепления в северной части Каспийского моря огромные ледовые поля оторвались от припая и гонимые ветром и морским течением поплыли на юг. Первым препятствием на пути ледовых полей было Избербашское месторождение. Понимая сложность ситуации, правительство Дагестанской АССР принимает решение бомбить льды на дальних подступах к нефтепромыслу и посыпать ледовый панцирь угольным порошком для более интенсивного таяния. Но ни то, ни другое не помогло. Ледяной панцирь плотным кольцом сжал сооружения Изберг-моря, и началось его разрушение. "Эстакады и площадки одна за другой разваливались, как карточные домики (рис. 12).



Рис. 12. Торосы на подступах к эстакадам нефтепромысла Изберг-море, февраль 1953 г.
(Фото из архива ПАО "Роснефть-Дагнефть").

Ледоколов в то время на Каспии не было, да если бы они и были, не смогли бы справиться со стихией. Через двое суток на месте нефтяных вышек над льдинами торчали лишь искореженные фрагменты конструкций" - пишет А.Симонян.

В меньшей степени подверглись разрушению находящиеся в нескольких километрах от берега эстакады месторождения Инче-море (рис. 13).

Торосистый лед быстро двигался на юг и уже через два дня началось настоящее ледовое побоище на нефтедобывающих эстакадах Апшеронского полуострова. Когда ледовые торосы начинали сносить опоры эстакад, военные стали пускать в ход взрывчатку. Лед крошился у опор, пропуская часть льдин под них, но тут же начинал давить с новой силой и пролетные строения уходили под воду. Таким образом, огромные участки эстакад длиной 300-400 метров с проложенными по ним трубопроводами, силовыми кабелями, со столбами освещения и площадки с действующими скважинами медленно уходили на морское дно.

Хорошо, что нефтяники успели заглушить скважины и не допустили разлива нефти. Ледовые поля практически уничтожили нефтепромыслы Артем-море, Гюргяны-море и двинулись в сторону Нефтяных камней. Это стало самым страшным испытанием для нефтяников, пожалуй, за всю историю их морской добычи на Каспии.

К сожалению, климато-гляциологические исследования возникновения, течения и последствий опасных природных процессов, подобных "ледовому побоищу" 1953 г. в Северном и Среднем Каспии, до сих пор практически не велись.



Рис.13. Разрушение эстакады на месторождении Инчхе-море, февраль 1953 г.
(Фото из архива ПАО «Роснефть-Дагнефть»).

Метеосводки ежедневно убеждали, что трагедия неотвратима и для Нефтяных камней. Руководство нефтепромысла приняло решение заглушить действующие скважины и отправить на берег весь персонал: буровиков, эксплуатационников, электриков, строителей, медиков. На вахте остались 50 человек из командного состава, бригады пожарных и рабочих, два метеоролога, два радиста и двое специалистов из "Азморнефти". Перед ними стояла задача: не допустить возникновения пожара и по мере разрушения конструкций отступать на южную сторону нефтепромысла, где на чистой воде их ждали три торпедных катера Каспийской флотилии месторождение. При соприкосновении с ледовыми полями с первым объектом Нефтяных камней случилось совершенно неожиданное: ветер, много дней дувший с востока, мгновенно стих, а потом, быстро набирая силу, задул с запада. Лды остановились ненадолго и поплыли туда, откуда пришли. Резко потеплело, и они на глазах стали таять. Люди не ожидали такого поворота событий. Они были убеждены, что трагедия на Нефтяных камнях неотвратима. После ледового побоища у буровиков и строителей наступила горячая пора: они начали восстанавливать потерянные скважины, эстакады, площадки и другие гидротехнические сооружения. Почти одновременно начался ремонт скважин. И уже через полгода все нефтепромыслы Апшерона вновь заработали. Что касается месторождения Изберг-море, то его не стали восстанавливать из-за бедности нефтеносного слоя (Симонян, 2010).

В зиму 1968-69 г. при интенсивном дрейфе льда из Северного Каспия вдоль западного побережья Среднего Каспия и аномальных ветровых условиях в районе порта Махачкала происходило скопление и нагромождение льда, а в дальнейшем и смерзание его, что привело к блокированию порта тяжелыми льдами. Отдельные нагромождения льда достигали высоты 2-4 м. В это же время на продолжительный период покрылись неподвижным льдом все бухты и заливы восточного побережья Среднего и Южного Каспия. На море сложилась тяжелая навигационная обстановка. В ночь с 10 на 11 февраля в районе Избергбаша произошли повреждения и разрушения эстакад. Работа морского флота была парализована, в результате чего народному хозяйству был нанесен значительный материальный ущерб. Синоптические процессы в декабре-феврале 1968-69 г. были

характерными для холодных зим. Преобладание меридиональной циркуляции способствовало распространению холодных антициклонов на центральные и южные районы европейской части страны. Распространение холода на Кавказ и Каспий происходило при активизации циклонической деятельности над Турцией, Закавказьем и югом Каспия. Все это привело к необычно холодной погоде на всем Каспийском море. Наиболее мощное вторжение арктических воздушных масс отмечено 11-14 декабря, когда температура воздуха резко понизилась на 8-15 °С. На северном побережье Каспия температура воздуха достигала ночью —20... —25 °С. Неоднократные вторжения холодных масс обусловили в эту зиму большое накопление льда в Северном Каспии.

Аномальные условия погоды зимой 1971-72 г. были вызваны развитием редко повторяющихся атмосферных процессов, обусловивших в период с января по март неоднократные мощные вторжения холода, которые вызывали в свою очередь резкие и продолжительные похолодания. В середине января холодные арктические массы воздуха неоднократно обрушивались на Кавказ, Черное и Каспийское моря. В начале третьей декады января температура воздуха на севере Каспия понижалась до —40, на Среднем Каспии — до —28... —30 °С. Жестокие морозы быстро сковали толстым слоем льда северную мелководную часть Каспийского моря. Аномально низкой была в течение всей зимы не только температура воздуха, но и температура воды. Очень быстрому охлаждению воды способствовали обильные снегопады. В январе началось ледообразование в прибрежных районах Среднего Каспия. В середине января в результате повсеместного резкого и устойчивого похолодания и сильного охлаждения водных масс интенсивное ледообразование охватило восточное и западное побережье Среднего, а в последующем и Южного Каспия.

Основной особенностью процессов ледообразования у западного побережья в январе 1972 г. являлась их непрерывность; образовавшийся лед быстро взламывался и дрейфовал по течению в юго-восточном направлении. На его месте вновь появлялся молодой лед при одновременном выносе плавучего льда из Северного Каспия. Вследствие этого в конце второй декады января дрейфующий вдоль западного побережья Среднего Каспия плавучий лед достиг северных районов Апшеронского полуострова, создавая опасность для судов и затрудняя их самостоятельное движение, а главное, угрожая морским нефтяным сооружениям.

В результате в суровую зиму 1971-72 г. при исключительно тяжелых ледовых условиях на Каспийском море народному хозяйству был нанесен большой материальный ущерб. Наибольшие убытки потерпело Каспийское пароходство вследствие простоев и повреждения судов. На Волго-Каспийском морском судоходном канале при мощных подвижках и сжатиях льда разрушаются даже капитальные навигационные ограждения (зимы 1938-39, 1944-45, 1948-49 гг. и др.). Преждевременное снятие навигационных знаков на судоходных каналах приводит к частичному или полному прекращению навигации и влечет за собой большие убытки. Следует отметить, что в каналах и фарватерах аварии судов чаще происходят при поперечных ветрах. Суда, пробивающиеся через лед, "выжимаются" дрейфующими ледяными полями на бровку и подвергаются сильному напору льда, что приводит к серьезным авариям (декабрь 1940 г. — рыбницы, декабрь 1950 г. — теплоходы "Красный Каспий" и "Победа" и др.

Вероятно, самый драматический случай дрейфа льда, влияющий на морские операции, произошел в 1981 году. Интенсивный западный дрейф льда в морской части канала был вызван переходом ветра с западного на восточное направление со скоростью, увеличивающейся в диапазоне от 20 до 30 узлов в период с 18 по 19 февраля 1981 г. Восточный и северо-восточный ветер сохранялся в последующие дни до 24 февраля с усилением до 30-38 узлов над районом. При этом большие поля серого льда были оторваны от ледяного массива в центральной части Северного Каспия, где лед, как правило, толще, и отнесены к западному побережью. Сухогруз «Баку», водоизмещением 7 тыс. т. в это время шел с моря в порт Астрахань под проводкой ледокола через морскую часть канала, когда

он был выжат с канала с западным дрейфом 18 февраля 1981г. на мелководье. Этому способствовал подъем уровня, вызванный штормовым нагоном. Судно двигалось по мелководью с дрейфующим льдом в течение ближайших двух дней. Авиабследование подтвердило положение, в котором оказалось судно. Оно остановилась среди дрейфующих льдов, сидящем на грунте в 10 км от канала. Подъем уровня воды в районе вдоль западного побережья в результате штормового нагона способствовало судну продвинуться по мелководным окрестностям канала на такое расстояние. После смены направления ветра на противоположное направление вода стала уходить, а судно плотно село на грунт. Ледоколы, обслуживающие проводку судов в канале, не смогли помочь в спасательной операции из-за большой осадки, не позволяющей работать за пределами канала. А у мелкосидящего буксира, который был отправлен на помощь не хватило сил, чтобы освободить судно (рис. 14).



Рис. 14. Сухогруз «Баку» (водоизмещение 7 тыс.т.) выжат дрейфующими льдами за бровку ВКМСК на мелководье, на расстояние 10 км (фото автора).

В эти годы, в целях облегчения проведения морских операций пароходством «Каспар» были предприняты попытки искусственного взлома льда в Волго-Каспийском, а также в Урало-Каспийском судоходных каналах (рис. 15,16). Однако, эти попытки не увенчались успехом, так как битый лед смещался в морскую часть каналов, где скорость течения снижалась, и льдины начинали забивать русло канала, набиваясь до дна, создавая непреодолимые препятствия как для судов, так и для ледоколов. К тому же частые ветра восточного и юго-восточного направлений отрывали и выносили с моря новые порции льда, которые полностью блокировали судам и ледоколам выход в море на продолжительное время. От искусственного взлома в каналах с помощью ледоколов пришлось отказаться (Бухарицин П.И., Бухарицин А.П., 2019).

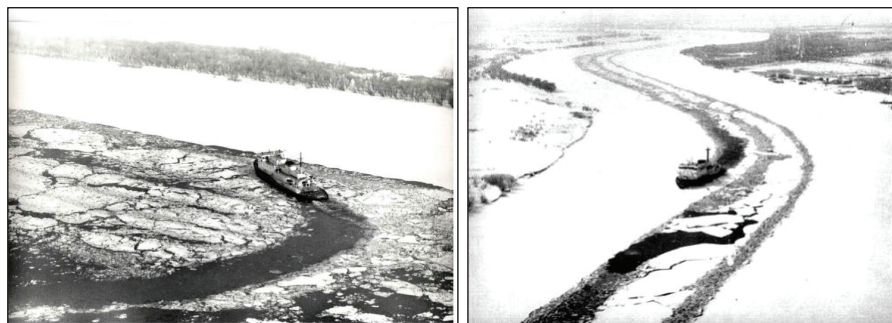


Рис. 15,16. Искусственный взлом льда в ВКМСК, март 1980г. (фото из архива автора).

Таким образом, опасные ледовые условия и тяжелая навигационная обстановка на Каспийском море складываются в суровые и очень суровые зимы, когда не только вся акватория Северного Каспия покрывается мощным неподвижным льдом, но на продолжительный период им покрываются бухты и заливы западного и восточного побережья Среднего Каспия.

За 1924-1987 гг. следует выделить 17 суровых и очень суровых зим: 1927-28, 1928-29, 1930-31, 1931-32, 1941-42, 1944-45, 1948-49, 1949-50, 1950-51, 1953-54, 1955-56, 1959-60, 1963-64, 1966-67, 1968-69 и 1971-72 гг. В последующие годы таких суровых зим не было отмечено (табл. 13).

Таблица 13.

Суммы отрицательных температур воздуха за холодный период года по данным м/с Астрахань с 1984 по 2017 гг.

Годы	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	Сумма
1984-1985	с 01.11 -50,6	-224,4	-172,0	-178,7	до 21.03 -99,5	-725,2
1985-86	с 18.11 -31,5	-89,8	-71,1	-153,3	до 25.03 -32,6	-378,3
1986-87	с 15.11 -37,2	-81,2	-253,3	-187,3	до 29.03 -102,0	-661,0
1987-88	с 11.11 -28,3	-86,4	-206,4	-223,8	до 11.03 -5,8	-550,7
1988-89	с 03.11 -15,7	-60,3	-76,6	до 20.02 -41,8	-	-194,4
1989-90	с 19.11 -9,5	-49,5	-120,5	-98,3	до 16.03 -1,3	-279,1
1990-91	-	с 10.12 -93,6	-108,6	-162,9	до 11.03 -24,4	-389,5
1991-92	с 02.11 -7,6	-111,7	-92,6	-86,6	до 17.03 -13,1	-311,6
1992-93	с 26.11 -3,0	-122,1	-113,9	-139,7	до 16.03 -52,8	-431,5
1993-94	с 08.11 -209,2	-116,6	-113,6	-149,7	до 15.03 -53,8	642,5
1994-95	с 06.11 -30,9	-147,8	-29,2	-14,4	до 17.03 -26,6	-248,9
1995-96	с 14.11 -1,4	-121,4	-228,3	-134,0	до 29.03 -31,6	-516,7
1996-97	-	-100,8	-205,2	-133,0	до 8.03 -0,8	-439,8
1997-98	с 06.11	-140,8	-198,5	-201,6	до 26.03	-568,3

	-17,7				-9,7	
1998-99	с 10.11 -59,5	-88,4	-70,2	-31,1	-3,9	-253,1
1999-2000	с 08.11 -95,8	-17,1	-27,8	-12,0	-	-152,7
2000-01	с 11.11 -21,8	-41,6	-88,8	-68,6	-2,8	-223,6
2001-02	с 06.11 -3,7	-117,6	-61,7	-13,0	-	-196,0
2002-03	-11,6	-289,3	-74,5	-155,5	-29,1	-560,0
2003-04	-	с 02.12 -21,0	-58,7	до 22.02 -18,7	-	-98,4
2004-05	с 23.11 -18,5	-7,7	-35,9	-116,5	-	178,6
2005-06	-	с 22.12 -10,9	-346,7	-129,1	-	-486,7
2006-07	с 19.11 -34,9	-37,1	-7,9	-84,7	-1,4 по 17.03	-166,0
2007-08	с 7.11 -28,7	-100,3	-274,9	-141,0 по 22.02	-	-544,9
2008-09	-	с 14.12 -142,3	-1,3	-60,0	-13,5	-217,1
2009-10	-	-26,8	-203,7	-155	-	-385,5
2010-11	-	-	-118,9	-187,2	по 10.03 -33,9	-340,0
2011-12	с 11.10 -44,5	-35,7	-161	-346,0	по 17.03 -26	-613,2
2012-13	-	-174,0	-74,5	-	-	-248,5
2013-14	-	-45,3	-130,6	-106,7	-	-282,6
2014-15	с 19.11 -40,4	-33,9	-125,6	-70,8	-	-270,7
2015-16	-	с 27.12 -12,7	-109,3	-		-122,0
2016-17	с 24.11 -43,9	-119,0	-90,6	-130,7	-	-384,2

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ

1. Бухарицин П.И., Бухарицин А.П. Морские операции в мелководной морской части Волго-Каспийского судоходного канала в ледовых условиях // ISSN 2411-1899. 47я Международная научная конференция Евразийского Научного Объединения (январь 2019) Наука и современность 2019, часть 7. 47th International Scientific Conference of Eurasian Scientific Association (January 2019). Science and modernity 2019. – С.409-415.
2. Бухарицин П. Исследования каспийских льдов. Ледовый режим Каспия, процессы льдообразования, характеристики ледяного покрова, методы расчета и прогноза ледовых явлений // ISBN:978-620-2-38272-4. Монография. Werlag / Издатель: Palmarium Academic Publishing. 2019. 122с.

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА СЕВЕРНОГО КАСПИЯ И ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

По-видимому, одно из первых, дошедших до нас упоминаний о ледяном покрове в рассматриваемом регионе, относится ко времени хазарского царства (каганата). Это первое феодальное государство Восточной Европы существовало в VI-X веках на Нижней и Средней Волге, простираясь до Азовского моря и Кавказских гор. Последней, третьей столицей этого государства был город Итиль, располагавшийся в дельте реки Волги (Итиля).

Ряд сведений о хазарах оставили арабские путешественники, называвшие Нижнее Поволжье страной хазар, а Каспийское море – Хазарским (кстати, и сейчас его так называют азербайджанцы и иранцы).

Арабов удивляли холодные зимы и замерзшие воды, и они отмечали это в своих записях. Один из них, родившийся в Испании, по имени Абу Хамид Мухаммад ибн Абд ар-Рахим ал-Гарнати ал-Андалуси измерил шагами ширину Волги по льду: ... "И замерзает эта река так, что становится как земля... И прошел я эту реку в ширину, когда она замерзла, и была ширина ее, без рукавов, которые вытекают из этой реки, тысяча шагов и восемьсот сорок с чем-то шагов моими шагами" (Шнайдштейн, 1971).

Присоединение Нижнего Поволжья к России в середине XVI века привело к значительному росту судоходства на Волго-Каспийском водном пути. В целях обеспечения нужд судоходства производятся гидрографические описания Северного Каспия и дельты Волги. В 1770 г. академик С. Гмелин организует первый временный уровненный пост в Астрахани, работавший с апреля по июнь этого года (Валлер, Кассин, Гершпанский, 1971). В 1792 г. Морское ведомство организовало в Астрахани постоянный уровненный пост, который вел также и ледовые наблюдения. Результаты наблюдений поста публиковались в Астраханских губернских ведомостях (Байдин, Линберг, Самойлов, 1056).

Первой этап в изучении ледяного покрова Каспийского моря был ознаменован попыткой обобщить имеющиеся тогда сведения о ледовых условиях в районе г. Астрахани в статье А.И. Зарубина, опубликованной в Известиях Русского географического общества в 1870 г. В 1876 г. Волжская описная партия Департамента шоссейных и водных путей под руководством Н. А. Богуславского открыла новый гидрологический пост в Астрахани на Волге в месте отделения от нее протока Кутум. Этот пост заменил ранее действовавший, он функционировал до недавнего времени. По этому посту имеется непрерывный ряд сведений о ледовых явлениях на Волге у Астрахани с 1881 г.

В том же, 1876 г. Волжская описная партия организовала также водомерный пост в с.Боаста, на выходе Бахтемировского рукава в море, Пост был открыт для наблюдений за уровнем и ледовыми явлениями на устьевом взморье. Этим было положено начало стационарных ледовых наблюдений в Северном Каспии.

1878-1882 гг. проведена опытная прочистка россыпей на взморье Бахтемировского рукава с применением землечерпательных машин. Так было положено начало Волго-Каспийскому каналу, вместе с тем продолжались исследования других вариантов судоходного пути из Волги в море. При этом определилась потребность в гидрометеорологических наблюдениях мористее Боасты, в связи с чем, в 1892 году была открыта морская гидрометеорологическая станция в с. Бирючья Коса. На ней велись и ледовые наблюдения (Линберг, 1970).

В 1888 г. Петровским обществом исследователей Астраханского края была издана работа инженера А.Ф. Мюллера, в которой впервые были сведены накопленные к тому времени материалы по ледовому режиму Волги у Астрахани.

Потребности обеспечения судоходства гидрометеорологическими данными приводят к развитию сети наблюдений. В 1888 г. начинают вести ледовые наблюдения Верхний Тюб-Караганский маяк, расположенный у входа в Тюб-Караганский залив. В 1889 г. открывается пункт наблюдений на Четырехбугорном маяке (с. Вышка) у входа в дельту Волги южнее Бирючьей Косы.

В этом же году открывается пост Оранжерейный промысел (с. Оранжерейное) на рукаве Бахтемир. В 1896 г. начинает вести ледовые наблюдения станция в г. Гурьеве, на реке Урал. В 1893 г. известный исследователь морей И.Б. Шпиндлер обобщил сведения о сроках вскрытия, появления льда, замерзания, продолжительности ледового периода и наибольшей толщине льда ряда морей России, в том числе и Каспийского моря. Сведения даны по пунктам: о. Чечень, маякам Четырехбугорному, Тюб-Караганскому, Петровскому (Махачкала), Дербентскому и у г. Красноводска. Это была первая работа по ледовому режиму Каспийского моря.

В 1904 и 1914-15 гг. под руководством Н.М. Книповича и А.А. Лебединцева на Каспийском море проводились крупные научные экспедиции. При обработке собранных материалов были использованы также и данные судовых и прибрежных наблюдений. В опубликованной работе (Книпович, 1921), была впервые составлена общая характеристика ледового режима моря, указаны факторы обуславливающие процессы ледообразования в Северном Каспии, показано положение ледовых границ и пути дрейфа плавучих льдов.

Работа Н.М. Книповича завершает первый, дореволюционный этап ледовых исследований Северного Каспия, которые основывались на базе коротко рядных, нерегулярных наблюдений.

Второй этап, охватывающий период от окончания гражданской войны до окончания Великой Отечественной войны, и характеризуется развитием планомерных регулярных наблюдений с берега, судов и самолетов по единой методике.

Накопление материалов систематических наблюдений позволило Управлению гидромет службы Азербайджанской ССР составлять ежегодно, начиная с зимы 1927-28 гг., отчеты о состоянии ледяного покрова. Подробная статья Я. И. Разумовского, посвященная ледовым условиям северной части Каспийского моря зимой 1927-28 гг., была опубликована в Известиях Центрального гидрометеорологического бюро. В статье рассматриваются связи состояния ледяного покрова с течениями, температурой воздуха и волнением.

В вышедшей в свет в 1930 г. монографии Б.А.Аполлова и В.В. Валадинского "Дельта Волги" обобщены результаты всех предыдущих исследований и наблюдений 32 постов в дельте Волги, в том числе и по ледовому режиму. Авторы попытались найти зависимости между датами наступления ледостава и минимальными зимними уровнями. Связь оказалась недостаточно тесной.

Сведения о ледовых условиях на Каспии содержатся также в монографии Г.И. Танфильева посвященной всем морям СССР (1931 г.). В этом же году В.А. Зенин составил каталог распределения льдов в открытой части моря за период с 23 ноября 1927 г. по 2 апреля 1930 г., содержащий 84 карты. В 1932 году А.Т. Алексеев и И.А. Бенашвили по материалам судовых и прибрежных наблюдений составили "Ледово-синоптический атлас Каспийского моря", в котором показаны средние и экстремальные положения кромки льда в различные периоды.

В феврале 1934 г. на неподвижных и дрейфующих льдах восточной части Северного Каспия работала санная экспедиция ВНИРО под руководством Н.Н. Горского. Экспедиция проделала большую работу, получив уникальные материалы, особенно по дрейфу льда и торосистости, впервые на Каспии исследовались химические свойства льда и характеристики подледной воды. Результаты исследований экспедиции с привлечением и других материалов обобщены в нескольких работах Н.Н. Горского и В.С. Красновой (1936, 1937).

В 1937 г. был издан "Климатический атлас Северной части Каспийского моря" под редакцией В.С. Самойленко. В атласе показаны средние границы ледяного покрова за каждый зимний месяц.

В 1936-1939 гг. на севере Каспия и в дельте Волги работала экспедиция Центроморпроекта под руководством Б.А. Аполлова занимавшаяся изысканиями для строительства гидротехнических сооружений в дельте и на Волго-Каспийском канале. Эта экспедиция впервые на Каспии определила прочностные характеристики льда.

И.А. Бенашвили в 1941 г., впервые разрабатывая методику ледовых прогнозов для Каспия, отметил, что связь дат образования припая с величиной теплонакопления в северной части моря носит обратный характер из-за отсутствия здесь достаточной гидрологической инерции. Им отмечено также, что теплосодержание Северного Каспия является индикатором не гидрологических, а метеорологических процессов. Вместе с тем утверждается, что изменение теплосодержания южной части Каспия отражается на термическом режиме северной части моря через год.

Величина теплонакопления деятельного слоя воды была использована З.Т. Самсоновым (1941 г.) для предсказания толщины льда в Северном Каспии. Связь перемещения кромки льда со средней результирующей ветрового потока и температурой воздуха была предложена в 1943 г. М.М. Огановым и Н.З. Хатунцевым. Следует отметить, что все указанные связи и зависимости не нашли практического применения в оперативной практике из-за недостаточно высокой оправдываемости прогнозов. Эти же два автора в 1943 г. составили "Атлас льдов Каспийского моря", в котором содержатся схемы ледовых дорог для гужового транспорта, карты различных характеристик ледяного покрова, в том числе подекадного распределения плавучего и неподвижного льда, и изохрон замерзания.

Третий этап в изучении ледового режима Северного Каспия охватывает период от окончания Великой Отечественной войны до начала 60-х годов. Он характеризуется широкими систематическими стационарными наблюдениями береговых станций по расширенной программе, регулярными визуальными авиационными разведками ледовой обстановки, выполнением ряда глубоких исследований, обобщающих накопленный материал наблюдений. Этот этап начинается крупной экспедицией Бюро расчетов и справочного Государственного океанографического института (БРИС ГОИНа) в 1949-1952 гг.

Руководителями отдельных ледовых партий были Я.Г. Виленский, Я.А. Тютнев, В.Л. Цуриков, Т.М. Милейко, Н.М. Мамай. Экспедиция работала в районе от Изербаша до северной оконечности Аграханского полуострова, а также на Северном Каспии к западу, северу и северо-востоку от о. Кулалы на л/к "Серго Орджоникидзе". Проводились не только обычные ледовые наблюдения, но и определения физических и химических свойств льда, в том числе определение прочности льда на изгиб, динамической твердости льда и продольной силы удара ледокола. Эти наблюдения были обобщены и опубликованы только в 70-80 годах.

В 1950 г. Р.Л. Хейфец (Рейфман) подготавливает новый "Атлас льдов Каспийского моря" из 59 карт, в числе которых карты продолжительности ледового периода, толщины льда, вероятности встречи со льдом.

В 1955-1956 гг. издаются работы К.К. Гюля. В них рассматриваются вопросы льдообразования, продолжительности ледового периода, дрейфа льдов, влияние их на морские нефтепромысловые сооружения, методы борьбы со льдами для защиты этих сооружений. Работы посвящены, главным образом, западному побережью Каспия. Эти же вопросы рассматриваются в работе Б.А. Аполлова (1956).

Л.Е. Веселова обобщила материалы прибрежных профильных и судовых ледовых наблюдений по 1953 г. Ею дан анализ различных характеристик ледового режима, в том числе динамических, в зависимости от гидрометеорологических факторов. Особенностью работы является анализ и расчет составляющих теплового баланса моря для периода осенне-зимнего охлаждения, дано сравнение фактического и расчетного охлаждения. На основе анализа характера наиболее суровых зим, в своих работах (1956, 1959, 1981) Л.Е. Веселова рассматривает гидрометеорологические условия выноса плавучих льдов в Средний Каспий и связь элементов ледового режима с другими гидрометеорологическими характеристиками с точки зрения обоснования возможности ледовых прогнозов.

Анализируя материалы аэрофотосъемки 1953-54 гг., Б.И. Кошечкин описывает «шрамы выпавивания», образующиеся на дне Северного Каспия при дрейфе ледяных торосов. Глубина шрамов 3-4 см, а их протяженность достигает 2-3 км. Продолжительность

существования таких борозд составляет 2-3 года. Шрамы хорошо прослеживаются при аэрофотосъемках, ибо оттеняется водорослевым покровом.

В нескольких работах Е.Г. Архиповой с соавторами рассматривается тепловой баланс и термический режим Каспийского моря, включая и вопросы льдообразования и ледотаяния. Исследуются возможные изменения в ледовом режиме в случае дальнейшего падения уровня моря, делается ошибочный вывод, что эти изменения будут невелики (Архипова, 1957, 1958, 1959).

Н.А. Скриптунов, исследуя течения на устьевом взморье Волги, рассмотрел их связь с ледяным покровом. Зимой припай на этом мелководье препятствует образованию дрейфовых течений, поэтому на взморье наблюдаются только стоковые и сгонно-нагонные течения (1959). Им же, используя материалы ледовых и профильных наблюдений, ледомерных съемок и авиаразведок до 1959 г., рассмотрены различные характеристики ледового режима взморья Волги в их связи с гидрометеорологическими факторами (1976). В 1960 г. вышла в свет монография А.К. Леонова, посвященная океанографии дальневосточных и южных морей СССР. В ней имеется несколько страниц, посвященных льдам Каспия.

На основе обработанных материалов прибрежных ледовых наблюдений с 1932 по 1957 гг., судовых наблюдений за период 1936-57 гг. и карт ледовых авиаразведок ГОИН совместно с УГМС Азербайджанской ССР в 1961 г. был подготовлен новый Атлас льдов Каспийского моря. Этот Атлас значительно полнее предыдущих, он состоит из 82 карт, 13 таблиц и 29 графиков. Впервые приведены карты распространения льда при различных типах полей ветра, торосистости, мест образования стамух, дрейфа льда.

Следует остановиться на некоторых биологических и гидрохимических исследованиях, имеющих отношение ко льдам. В течение ряда лет сотрудник КаспНИРХ Бадамшин Б.И. занимался биологией каспийского тюленя, в том числе зависимостями жизнедеятельности тюленя от ледовых условий (1948).

В работах Н.В. Федосова и Д.А. Барсуковой исследуется газовый режим и солевой состав подледной воды Северного Каспия (1952, 1959). В.А. Куличкова рассматривает влияние ледяного покрова на бентос (1962, 1963).

Названные работы, в особенности работы Л.Е. Веселовой и Атлас 1961 г., подводят некоторый итог классическому, традиционному гидрометеорологическому периоду изучения ледового режима Северного Каспия.

На следующем, четвертом, этапе главным объектом исследований является уже не столько ледовый режим, сколько непосредственно ледяной покров. Подробно исследуется его физико-механические характеристики и химический состав, а также влияние льда на условия плавания судов. В 1960-70 гг. в практику работ Астраханской зональной гидрометеорологической обсерватории вошли исследования ледяного покрова и подледных условий непосредственно со льда, куда наблюдатели доставляются вертолетами. Таким путем удалось покрыть различными измерениями практически всю акваторию Северного Каспия, включая ее центральные районы.

В 1960 и 1962 гг. Институт географии АН Азербайджанской ССР совместно с ААНИИ проводил зимние экспедиционные работы на судах. Суда входили в плавучий лед в южной части Северного Каспия. Определялись физико-механические и химические свойства льда, обмерялись торосы и бугры (стамухи). На основе собранных в экспедициях материалов, а также обобщения материалов стационарных наблюдений и литературных источников, Л.В. Лукьянова написала несколько работ. В них рассматриваются условия возникновения, развития, разрушения и исчезновения льда, ледовитость моря, толщина, торосистость, дрейф льда. Исследуется структура, плотность, соленость, сопротивление на сжатие и изгиб. В зависимости от характера включений, кристаллической структуры и прочностных характеристик льды Северного Каспия можно разделить на 3 разновидности: слоистый лед, монолитный лед и конгломерат (1961, 1962). Л.В. Лукьянова далее рассматривает изменение плотности и солености льда по вертикали в связи с соленостью воды, что

позволило выявить типы вертикального распределения солености и плотности льда и их зависимость от структуры и возраста льда (1965). Исследуется сопротивление различных видов каспийского льда на сжатие и изгиб в зависимости от температуры и солености. По величине предела прочности автор разделяет каспийские льды на соленые морские, солонатовые и приближающиеся к пресным (1966). Необходимо отметить, что интересные работы Л.В. Лукьяновой базируются на очень небольшом числе проб и натуральных измерений, полученных в ограниченном районе, примыкающем к свободной ото льда поверхности моря, причем собранных в конце зимы.

В вышедшем в 1970 г. сборнике работ Астраханской ГМО опубликованы статья А.К. Барабаш, в которой рассматривается связь температур воды и дат появления льда на мелководье с температурами воздуха и статья Ф.И. Валлера, где на основе анализа всех имеющихся наблюдений дана характеристика сроков первого появления и окончательного замерзания в разных районах Северного Каспия в умеренные, суровые и мягкие зимы, а также величин и сроков достижения максимальной толщины льда. Для центральной части района построены графики и дана формула, связывающая толщину льда с суммой градусосуток мороза. По материалам авиаразведок за 20 лет составлены карты границ неподвижного льда на 15 число каждого месяца.

В октябре 1970 г. в г. Баку состоялось Всесоюзное совещание по льдам южных морей, на котором был заслушан ряд докладов по ледовому режиму Каспийского моря. Тезисы докладов опубликованы в 1970 г., а полные доклады опубликованы в 1973 г. в сборнике "Исследования льдов южных морей". Часть докладов была обзорного характера, другие касались Среднего и Южного Каспия. По Северному Каспию представлены доклады В.Д. Цурикова и Л.Е. Веселовой и Ф.И. Валлера. Об исследованиях динамической твердости льда указывалось выше. В работе Ф.И. Валлера (1973) рассматриваются не только гидрометеорологические условия аномально-холодной зимы 1968/1969 г., но и характер зимней навигации в условиях тяжелой ледовой обстановки. Показаны причины ведения зимней навигации и нанесенной флоту ущерб в эту суровую зиму.

Следует остановиться на исследованиях ледяного покрова Каспийского моря Б.А. Мамедовым (1967, 1970). Наиболее полно они изложены в его докторской диссертации (1970). Исследования охватывают широкий круг вопросов. Получены значения модуля продольной упругости, модуля сдвига и, следовательно, коэффициента Пуассона, исследовались механические свойства льда на сжатие, изгиб и растяжение, изучалось давление льда на вертикальные и наклонные сваи морских сооружений, рассматриваются предложенное автором конструкции навигационных ограждений для использования в ледовых условиях. На основе опытов в Красноводском заливе показана возможность использования радиационного тепла для разрушения льда в узкостях и у навигационных знаков. Предлагается использовать продукты дноуглубления в целях создания дамб для защиты ото льда и наносов.

Исследования Б.А. Мамедова относятся практически целиком к портам Южного и Среднего Каспия. Для Северного Каспия можно частично использовать результаты, полученные по районам портов Баутино и Махачкала. В пятидесятых и шестидесятых годах прошлого века был проведен ряд исследований, направленных на создание методик ледовых прогнозов для Каспийского моря.

С.И. Кан, исследуя связь ледовых явлений с циркуляцией атмосферы, температурой воздуха и воды в целях долгосрочного прогнозирования, пришла к выводу о возможности прогностического использования меридиональной разности температур воздуха в сентябре (1958).

Б.А. Шлямин, рассматривая связь ледовых условий с различными факторами, пришел к выводу, что северные ветры создают в суровую зиму могучий поток дрейфующих льдов на юг. Автор считает, что уменьшение глубины и солености Северного Каспия в связи с возможным падением уровня ничтожно скажется на изменении ледовых условий (1959). Последующие исследования показали несостоятельность данного вывода.

О.И. Шереметьевская опубликовала методику расчета распределения температуры воды и положения кромки льда в осенний период, исходя из температуры воздуха (1961). Влияние течений и стонно-нагонных колебаний учитывается лишь косвенно.

Работа В.В. Лукьянова (1960) посвящена поискам прогностических признаков холодных и теплых зим по аномалиям температуры воздуха и воды и некоторым другим характеристикам. В другой работе того же автора (1962) приводятся уравнения, связывающие ледовитость моря со средней месячной температурой воздуха и средней аномалией этой температуры. В обеих работах делаются выводы о прогностической ценности описываемых зависимостей.

Е.С. Каракаш опубликовала несколько работ, в которых дается обоснование возможности прогноза ледовитости Северного Каспия (1960 1962), протяженности дрейфующих льдов вдоль западных берегов Среднего Каспия (1964), положения границ льда в Северном Каспии (1964).

А.Н. Крындин рассмотрел многолетние колебания ледовитости неарктических морей СССР, в том числе и Каспийского, с целью поиска сопряженности их ледовитости. Выяснилось, что согласования ледовитости нет, ибо она определяется на разных морях разным сочетанием факторов. Тем не менее, более тесное согласование ледовитости Каспийского моря обнаружено с Черным и Азовским (1965).

В работе С.Г. Орадовского и А.Е. Филонова по результатам исследований у кромки льдов в феврале 1969 г. приводятся сведения о химическом составе льдов и подледных вод. Установлено, что лед содержит в 2-5 раз больше фосфатов, чем вода, а также больше нитратов. При таянии эти минеральные соли способствует процессу фотосинтеза водорослей у кромки льдов (1972).

В 1972 г. вышла из печати книга "Современный и перспективный водный и солевой баланс южных морей", в которой в §4 главы I раздела "Каспийское море" "Температура воды и лед" (авторы М.С. Потайчук, Ф.И. Валлер, Н.Д. Клевцова) дана краткая характеристика ледового режима, в основном северной части моря. Показано, что за период с 1927 по 1966 гг. имеет место тенденция к уменьшению ледовитости Северного Каспия, в основном за счет весеннего периода, что связано, главным образом, с потеплением климата в исследуемом районе.

В 1973 году в Астрахани состоялась научная конференция по биологическим ресурсам Каспийского моря. В сборнике тезисов конференции опубликованы тезисы Ф.И. Валлера, посвященные некоторым чертам ледового режима Северного Каспия, главным образом, вопросам дрейфа льда, характера торошения, а также подледным течением и температуре воды зимой. В этом же сборнике опубликованы тезисы А.К. Барабаш, в которых рассматриваются изменения сроков ледовых явлений при переходе от осени к зиме и от зимы к весне в низовьях Волги на участке от Волгограда до моря в связи с регулированием волжского стока: позже начинается осенний ледоход, раньше вскрытие ото льда весной.

В 1974 г. публикуется статья Ф.И. Валлера, в которой впервые рассматривается альbedo льдов Северного Каспия. Работа написана на основе непосредственных наблюдений за суммарной и отраженной радиацией бесснежного и покрытого снегом льда (рис. 17). Получена кривая связи альbedo от толщины льда и характера снежного покрова на нем (рис. 18).

В шестидесятых годах в Арктическом и Антарктическом научно-исследовательском институте (АНИИ) под руководством П.А. Гордивко глубоко изучалось влияние ледяного покрова на плавание судов, шли поиски зависимостей уменьшения скорости движения от разных характеристик ледяного покрова, численного выражения их разнообразных сочетаний. В его работе (1977) изложены основные результаты этих исследований, составивших новую важную ступень в ледоведении, открывших новое направление в научном обеспечении ледового плавания. Результаты этих исследований были доложены также, на совещании по льдам южных морей (1973).



Рис. 17. Измерение альбедо каспийских льдов.

В 1973-77 гг. на всех неарктических морях СССР под руководством отдела изучения ледового плавания АДНИИ выполнялись работы по применению результатов исследований ДАНИИ к конкретным условиям ледового плавания на этих морях. На Северном Каспии эта работа выполнялась под руководством Ф.И. Валлера. Некоторые ее результаты были опубликованы в 1977.

В 1975 г. выходит из печати монография А.Н. Косарева "Гидрология Каспийского и Аральского морей", в которой раздел "Ледовые условия Северного Каспия" написан также по результатам исследований группы Ф.И. Валлера.

В 1976 г. была опубликована работа Н.А. Скриптунова, посвященная влиянию речного стока на гидрологические процессы на устьевом взморье в ледовый период. В работе показано, что более легкие, пресные речные воды распространяются стоковым течением подо льдом тонким слоем, в большинстве случаев, не смешиваясь с более плотными солеными водами моря. Дальность распространения пресных вод зимой подо льдом существенно больше, чем летом, что способствует нарастанию льда. Зарегулирование стока привело к увеличению сброса речных вод зимой, что также способствует увеличению площади распространения пресных вод подо льдом и нарастанию льда.

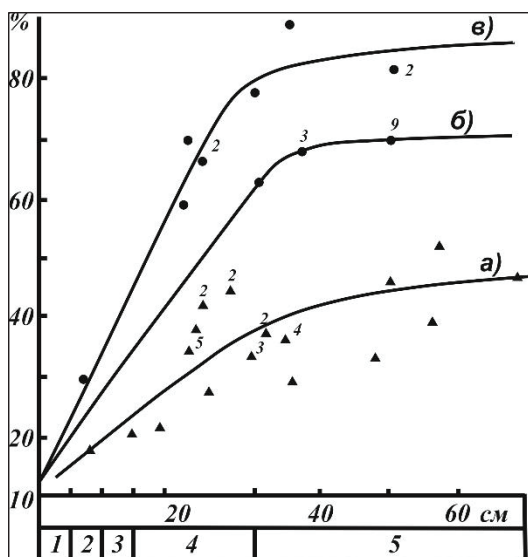


Рис. 18. Зависимость альбедо (%) от толщины (возраста) льда и состояния снежного покрова: а - бесснежный лед; б - лед, покрытый влажным, плотным или смерзшимся снегом; в - лед, покрытый сухим свежеснеженным снегом. Виды льда: 1 - склянка, темный нилас; 2 - светлый нилас; 3 - серый лед; 4 - серо-белый лед; 5 - белый лед (Валлер, 1974).

Кроме этой работы вышло еще несколько работ, посвященных влиянию зарегулирования и изъятия стока реки Волги на режим температуры и солености каспийских вод, но, к сожалению, вопросы изменения ледового режима и ледяного покрова в них почти не рассматриваются.

В 1980 г. вышел из печати второй сборник работ Астраханской зональной гидрометеорологической обсерватории. В нем опубликовано несколько работ по рассматриваемому вопросу. В статье Ф.И. Валлера и И.Г. Егорова обобщен опыт использования авиации в гидрометеорологических целях. В частности, рассматривается производство авиаразведок по картированию распределения и состояния ледяного покрова, выполнение океанографических и гидрохимических наблюдений со льда с постановкой автономных самописцев уровня, течений и температуры воды, определение физических свойств льда, отбор проб льда и др. В другой статье тех же авторов обобщены результаты наблюдений над течениями при автономных постановках буквопечатающих вертушек (БПВ) на многосуточных станциях путем подвешивания их на тросе, закрепленном на поверхности льда (рис. 19). В статье приводятся средние векторы переноса вод за многолетний период отдельно для безледного (в 30 пунктах) и ледового (в 10 пунктах) периодов и построены схемы преобладающего переноса вод. Обе схемы оказались в основных чертах одинаковыми, но так как скорость подледных течений меньше, чем в период открытой акватории, то и зимний результирующий средний перенос водных масс меньше чем летний. В статье Ф.И. Валлера рассмотрены результаты натурных определений прочности льда на изгиб зимой 1973-74 г. Прочность льда определялась на полевой испытательной машине ПИМ-100, в которую закладывались круглые пластины, полученные путем распиливания цилиндрической колонки льда - ледяного керна, вырезаемого из ледяного покрова кольцевым буром ААНИИ. Определялась также температура и хлорность льда по вертикали. Оказалось, что наиболее прочными были более

холодные и менее соленые образцы. Показано, что по мере удаления от устьев Волги и Урала прочность их падает. Произведен перерасчет прочности образцов к прочности ледяного покрова.

Эти же вопросы рассматривались в статье Д.Е. Веселовой, Ф.И. Валлера и В.Л. Цурикова. Здесь были использованы материалы натурных наблюдений за пять зимних сезонов. Построены изолинии прочности льда по акватории Северного Каспия в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

С середины 70-х годов комплексными исследованиями каспийских льдов, а также разработкой ледовых прогнозов для Северного Каспия в интересах морских отраслей занимался П.И. Бухарин и А.Л. Мазун (рис. 20,21).



Рис. 19. Постановка буквопечатающих вертушек (БПВ) на многосуточных станциях (фото Валлера Ф.И.).

А.Л. Мазун в 1978 г. исследовала возможность применения идей Е.М. Саускан об определении дат очищения моря ото льда в зависимости от максимальной толщины льда (суммы градусо-суток мороза) и сроков начала таяния (устойчивого перехода температура воздуха через 0° днем) для судоходных каналов. Е.М. Саускан получила соответствующие зависимости для рек Волга и Урал (для Астрахани и Гурьева). А.Л. Мазун выявила аналогичные зависимости для Волго-Каспийского и Урало-Каспийского каналов, где сказывается и влияние моря. Заблаговременность метода от 7 до 35 дней.

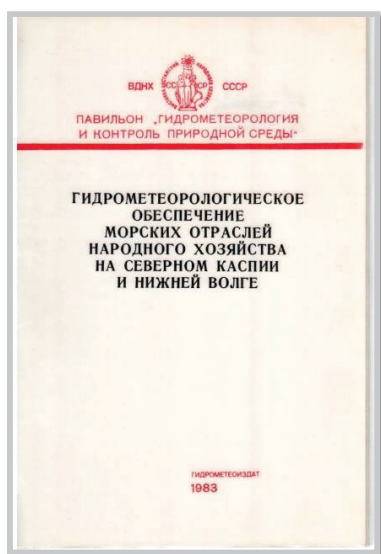


Рис. 20. Титульный лист брошюры
ВДНХ 1983г. (автор Бухарицин П.И.).

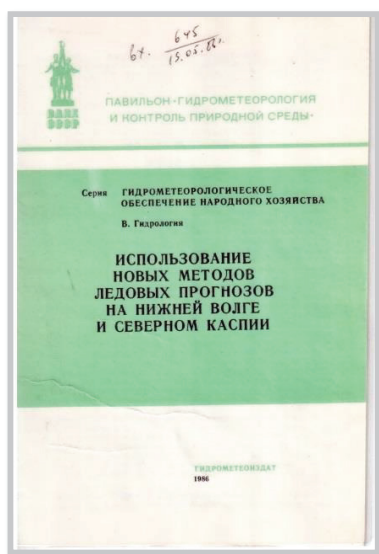


Рис. 21. Титульный лист брошюры
ВДНХ 1986г. (автор Бухарицин П.И.).

В 1981 г. А.Л. Мазун разработала методику краткосрочного прогноза образования льда на мелководье Северного Каспия с заблаговременностью 1-4 суток. Метод основан на учете синоптических процессов в приземном слое и на высотах. Поля метеорологических элементов представлялись аналитически с помощью разложения рядов на естественные составляющие.

В 1977 г. автором был разработан физико-статистический метод краткосрочного прогноза сроков первого и устойчивого появления льда в Волго-Каспийском и Урало-Каспийском каналах с заблаговременностью 3-6 суток в зависимости от дат перехода температуры воздуха через 0° . Им же, впервые, разработан графо-оптический метод оперативного использования снимков ИСЗ "Метеор" и NOAA для составления ледовых карт, а также в целях изучения ледового режима Северного Каспия. Методика предусматривает перенос ледовой обстановки с помощью карты-трафарета со снимка на карту (Бухарицин, 1983, 1984, 1986).

В эти, и в последующие годы автор впервые исследовал влияние ледяного покрова в различные типы зим на характер и интенсивность штормовых нагонов. Впервые установлена тесная зависимость характера и интенсивности ледовых процессов от колебаний уровня моря. Выявлены эмпирические закономерности, на основе которых были впервые разработаны и широко внедрены в оперативной практике гидрометеорологического обеспечения морских отраслей народного хозяйства методы специализированных ледовых прогнозов: максимальной торосистости дрейфующих льдов; толщины наслоенных льдов; положения кромки сплоченных плавучих льдов и др. Эти простые и надежные методы на протяжении многих лет эффективно использовались в группе морских прогнозов Отдела гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства Астраханского центра по гидрометеорологии (АЦГМ), а также в Гидрометслужбе Каспийской флотилии (ГМС КФл) для обеспечения деятельности

кораблей и судов флотилии. Результаты этих исследований опубликованы в ряде научных работ (Бухарин, 1983, 1984, 1986, 1987, 1988, 1992).

В 1987г в Арктическом и Антарктическом научно-исследовательском институте (ААНИИ) автор защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 11.00.08 – Океанология, на тему: «Особенности ледового режима и методы прогноза ледовых условий северной части Каспийского моря» (Бухарин, 1987, рис. 22). В этой работе автор впервые обосновал характер и особенности протекания ледовых процессов в распресненной стоком рек Волга и Урал, замерзающей мелководной части Каспийского моря, к тому же подверженной значительным объемным (долгопериодным) и сгонно-нагонным (короткопериодным) колебаниям уровня моря. Впервые установлены прогностические зависимости, пригодные для практического использования. Эта работа уже тогда имела не только научное, но и очень важное практическое значение в связи с планируемыми поисковыми работами на шельфе Северного Каспия. С началом же беспрецедентно-масштабной промышленной добычи углеводородного сырья в мелководной, замерзающей северной части акватории Каспийского моря значение этих работ возросло еще больше.

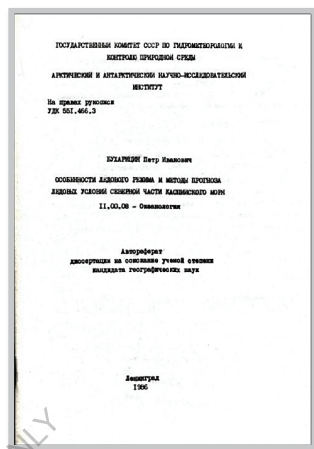


Рис. 22. Обложка автореферата диссертации автора на соискание ученой степени кандидата географических наук.

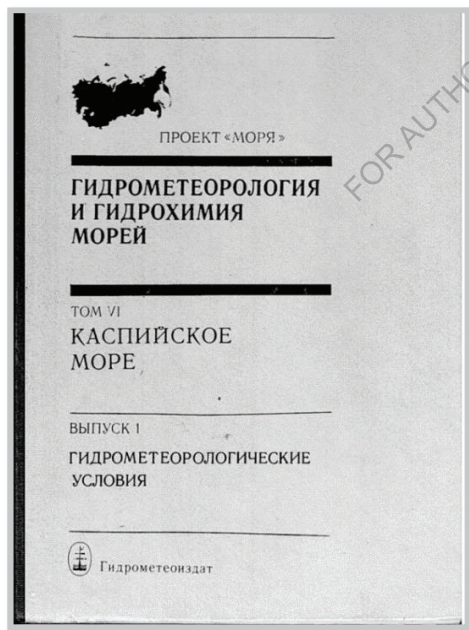


Рис. 23. Обложка первого выпуска монографии Каспийское море.

В 1992 г. вышла в свет коллективная монография из серии по проекту «Моря», Гидрометеорология и гидрохимия морей, том VI Каспийское море, вып. 1, «Гидрометеорологические условия», под редакцией Ф.С. Терзиева, А.Н. Косарева и А.А. Керимова, (рис.23). В этой книге освещен широкий круг вопросов по гидрометеорологии, физической океанографии и динамике вод и льдов Каспийского моря. Информационной основой монографии стали результаты многолетних исследований большого коллектива каспийских гидрометеорологов, данные океанографических съемок, судовых и береговых гидрометеостанций, авиационных и спутниковых наблюдений, а также результаты, полученные расчетными методами.

Бухарицин П.И. является автором и соавтором шести разделов этой монографии, посвященных гидрологическому и ледовому режиму: 1.1 – Физико географическая характеристика; 8.4.3 - Ледовитость моря; 8.4.4 - Динамика ледяного покрова; 10.3.1 - Стонно - нагонные колебания уровня; 14.1 - Критерии уровня опасности гидрометеорологических явлений; 14.2 - Анализ опасных и стихийных метеорологических явлений. К сожалению, из-за недобросовестности тогдашнего директора АЦГМ Валлера Ф.И., ответственного за подготовку макета данной монографии, Бухарицин П.И. был исключен из списка авторов монографии, и только благодаря личному вмешательству ответственного редактора всего проекта «Моря» Терзиева Ф.С., ошибка была исправлена – спустя 4 года, во втором выпуске тома Каспийское море, «Гидрохимические условия и океанографические основы формирования биологической продуктивности» (1996 г.) замеченные «неточности» были исправлены (рис. 24,25).

Несмотря на эти недоразумения, в 1996г. Бухарицин П.И. успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора географических наук по специальности 11.00.07 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия, на тему: «Гидрологические процессы в Северном Каспии в зимний период» Защита состоялась на диссертационном совете Института водных проблем РАН.

Следует особо отметить, что ни до, ни после публикации этой коллективной монографии из серии по проекту «Моря», том VI Каспийское море, выпуски 1 и 2, - ничего подобного по широте, объему и качеству научной информации по гидрометеорологии и гидрохимии Каспийского моря до настоящего времени не опубликовано.

Замеченные опечатки в книге «Каспийское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. Сер. Проект «Моря». Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. VI». (СПб.: Гидрометеоиздат, 1992)			
Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
5 (справа)	17 сверху	—	1.1 — Ш. М. Агаев, Н. Д. Клевцова, П. И. Бухарицын
	18 сверху	С. И. Потайчук	М. С. Потайчук
	23 сверху	—	8.4.3 и 8.4.4 — Л. Е. Веселова, П. И. Бухарицын
	26 сверху	9.1 — В. В. Тарасова, Н. А. Скриптунов	9.1 — В. В. Тарасова
	27 сверху	—	10.1 и 10.2 — Р. Е. Никонова; 10.3.1 — Н. А. Скриптунов, П. И. Бухарицын
	28 сверху	11 — В. Н. Бортник, Р. Е. Никонова	11 — В. Н. Бортник
	29 сверху	12.1 — Н. А. Скриптунов, Р. Е. Никонова	12.1 — Н. А. Скриптунов
	19 снизу	3. И. Тотлыева	3. И. Тотлыева
		—	14.1 и 14.2 — З. И. Тотлыева, П. И. Бухарицын

Рис.24. Замеченные в первом выпуске монографии (1992) «неточности» были опубликованы во втором выпуске монографии (1996).

Рис.25. Автограф Федора Семеновича Терзиева на втором выпуске монографии (1996).

Современный этап. Распад СССР серьезно повлиял на объем выполняемых ледовых исследований на Каспийском море. Практически полностью было прекращено выполнение

*Глубоководная работа
Петру Ивановичу Бухарицыну
с благодарностью за
совместную работу по изуч.
сезона ледовая*
Федор Терзиев
(Ф.С. Терзиев)
12.08.96г.

визуальных ледовых авиаразведок и ледовых исследований с высадкой на лед. В этот период только-только начали внедряться в оперативную практику дистанционные (спутниковые) методы и технологии получения и обработки информации о состоянии ледяного покрова. Начаты работы по созданию «Макета электронного атласа ледовых явлений и образований низовьев Волги и Северного Каспия» (Бухарицин, 2002, 2006).

В течение многих лет при выполнении ледовых авиаразведок, в самый разгар зимы, наблюдатели неоднократно отмечали наличие полыней в тех районах моря, где по их расчетам должен быть толстый неподвижный лед – припай.

Попытки объяснить их наличием только динамических факторов (подледными течениями, дрейфом льда) не дали результата. С.А. Брусиловский (1986) высказал предположение о взаимосвязи расположения полыней с наличием соляных куполов на акватории Северного Каспия. Проведенный анализ подтверждает такую связь – положение стационарных полыней практически совпадает с местами выхода соляных куполов на дне Северного Каспия. На мелководье междуречья Волги и Урала (именно здесь отмечаются полыни) каспийские воды растворяют вершины соляных куполов.

В этих местах происходит локальный рост солёности воды, что в холодный период года приводит к локальному замедлению процесса ледообразования над соляными куполами.

Это и приводит к образованию полыней. В безледный же период года обнаружить локальные очаги повышенной солёности воды практически сложно, вследствие интенсивного перемешивания вод под воздействием ветровых волн и течений.

С появлением метеорологических ИСЗ количество информации о состоянии ледяного покрова возросло. Анализ накопленных авиа и космических данных подтвердил предположение Брусиловского о том, что некоторые полыни образуются ежегодно в одних и тех же местах (Бухарицин, 1994, 2017).

В 2008 г. в журнале «Морская биржа» вышла статья «Способ и устройство защиты буровых объектов от разрушения при движении ледяных полей» (Бухарицин, Беззубиков, 2008), а в следующем 2009г. авторами получен патент на изобретение «Устройство для защиты буровых объектов от разрушения при движении ледяных полей» (Бухарицин, Беззубиков, 2009).

В 2009г. на диссертационном совете Санкт-Петербургского Российского Государственного гидрометеорологического университета (РГГМУ) начальник гидрометеорологической службы КФЛ Болдырев Б.Ю. успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.28 – Океанология на тему: «Разработка концепции комплексной системы гидрометеорологического обеспечения безопасности мореплавания на Каспийском море» (научный руководитель, д.г.н., проф. Бухарицин П.И.), в которой автор посвятил большой раздел исследованию пространственно-временных закономерностей гидрометеорологических (в т.ч. ледовых) характеристик Каспийского моря влияющих на мореплавание, а также разработке и созданию «Атласа ледовых явлений и образований Северного Каспия и дельты Волги» в целях оперативного гидрометеорологического обеспечения морской деятельности в ледовых условиях.

В 2011 г. опубликовано учебно-методическое пособие по дисциплине «ГИС и мониторинг водных объектов» для студентов АГТУ, обучающихся по специальностям «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» и «Биоэкология» в тех частях: «Динамика каспийских льдов», «Термика и физические свойства каспийских льдов», «Методы ледовых расчётов и прогнозов» (Бухарицин, 2011).

Проведение поисковых работ в российском секторе мелководной северной части Каспийского моря вызвали повышенный интерес нефтяных компаний, в частности компании Лукойл, к гидрометеорологическим факторам, представляющим угрозу их деятельности в зимний период, при наличии ледяного покрова. В конце 90-х – начале 2000-х гг. по заявкам Лукойл ледовые группы ААНИИ ежегодно выполняли комплекс ледовых исследований с помощью вертолета, с высадкой исследовательской группы на лед. Полевые

исследования направлены на углубленное изучение процессов торосообразования и формирования стамух – торосистых образований, сидящих на грунте.

В эти же года на Северном Каспии работали группы ГОИН, Росгидромета, ИВП РАН. По большей части результаты ледовых исследований оформлялись в виде научно-технических отчетов, и соответственно, имеют ограниченный доступ, однако, некоторая часть полученных результатов была опубликована.

В 2013г. вышла в свет книга «Ледовые условия на лицензионном участке “Северо-Каспийская площадь”» (Непоменко, Попова, 2013).

В период с 2007 по 2015 г. опубликовано несколько коллективных монографий: (Каспийское море. Экстремальные гидрологические события, 2007); (Каспийское море. О влиянии экологических изменений на разнообразие и биопродуктивность, 2009); (Проблемы качества вод Нижней Волги и Северного Каспия», 2013); (Система гидрометеобеспечения безопасности мореплавания на Каспии. Комплекс мероприятий по гидрометеорологическому обеспечению безопасности мореплавания и работы портов, 2015), в которые вошли разделы автора, посвященные рассмотрению основных закономерностей формирования ледяного покрова и влияние ледовых факторов на производственную деятельность морских отраслей и экологическое состояние в северной части Каспийского моря.

К началу третьего тысячелетия ведущие учреждения Росгидромета (ААНИИ, ГОИН, ЕСИМО) приступили к планомерному использованию спутниковых данных с целью создания гидрометеорологических баз данных для всех морей России, составлению оперативных карт (в т.ч. и ледовых).

Подобные же работы проводятся и в научных центрах Англии, Норвегии, Германии, Швеции, Франции, Финляндии, США, Канады, Казахстана, Японии, Китая и других стран. В этот период выполняется целый ряд совместных научных исследований и проектов.

Развитие народного хозяйства ставит все новые задачи в области изучения ледяного покрова. Главными задачами в этой области является дальнейшее изучение физико-механических и химических характеристик льда в разных районах, изучение воздействия льда на гидротехнические сооружения, а также получение детальных сведений о дрейфе льда при разных ветровых и ледовых ситуациях с целью разработки методов их прогнозирования.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ

1. Аполлов Б.А. Основные гидрометхарактеристики устья реки Волги по Бахтемирскому фарватеру. – М.: Центроморпроект, 1939, 80 с.
2. Аполлов Б.А. Защита нефтяных промыслов Апшерона от льда. - В сб.: Пути изучения гидрометеорологического режима и освоения акваторий нефтяных промыслов Каспийского моря. Изд-во Азербайджанского ун-та, Баку, 1956, с. 88-89.
3. Архипова Е.Г. Тепловой баланс Каспийского моря. - Труды ГОИН, 1957, в.п. 35, с. 3-101.
4. Архипова Е.Г. Любанский В.А., Резникова Л.П. Основные особенности температурного режима Каспийского моря и его районов. - Труды ГОИН, 1958, вып. 43, с. 53-100.
5. Архипова Е.Г. Возможные изменения термического режима Каспийского моря в связи с понижением его уровня. - Труды Океанографической комиссии АН СССР, 1959, т. 5, с. 79-85.
6. Атлас льда каспийского моря. Под редакцией В.С.Назарова - Л.: Гидрометеиздат, 1961, 76 с.
7. Бадамшин Б.И. Каспийский тюлень. - Рыбное хозяйство, 1948, №3, с. 30-37.
8. Байдин С.С., Линберг Ф.Н., Самойлов И.В. Гидрология дельты Волги. - Л.: Гидрометеиздат, 1956, 331 с.

9. Бенашвили И.А. Методика ледовых прогнозов для Каспийского моря. "Вопросы морских гидрологических прогнозов", 1941, вып. 1, с. 70-97. Труды НИУ ГУГМС.
10. Барабаш А.К. Методика прогноза температуры воды и появления льда в прибрежной зоне северной части Каспийского моря. - Сборник работ Астраханской ГМО, 1970, вып. 1, с. 103-111.
11. Барабаш А.К. Изменение зимнего гидрологического режима Волги в связи с зарегулированием ее стока Волгоградским гидроузлом. - В кн.: Тезисы докладов на конференции "Биологические ресурсы Каспийского моря". Астрахань, 1972, с. 41-42.
12. Бухарин П.И. Краткосрочный прогноз осенне-зимних заторных уровней на Нижней Волге по пункту Черный Яр. - Метеорология и гидрология, №4, 1980, с. 90-95.
13. Бухарин П.И. Использование ТВ снимков ИСЗ "Метеор" для изучения ледовой обстановки на Северном Каспии. - Труды ГМЦ СССР, вып. 225, 1983, с. 70-75.
14. Бухарин П.И. Гидрометеорологическое обеспечение морских отраслей народного хозяйства. - Брошюра ВДНХ СССР, 1983, 8 с.
15. Бухарин П.И. Особенности процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря. - Водные ресурсы, №6, 1984, с. 115-123.
16. Бухарин П.И. Использование новых методов ледовых прогнозов на Нижней Волге и Северном Каспии. - Брошюра ВДНХ СССР, 1986, 11 с.
17. Расчет и прогноз толщины наслоенного льда в судоходных районах северо-западной части Каспийского моря. - Метеорология и гидрология, №4, 1986, с. 87-93.
18. Бухарин П.И. Особенности ледового режима и методы прогноза ледовых условий северной части Каспийского моря. - Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук, Л., 1987, 20 с.
19. Бухарин П.И. Сезонный прогноз торосистости льдов Северного Каспия. - Труды ГМЦ СССР, вып. 292, 1988, с. 130-135.
20. Бухарин П.И., Васянин М.Ф., Калинин Л.А. Метод краткосрочного прогноза положения кромки сплоченных льдов на Северном Каспии. - Метеорология и гидрология, №4, 1992, с. 74-81.
21. Бухарин П.И. Метод расчета и прогноза толщины наслоенного льда в открытых районах Северного Каспия. - Водные ресурсы, №5, 1992, с. 60-64.
22. Бухарин П.И. (в составе авторского коллектива). Монография по проекту "Моря", том 6 Каспийское море, вып. 1, Гидрометеорологические условия, С-П, 1992, 359 с.
23. Бухарин П.И. Стационарные полыньи в ледяном покрове Северного Каспия // Тезисы докладов итоговой научной конференции АГПИ им. Кирова. - Астрахань, 1994. - вып. 4. - С. 73.
24. Бухарин П.И. Гидрологические процессы в Северном Каспии в зимний период. - Диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук, М., 1996, 61 с.
25. Бухарин П.И., Лабунская Е.Н. Исследования морских льдов в целях обеспечения нефтегазовых работ на шельфе Северного Каспия // Вестник АГТУ. Экология: науч. журнал. - Астрахань, 2002. - С. 33-39.
26. Бухарин П.И., Шаромов В.Ю. Разработка макета атласа ледовых явлений и образований на Северном Каспии и в низовьях Волги // Доклады научно-практического совещания «Гидрометеорологическое обеспечение хозяйственной деятельности в Арктике и замерзающих морях» (Санкт-Петербург 27-29 марта 2002). - С-П, 2002. - С. 307-311.
27. Бухарин П.И. Использование физико-статистических методов расчета и прогноза элементов гидрологического режима северной части Каспийского моря в зимний период // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. -

2005. - №3 (12). - С.189-194. Журнал на английском языке 2005. - №4 (13). - С.117-121.
28. Бухарин П.И. Работа над созданием макета электронного атласа ледовых явлений и образований низовьев Волги и Северного Каспия // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. - 2006. - № 1 (14). - С. 219-224.
29. Бухарин П.И. Обледенение на Каспийском море // Вестник Астраханского государственного технического университета. - 2007. - № 6(41), ноябрь-декабрь. - С. 154-156.
30. Бухарин П.И. Основные закономерности ледового периода северной части Каспийского моря // В кн. Каспийское море. Экстремальные гидрологические события / отв. редактор М.Г. Хублярян; Институт водных проблем РАН. - М., 2007. - Ч. 8. Разд. 8.1: Ледовый режим Каспийского моря. - 381с./С. 307-325.
31. Бухарин П.И., Беззубиков Л.Г. Способ и устройство защиты буровых объектов от разрушения при движении ледяных полей. Основные закономерности формирования ледяного покрова северной части Каспийского моря // Морская биржа. - 2008. - № 4(26). - С. 58-61.
32. Бухарин П.И., Беззубиков Л.Г. Устройство для защиты буровых объектов от разрушения при движении ледяных полей // Патент на полезную модель №79611, 10.08.2009. Опубликовано 10.01.2009. Бюл. № 1.
33. Бухарин П.И. Основные закономерности формирования ледяного покрова в северной части Каспийского моря // В кн. Каспийское море. О влиянии экологических изменений на разнообразие и биопродуктивность. - Астрахань, 2009. - Глава 1, раздел 1.2. - 403с./С.16-55.
34. Бухарин П.И. Влияние ледовых факторов на экологическое состояние Северного Каспия // В монографии: Проблемы качества вод Нижней Волги и Северного Каспия. (Отв. редактор В.Ф. Бреховских, Е.В. Островская) М.: Типография Россельхозакадемии, 2013. - Глава 12. - 300с./С.268-283.
35. Бухарин П.И., Болдырев Б.Ю., Новиков В.И. Система гидрометеобеспечения безопасности мореплавания на Каспии. Комплекс мероприятий по гидрометеорологическому обеспечению безопасности мореплавания и работы портов // Монография. Verlag / Издатель: Palmarium Academic Publishing 2015. 318с.
36. Бухарин П.И. Динамика каспийских льдов: Учебно-методическое пособие по дисциплине «ГИС и мониторинг водных объектов» для студентов АГТУ 1-3 курсов всех форм обучения, обучающихся по специальностям «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» и «Биоэкология» // АГТУ. - Астрахань, 2011. - 92с.
37. Бухарин П.И. Термика и физические свойства каспийских льдов: Учебно-методическое пособие по дисциплине «ГИС и мониторинг водных объектов» для студентов АГТУ 1-3 курсов всех форм обучения, обучающихся по специальностям «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» и «Биоэкология» // АГТУ. - Астрахань, 2011. - 76с.
38. Бухарин П.И. Методы ледовых расчётов и прогнозов: Учебно-методическое пособие по дисциплине «ГИС и мониторинг водных объектов» для студентов АГТУ 1-3 курсов всех форм обучения, обучающихся по специальностям «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» и «Биоэкология» // АГТУ. - Астрахань, 2011. - 68с.
39. Бухарин П.И. Повышение гидрометеорологической безопасности работы портов и транспортных комплексов в зимних условиях при наличии морских льдов // Материалы Международной научно-практической конференции «Обеспечение гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности» (16-17 октября 2015 года, Астрахань, Российская Федерация). Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2015. С.15-16.

40. Бухарицин П.И., Огородов С.А., Архипов В.В. Оценка и прогноз интенсивности воздействия ледяного покрова на дно и берега северной части Каспийского моря в условиях колебаний уровня и ледовитости // Материалы Международной научно-практической конференции «Обеспечение гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности» (16-17 октября 2015 года, Астрахань, Российская Федерация). Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2015. С.141-142.
41. Голубов Б.Н., Иванов А.Ю., Бухарицин П.И. Результаты и вопросы комплексирования методов спутникового и подспутникового мониторинга плёночных загрязнений моря в условиях экспансии морской нефтедобычи // Материалы Международной научно-практической конференции «Обеспечение гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности» (16-17 октября 2015 года, Астрахань, Российская Федерация). Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2015. С.143. Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 14-15-93084.
42. Болгов М.В., Красножон Г.Ф., Любушин А.А., Бухарицин П.И. и др. Каспийское море: экстремальные гидрологические события. М.: Наука, 2007. 381 с.
43. Бухарицин П.И. Роль дрейфующих льдов в формировании рельефа дна и донных отложений Северного Каспия // Сборник научных трудов, том 1, Всероссийской научной конференции «Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.» (6-11 июля 2015 г., г. Петрозаводск). Петрозаводск, 2015. С.94-100.
44. Бухарицин П.И. Характерные особенности ледовых процессов в мелководной северной части Каспийского моря // Комплексные исследования морей России: оперативная океанография и экспедиционные исследования. Материалы молодежной научной конференции, г. Севастополь, 25-29 апреля 2016 г. [Электронный ресурс]. – Севастополь: ФГБУН МГИ. 2016. С.13-20. – Режим доступа: http://mhiras.ru/news/news_201605201055.html, свободный.
45. Бухарицин П.И., Бухарицин А.П. Морские операции в мелководной морской части Волго-Каспийского судоходного канала в ледовых условиях // Материалы 47й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (январь 2019) Наука и современность 2019, часть 7. 47th International Scientific Conference of Eurasian Scientific Association (January 2019). Science and modernity 2019. – С.409-415.
46. Бухарицин П.И. Исследования каспийских льдов // Монография. Verlag / Издатель: Palmarium Academic Publishing, 2019. 122с.
47. Валидинский В.В., Аполлов Б.А. Дельта реки Волги (по данным изысканий 1919-1925 гг.). - Труды Отдела портов и Управления внутренних водных путей, 1930, т. 1, вып. 5, 661 с.
48. Валлер Ф.И. Некоторые черты ледового режима северной части Каспийского моря. - Сборник работ Астраханской ЗГМО, 1970, вып. 1, с. 112-131.
49. Валлер Ф.И., Кассин Ю.П., Герштанский Н.Д. К 200-летия гидрологических наблюдений в Астрахани и 250-летию океанографических работ на Северном Каспии. - Информационное письмо Северо Кавказского УГМС, 1971, № 1/127, с. 1-8.
50. Валлер Ф.И. Особенности зимнего гидрологического режима Северного Каспия. - В кн.: Тезисы докладов на конференции "Биологические ресурсы Каспийского моря", Астрахань, 1972, с. 49-50.
51. Валлер Ф.Н. Ледовые условия на севере Каспийского моря в очень суровую зиму 1968-69 г. - В сб.: Исследования льдов южных морей. М., Наука, 1973, с.18-28.
52. Валлер Ф.Н. Албедо льда Северного Каспия. - Метеорология и гидрология, 1974, № 11, с. 93-95.

53. Валлер Ф.Н. Ледовые условия на судоходных трассах северной части Каспийского моря и их влияние на движение судов. - В кн.: Проблемы Арктики и Антарктики. Л., 1977, вып.50, с. 99-104.
54. Валлер Ф.Н., Егоров И.Г. Авиационные гидрометеорологические наблюдения на Северном Каспии и в устьевых областях Волги и Урала. - Сборник работ Астраханской ЗГМО, 1980, вып. 2, с. 21-29.
55. Валлер Ф.И., Егоров И.Г. О преобладающем переносе вод Северного Каспия в навигационной и ледовый периоды. - Сборник работ Астраханской ЗГМО, 1980, вып. 2, с. 73-92.
56. Валлер Ф.Н. Прочность ледяного покрова Северного Каспия (по результатам работ зимой 1973-74 гг.). - Сборник работ Астраханской ЗГМО, 1980, вып.2, с. 102-108.
57. Валлер Ф.Н., Егоров И.Г. Использование авиации для гидрометеорологического обеспечения отраслей народного хозяйства на севере Каспийского моря. - Труды ААНИИ, 1981, т. 333, с. 14-18.
58. Веселова Л.Е. Ледяной покров Каспийского моря, условия его образования и развития. - Труды ГОИН, 1956, вып. 24, с. 56-147.
59. Веселова Л.Е. Гидрометеорологические условия выноса плавучих льдов вдоль западного побережья Среднего Каспия в районе Апшерона. - В сб.: Пути изучения гидрометеорологического режима и освоения акваторий нефтяных промыслов Каспийского моря. Баку, Изд-во Азербайджанского ун-та, 1956, с. 90-94.
60. Веселова Л.Е. Прогнозы ледовых явлений Каспийского моря и их значение для различных отраслей народного хозяйства. - Труды Океанографической комиссии АН СССР, 1959, т. 5, с. 111-117.
61. Веселова Л.Е., Валлер Ф.И., Цуриков В.Л. О прочности на изгиб льдов Северного Каспия. - Труды Закавказского регионального НИИ, 1981, вып. 78 (84), с. 59-71.
62. Гордиенко П.А., Бузуев А.Я., Сергеев Г.И. Изучение ледяного покрова как среды судоходства. - В кн.: Проблема Арктики и Антарктики. Л., 1977, вып. 50, с. 93-104.
63. Гордиенко П.А., Смирнов В.И. Новые методы учета влияния ледяного покрова на судоходство. - В сб.: Исследование льдов Южных морей. М., Наука, 1973, с. 64-68.
64. Горский Н.Н. Гидрологический режим Северного Каспия. - В сб.: Исследование морей СССР, Л., 1936, вып. 24, с. 86-99.
65. Горский Н.Н. О зимнем режиме Северного Каспия. - Проблема физической географии. М. - Л., 1936, вып. 3, с. 89-99.
66. Горский Н.Н. Во льдах Каспия. - Молодая гвардия, 1937, 155 с.
67. Гюль К.К. Ледовой режим Каспийского моря. - Труды Института географии АН Азербайджанской ССР, 1955, т. 5, с. 72-95.
68. Гюль К.К. Угроза промышленным акваториям Каспия от дрейфующих льдов и меры борьбы с ними. - В сб.: Пути изучения гидрометеорологического режима и освоения акваторий нефтяных промыслов Каспийского моря. Госуд. ун-т, Баку, изд-во Азербайджанского ун-та, 1956, с. 62-70.
69. Гюль К.К. Гидрология районов морских нефтяных месторождений западного побережья Каспийского моря. Баку, изд-во Азербайджанского ун-та, 1956, 275 с.
70. Гюль К.К. Состояние изученности ледового режима Каспийского моря и перспектива его дальнейшего изучения. - В сб.: Исследования льдов Южных морей СССР. М., Наука, 1973, с. 7-18.
71. Зарубин А.И. Вскрытия р. Волги у Астрахани. - Известия Русского географического общества, 1870, т. 6, №1, с. 16-21.
72. Ивкина Н., Наурызбаева Ж., Клове Б. Влияние изменения климатических условий на ледовый режим Каспийского моря // Центральноазиатский журнал исследований воды. Специальный выпуск, посвященный проблемам управления использования водных ресурсов в Центральной Азии и Афганистане. 2017, 3(2). – С.1-15.

73. Кан С.И. Долгосрочные прогнозы ледовых явлений на Каспийском море. - Труды Центрального ин-та прогнозов, 1958, вып. 76, с.64-70.
74. Каракаш Е.С. Об изменчивости ледовитости и положения кромки льдов на Северном Каспии. - Труды ГОИН, 1960, вып. 54, с. 5-21.
75. Каракаш Е.С. Прогноз ледовитости Северного Каспия. - Труды ГОИН, 1962, вып. 67, с. 118-131.
76. Каракаш Е.С. О возможности прогнозирования льдов у западных берегов Северного Каспия. - Труды ГОИН, 1964, вып. 71, с. 96-99.
77. Каракаш Е.С. Об изменчивости положения кромки льда в Северном Каспии и возможности её предсказания. - Труды ГОИН, 1964, вып. 76, с. 80-103.
78. Клевцова Н.Д. Ледовые наблюдения на Каспийском море. - В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного научного совещания по льдам южных морей. М., Наука, 1970, с. 21-22.
79. Климатический атлас северной части Каспийского моря. Под редакцией Самойленко В.С. - Пищепромиздат, М. – Л., 1937, 45 с.
80. Книпович Н.М. Труды Каспийской экспедиции 1914-15 гг. - Госиздат, Петербург (Петроград), 1921, т. 1, 920 с.
81. Косарев А.Н. Особенности зимней вертикальной циркуляции в Каспийском море. - Вопросы географии, 1963, №62, с. 118-125.
82. Косарев А.Н. Гидрология Каспийского и Аральского морей. - Изд. МГУ, 1975, 272 с.
83. Кошечкин Б.И. Своеобразный рисунок морского дна. - Природа, 1957, №5, с. 113-114.
84. Кошечкин Б.И. Следы деятельности подвижных льдов на поверхности дна мелководных участков Северного Каспия. - Труды лаборатории аэрометодов АН СССР, 1958, т. 6, с. 227-234.
85. Краснова В.С. Химический состав льда Каспийского моря. - Журнал общей химии, 1937, т. 7 (69), №12, с. 1747-1748.
86. Куличкова В.А. Изменение бентоса Северного Каспия за зимний период 1958-59 гг. - Труды КаспНИРО, 1962 (1963), т. 17, с. 20-33.
87. Крындин А.Н. О сопряженности колебаний ледовитости некоторых неарктических морей. - Океанология, 1965, вып. 3, с. 444-447.
88. Леонов А.К. Каспийское море. - В кн.: Региональная океанография, т. 1, Л., 1960, с. 464-622.
89. Линберг Ф.Н. Краткий обзор исследований гидрологического режима дельта р.Волги и Северного Каспия. - Сборник работ Астраханской гидрометеорологической обсерваторий, 1970, вып. 1, с. 5-15.
90. Лукьянов В.В. О возможности предсказания некоторых характеристик зимы на Каспийском море. - Труды института океанографии АН СССР, 1960, т. 37, с. 92-100.
91. Лукьянов В.В. К вопросу о прогнозировании ледовитости Каспийского моря. - Труды института океанографии АН СССР, 1962, т. 57, с. 76-80.
92. Лукьянова Л.В. Некоторые данные о свойствах льда Каспийского моря. - Труды Тбилисского НИГМИ, 1961, вып. 9, с. 192-195.
93. Лукьянова Л.В. О физико-химических свойствах льда Каспийского моря. - Известия АН Азербайджанской ССР, серия геолого-географ. наук и нефти, №3, 1962, с. 137-146.
94. Лукьянова Л.В. Соленость и плотность Каспийских льдов. -В сб.: Гидрометеорология Азербайджана и Каспийского моря. Баку, Изд-во АН Азербайджанской ССР, 1965, с. 187-201.
95. Лукьянова Л.В. Прочностные характеристики Каспийского льда. - Труды Азербайджанского географического общества, 1966, т. 3, с. 207-213.
96. Мамедов Б.А. Лды Каспия. - Автореферат диссертация на соискание учен. степени доктор географ. наук, Баку, 1970, 357 с.

97. Мамедов Б.А. Использование тепла глубинных вод для предотвращения ледообразования. - Сб. работ Бакинской гидрометеобсерватории, 1967, вып. 3, с. 58-73.
98. Мамедов Б.А. Определение фактического давления льда на вертикальные и наклонные сваи. - В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного научного совещания по льдам южных морей. М., Наука, 1970, с. 25-27.
99. Мюллер А.Ф. О времени замерзания и вскрытия р.Волги у Астрахани и максимуме полых вод. - Реферат, читанный в Петровском обществе исследователей Астраханского края. Протоколы Петровского общества изучения Астраханского края, I-IV, Астрахань, 1888, с. 27-44.
100. Моря: монография - Том VI, Каспийское море, вып.1, Гидрометеорологические условия. - С-Пб., 1992, 359 с.
101. Моря: монография - Том VI, Каспийское море, вып.2, Гидрохимические условия и океанографические основы формирования биологической продуктивности. - С-Пб., 1996, 324 с.
102. Непоменко Л., Попова Н. Ледовые условия на лицензионном участке «Северо-Каспийская площадь» // Монография. Werlag / Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013.
103. Огородов С. А., Мазнев С. В., Бухарицин П. И. Ледово-экзарационный рельеф на дне Каспийского и Аральского морей // Известия Русского географического общества. — 2019. — Т. 151, № 2. — С. 35–50.
104. Орадовский С.Г., Филонов А.Е. Некоторые данные по химии льдов и приледных вод Северного Каспия. - Труды ВНИРО, 1972, №75, с. 74-79.
105. Потайчук М.С., Валлер Ф.И., Клевцова Н.Д. Современный и перспективный водный и солевой баланс южных морей СССР. - Труды ГОИН, 1972, вып. 108, с. 111-125.
106. Потайчук М.С. Изменение температурного режима Северного Каспия при падении и повышении уровня моря. - Труды ГОИН, 1978, вып. 139, с. 65-71.
107. Разумовский Н.И. Состояние льда в северной части Каспийского моря зимою 1927-28 г. - Известия ЦГМБ, Л., 1930, вып. 9, с. 42-66.
108. Симонов А.И. Современный и перспективный водный и солевой балансы и возможные изменения гидрологического и гидрохимического режимов южных морей СССР (Азовского, Каспийского и Аральского). - Метеорология и гидрология, 1971, №6, с. 92-101.
109. Скриптунов Н.А. Течения предустьевого взморья дельты Волги. - Труды океанографической комиссии АН СССР, 1959, т. 5, с. 186-191.
110. Скриптунов Н.А. Некоторые черты ледового режима устьевого взморья Волги. - Труды ГОИН, 1959, вып. 49, с. 86-97.
111. Скриптунов Н.А. Влияние речного стока на гидрологические процессы на устьевом взморье в ледовый период. - Труды ГОИН, 1976, вып. 129, с. 5-36.
112. Танфильев Г.И. Моря Каспийское, Черное, Балтийское, Ледовитое, Сибирское и Восточный океан. - М. - Л., Гостехиздат, 1931, 248 с.
113. Федосов М.В. Особенности гидрохимии Северного Каспия подо льдом. - Доклад ВНИРО по биологии, систематике и питанию рыб, по химии моря и сетеконсервированию, 1952, вып. 1, с. 132-135.
114. Федосов Н.В., Барсукова Л.А. Газовый режим водных масс Северного Каспия. - Труды ВНИРО, 1959, т. 38, с. 78-87.
115. Хейфец Р.Л. Атлас льдов Каспийского моря. - Рукопись, Астраханская ЗГМО, 1950, 68 с.
116. Цуриков В.Л., Веселова Л.Е. Некоторые свойства льда Каспийского моря. - В сб.: Гидрология. М., 1970, вып. 3, с. 16-25.

117. Цуриков В.Л., Веселова Л.Е. О динамической твердости льда Каспийского моря. - В сб.: Исследования льдов южных морей СССР. М., Наука, 1970, с. 68-81.
118. Шереметьевская О.И. Расчет распределения температуры воды, определение положения кромки льда в осенний период на Северном Каспии. - Труды океанографической комиссии АН СССР, 1961, т. 11, с. 150-157.
119. Шлямин Б.А. О прогнозировании ледовых условий на Каспийском море и возможности их регулирования. - Труды океанографической комиссии АН СССР, 1959, т. 5, с. 214-219.
120. Шнайдштейн Е.В. Пропавшие города. - Газета "Волга" (г.Астрахань), №279 (15718) от 28 ноября 1971 г.
121. Шпиндлер Н.Б. Вскрытие и замерзание морей у берегов России. - Записки по гидрографии, 1893, вып. 14, с. 1-44.
122. Buharic P.I. Physical-Statistical Methods of Estimation and Prognosis of the Winter Hydrological Regime Elements in the Northern Caspian Sea // Proceedings, Volume 1. 16 International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions "Ice Engineering Applied to Offshore Regions" (August 12-17, 2001. Ottawa, Ontario, Canada), 2001. - P. 275-282.
123. Buharic P.I. [i dr.] Study of ice cover in the Northern Caspian sea using active and passive satellite microwave data // Abstracts of Presentations of International Conference Current problems of oceanology of the shelf seas. (Rostov-on-Don, June 13-15, 2002), Murmansk, 2002. - P. 132-133.
124. Buharic P.I. [i dr.] Ice cover variability in the Caspian and Aral seas from active and passive microwave satellite data // This will be published in mid - 2003 as in the special issue of the Polar Research. - 2003. - № 22 (1). - P. 43-50.
125. Alexei V. Kouraev, Fabrice Para, Nelli M. Mognard Petr I. Buharic, Anni Cazenave, Jean-Francois Cretaux, Julia Dozortseva, Frederique Remy. Sea ice cover in the Caspian and Aral Seas from historical and satellite date // Journal of Marine Sistem 47 (2004). - P. 89-100.
126. Alexei V. Kouraev, Fabrice Para, Nelli M. Mognard Petr I. Buharic, Anni Cazenave, Jean-Francois Cretaux, Julia Dozortseva, Frederique Remy. Synergy of Active and Passive Satellite Microwave Data for the Study of First-Year Sea Ice in the Caspian and Aral Seas. // IEEE transactions on Geoscience and remote sensing a publication of the IEEE geoscience and remote sensing society, October 2004, Volume 42, Number 10, IGRSD2. Special issue on the 2003 international geoscience and remote sensing symposium (IGARSS'03): Learning from earth's shapes and colors. - 2004. - P. 2170-2176.
127. A.V. Koraev, M.N. Shimaraev, P.I. Buharic, M.A. Naumenko, J.F. Cretaux, N. Mognard, B. Legresy, F. Remi. Ice and Snow Cover of Continental Water Bodies from Simultaneous Radar Altimetry and Radiometry Observations // Surveys in Geophysics DOI:10.1007/s10712-008-9042-2, 2008. - 25p.
128. Buharitsin P., Ayazbayev E. Investigation of the ice regime of the eastern part of the Caspian within background ecological investigation program at yuzhny jambay-yuzhny Zaburunjje // Proceedings of the 21st International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions July 10-14, 2011 Montréal, Canada. Copyright 2011 National Research Council of Canada. All rights reserved.
129. Buharitsin P.I., Ice conditions on the lower Volga and the North Caspian sea during the moderate winter of 2009-2010 // Proceedings of the 21st International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions July 10-14, 2011 Montréal, Canada. Copyright 2011 National Research Council of Canada. All rights reserved.
130. Buharitsin P.I., Andreev A.N. The influence of solar activity on long-term climatic events in the north-caspian region for the period till 2017 // Proceedings of the 21st International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions July 10-

- 14, 2011 Montréal, Canada. Copyright 2011 National Research Council of Canada. All rights reserved.
131. Buharitsin P., Ayazbayev E. The role of drifting ice in building the bottom landscape and sediment composition in the shallow waters of north Caspian sea // Material of the 22nd International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (June 9-13, 2013, Espoo, Finland). Finland, Helsinki 2013. (электронный вариант, на флэш-карте) – 4с.
132. Buharitsin P.I., Ayazbayev E.Kh. Use of satellite data in mapping northern Caspian ice cover // Материалы 22nd IAHR International Symposium on Ice, 11-15 August 2014, Singapore. (электронный вариант, на флэш-карте). – С.119-126.
133. Buharitsin P.I. Role of drifting ice in bottom relief formation of freezing shallow waters of the south of Eurasia // Материалы 23RD IAHR International Symposium on Ice, 31 May-03 June 2016, Ann Arbor, Michigan. (США). (электронный вариант, на флэш-карте). – С.1-9.
134. Buharitsin P.I. Influence salt dome on processes of the formation lida in North Caspian // Материалы of the 24th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions POAC, 2017. Busan, Korea, June 11-16, 2017. (электронный вариант, на флэш-карте). – С.1-11.
135. Stepan Maznev, Stanislav Ogorodov, Alisa Baranskaya, Aleksey Vergun, Vasilii Arkhipov, Peter Bukharitsin. Ice-Gouging Topography of the Exposed Aral Sea Bed // Remote Sens. 2019. – С.1-25.
136. Bukharitsin Peter. Studies Caspian ice // Монография. Verlag / Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. 89с.
137. Peter Buharitsin, Anton Sigotov, Sergey Vernyayev, Yevgeniy Kadranov, Andrey Bukharitsin. Marine Operations in Channels through Shallow Ice-Covered Waters // Материалы of the 25th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions POAC, 2019. Delft, the Netherlands, June 09-13, 2019. (электронный вариант, на флэш-карте). – С.1-15.

ОБЛЕДЕНЕНИЕ И ВНУТРИВОДНЫЙ ЛЕД

Обледенением называется образование плотной корки льда на переохлажденных поверхностях предметов при замерзании на них брызг морской воды, капель тумана, дождя, мороси или мокрого снега. Обледенение наблюдается при отрицательных температурах воздуха и сильном ветре. Корка намерзающего при этом льда может достигать значительной толщины и веса.

На судах нарастание льда происходит на надстройках, палубе, рангоуте и такелаже, из-за чего выходят из строя средства судовой радиосвязи, радиолокаторы, затрудняется работа на скользкой палубе, центр тяжести судна смещается вверх, что приводит к уменьшению его устойчивости, а иногда к опрокидыванию и гибели судна (рис. 26).



Рис. 26. Судно в условиях брызгового обледенения.

По условиям, способствующим процессам обледенения, моря России делятся на три группы:

I группа – моря Тихого океана (Берингово, Охотское, Японское, Татарский пролив, запад Тихого океана);

II группа – моря Атлантического океана (Берингово, Норвежское, Гренландское, Северное, Балтийское, Белое, северо-запад Атлантики);

III группа – внутренние моря (Черное, Азовское, Каспийское).

Интенсивность обледенения оценивается в баллах по трехбалльной шкале:

1 балл – медленное обледенение. Скорость нарастания льда не более 1,5 т/ч. Судно достигает критической остойчивости (нагрузки, которую может выдержать судно до опрокидывания) более чем 24 часа. При такой скорости ледообразования экипаж в

количестве 25-26 человек может удалить лед самостоятельно. Медленное обледенение возможно при любой скорости ветра и температуре воздуха от 1 до 3 градусов мороза при волновом забрызгивании, атмосферных осадках, тумане, парении моря. Оно может происходить в тех же условиях при скорости ветра до 9 м/с и температуре воздуха от 4 градусов мороза и ниже;

2 балла – быстрое обледенение. Скорость нарастания льда от 1,5 до 4 т/ч. Состояния критической остойчивости судно достигает через 12-24 часа. В таких условиях экипаж указанной выше численности с трудом справляется с околкой льда. О состоянии судна в этом случае капитан обязан регулярно информировать судовладельца и начальника экспедиции (если судно промысловое и работает в составе группы судов). Быстрое обледенение наблюдается при ветре от 10 до 15 м/с и температуре воздуха от 4 до 8 градусов мороза;

3 балла – очень быстрое обледенение. Скорость нарастания льда свыше 4 т/ч (скорость нарастания льда на надстройках и такелаже судов равно или более 0,7 см/час.). Состояние критической остойчивости наступает менее чем за 12 часов. При таком обледенении требуется постоянно поддерживать связь с судовладельцем и начальником экспедиции, принимать самые решительные меры для удаления льда и выхода судна из опасной зоны, при необходимости прибегать к помощи судов-спасателей и более крупных судов. Такая ситуация возникает при скорости ветра от 10 до 15 м/с и температуре воздуха 4 градуса мороза и ниже.

Приблизительно степень обледенения характеризуется средней толщиной льда, образовавшегося на ровных поверхностях корпуса судна: на полубаке, стенках рубок и надстроек. По средней толщине льда можно визуально оценить степень обледенения. Если она меньше 2 см – обледенение слабое, от 2 до 6 см – умеренное, более 6 см – сильное.

По Нормам Регистра проверка остойчивости с учетом обледенения производится для судов, плавающих в зимнее время в зимних сезонных зонах при наихудшем, в смысле остойчивости, расчетном варианте загрузки. Учитывают изменение в результате обледенения водоизмещения, возвышения центра тяжести (ЦТ) и площади парусности. Массу льда считают идущей в перегрузку и не включают в дедвейт.

Для определения расчетной массы льда на единицу площади судна установлено два района. Первый включает в себя зимние сезоны севернее параллели 66 град. 30 мин. с.ш. и южнее параллели 60 град. ю.ш., а также Берингово, Охотское моря и Татарский пролив в зимнее время. Здесь масса льда на 1 кв.м. горизонтальных поверхностей принимаются равной 30 кг, а на 1 кв.м. площади парусности – 15 кг.

Во второй район входят все остальные зимние сезонные зоны, а также в зимнее время Черное и Азовское моря севернее параллели 44 град. с.ш. и Каспийское море севернее параллели 42 град. с.ш. Масса льда на 1 кв.м. судовых поверхностей здесь принимается вдвое меньшей, чем в первом районе.

ОБЛЕДЕНЕНИЕ НА КАСПИЙСКОМ МОРЕ

В начальный период формирования ледяного покрова в северной части Каспийского моря обледенению могут подвергаться суда (в особенности малоподвижные плавсредства), навигационные буи и всевозможные прибрежные и морские гидротехнические сооружения (причалы, эстакады). В этих случаях существенно затрудняется выполнение погрузочно-разгрузочных операций в портах. Обледеневшие буи превращаются в огромные бесформенные глыбы льда, которые штормом срывает и уносит далеко в море или выбрасывает на берег. В таких ситуациях судоходство в мелководном Северном Каспии становится крайне опасным.

Основные факторы, способствующие обледенению – отрицательные температуры воздуха и достаточно сильный и устойчивый ветер, вызывающий образование волн высотой 2-3 м

и более. Мелководье и лед, наоборот, гасят волнение, тем самым уменьшают вероятность возникновения обледенения.

Благоприятные условия для обледенения на Северном Каспии складываются в период предзимья, когда температура воды близка к 0°C, при резком понижении температуры воздуха до отрицательной и усилении ветра северо-западного, северного или восточного направлений (скоростью 11-14 м/с и более). Благоприятные для возникновения обледенения условия создаются в тылу высокого циклона или в передней части антициклона.

Случаи очень быстрого обледенения на Северном Каспии сравнительно редки. Они происходят примерно 1 раз в 20-25 лет. Наиболее трагический случай произошел в ночь на 13 ноября 1910 года на акватории 12-ти футового Астраханского морского рейда, где стояло 59 барж и судов. Несмотря на полученное штормовое предупреждение и ожидаемое понижение температуры воздуха до отрицательных значений, мер по обеспечению безопасности каравана судов принято не было. В ночь на 13 ноября ветер с востока, северо-востока усилился до штормового при температуре воздуха 12 градусов мороза. Тогда, из-за потери остойчивости, перевернулось и затонуло большое количество судов и барж, число человеческих жертв превысило 300 человек.

Еще один случай интенсивного обледенения произошел во второй декаде декабря 1953 года. По сведениям работника Бакинского бюро погоды Рыжовой, образованию молодого льда в районе нефтепромысла Изербаш в этот период предшествовало обильное обмерзание металлических частей нефтяных сооружений, находящихся в море.

Наибольшую опасность обледенение представляет для низко сидящих в воде неподвижных или малоподвижных плавучих объектов, какими являются навигационные буи, понтоны и несамходные баржи. Невозможность маневрирования приводит к интенсивному нарастанию льда на их поверхности преимущественно с одной стороны, подверженной волновому забрызгиванию, что способствует быстрому нарушению равновесия и опрокидыванию.

Так, в начале ноября 1972 года, в результате штормового сгона в северо-западной части Каспия, в сочетании с интенсивным понижением температуры воздуха до 2 градусов мороза, произошло обледенение навигационных буйев и плавучих понтонов земснарядов в морской части Волго-Каспийского канала. Ввиду того, что штормовое предупреждение не составлялось, своевременных мер по предотвращению ущерба от опасного явления предпринято не было. Организации, осуществляющие дноуглубительные работы в морской части канала, из-за сорванных и унесенных в море обледеневших буйев и поврежденных грунтопроводов, понесли значительные убытки.

Небольшие суда также подвергаются обледенению, как, например, это произошло в ноябре 1976 года с экспедиционным судном «Горизонт», принадлежавшем Астраханской зональной гидрометеорологической обсерватории, и попавшем в умеренное обледенение в районе Астраханского морского рейда. Однако, обледенение судов происходит в меньшей степени, так как, в отличие от малоподвижных буйев и барж, они имеют возможность своевременно покинуть опасную зону (рис. 27).

Основные гидрометеорологические условия, способствующие возникновению обледенения, для различных бассейнов и акваторий практически идентичны. Обледенение возможно при отрицательных температурах воздуха и температуре воды ниже плюс 6,8°C. Следует помнить, что морская вода в поверхностном метровом слое может иметь температуру около минус 2°C. Обледенение возникает при различных сочетаниях указанных факторов, как правило, при ветре и волнении. Условия возникновения обледенения сведены в таблице 14.

Таблица 14.

Метеорологические комплексы, приводящие к обледенению.

Условный номер комплекса	Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с
I	0,0 (при атмосферных осадках, тумане или парении моря)	до 7,0
II	от 0 до – 3,0	7,1 – 15,0
III	от 0 до – 3,0	15,0 и более
IV	от – 3,1 до – 8,0	7,1 – 15,0
V	от – 3,1 до – 8,0	15,0 и более
VI	– 8,1 и ниже	7,1 – 15,0
VII	– 8,1 и ниже	15,0 и более

Примечание: Комплекс I соответствует пресноводному обледенению (от атмосферных осадков); комплексы II-VII – брызговому обледенению (от морских брызг).

Метеорологические комплексы, приведенные в таблице 1, рекомендованы в 1968 г. Межведомственным семинаром по теме «Лед» для разработки региональных методик по прогнозированию обледенению судов и гидротехнических сооружений.

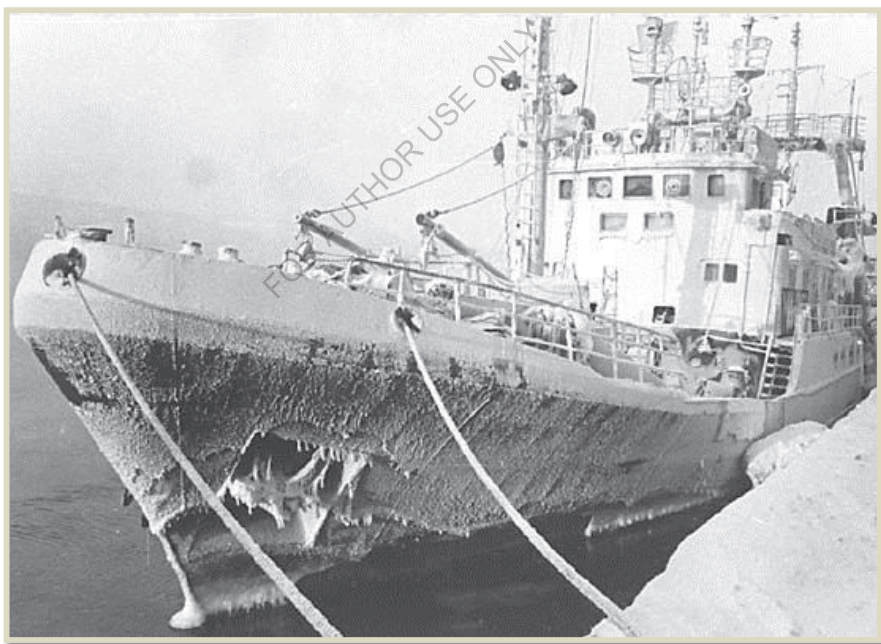


Рис. 27. Судно под воздействием слабого обледенения.

ВНУТРИВОДНЫЙ ЛЕД НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Изучение ледяного покрова замерзающих морей России приобретает в настоящее время все нарастающее значение, как в научном, так и в практическом аспектах. Ледяной покров препятствует судоходству, в значительной степени затрудняет освоение природных ресурсов и строительство гидротехнических сооружений, добычу морепродуктов и др. Вместе с тем лед может служить причалом, взлетно-посадочной площадкой или временной защитной дамбой. Разработка режимно - справочных пособий, совершенствование существующих и создание новых методов прогнозов природных процессов и явлений невозможен без учета влияния ледяного покрова.

Процессы естественного (термического) нарастания льда, еще в 30-е годы XX столетия, подробно исследовал Н.Н.Зубов. Предложенная им оценка суровости зим по «сумме градусо-дней мороза» вошла в сотни региональных расчетных формул, позволяющих с достаточной точностью вычислять максимально возможную толщину ровного льда. Однако, в реальных условиях процессы внутриводного ледообразования в переохлажденной воде, обусловленные совместным воздействием внешних термических и динамических факторов, существенно нарушают естественный рост льда. Эти процессы весьма разнообразны и значительно менее изучены.

Образование внутриводного льда в арктических морях исследовано Н.Н.Зубовым, В.Д.Грищенко, И.Г.Петровым и многими другими авторами. Однако физика самого явления и, главное, аналитическая форма его описания, которая позволяет количественно оценить долю внутриводного льда в его суммарной толщине, было предложено Е.И. Монаховым лишь в 1989г. В этой работе было показано, что на большей части арктических и антарктических морей содержание внутриводного льда в среднем составляет 5-10%, однако в локальных районах – полыньях, прикромочных и устьевых зонах с выходом пресных вод, вклад внутриводного льда составляет 30-50% и даже 70-100%.

Изучение архивных данных показало, что процессы образования внутриводного льда характерны и для южных морей РФ, в частности для замерзающей северной части Каспийского моря. Так, например, в марте 1953г, при выполнении профильных ледовых наблюдений на устьевом взморье Волги, после значительного похолодания, сопровождаемого сильным ветром и снегопадом, наблюдался интенсивный подъем донного льда в полыньях и трещинах в виде непрозрачных, рыхлых кусочков льда сероватого цвета с приставшими раковинами и водорослями.

В январе 2002г, во время рейса на ледоколе «Капитан Букаев», при слабо отрицательной температуре воздуха, авторы наблюдали процесс образования внутриводного льда в переохлажденной воде устьевых взморья Волги в виде ледяных кристаллов, всплывающих к поверхности и образующих рыхлый слой первичных форм льда толщиной 2-5 см, состоящий из слабо смерзшихся ледяных кристаллов.

Начало планомерному изучению ледовых процессов в северной части Каспийского моря было положено в начале 30-х годов прошлого века. По материалам этих наблюдений были впервые показаны средние границы ледяного покрова за каждый зимний месяц, получены уникальные материалы по толщинам, дрейфу льда и торосистости. Впервые на Каспии были изучены химические свойства и прочностные характеристики льда, исследованы характеристики подледной воды. В последующие годы изучение льдов продолжалось нарастающими темпами. Однако до настоящего времени один из очень важных типов ледяного покрова – внутриводный лёд, незаслуженно оставалась вне поля зрения исследователей. Данная работа является одной из первых, в которой делается попытка описать процесс образования и оценить роль внутриводного льда в формировании ледяного покрова Северного Каспия.

Одной из самых важных характеристик ледяного покрова является толщина ровного льда термического нарастания. Наблюдать процесс термического нарастания толщины льда довольно трудно. Как правило, на практике используется лишь конечный результат –

инструментально измеренная толщина льда. Еще труднее оценить вклад внутриводного льда в общую толщину льда, поскольку процессы термического нарастания льда и образование внутриводного льда происходят одновременно. На ледовых же картах, как правило, изображается не толщина, а возраст льда. Возрастные стадии льда отображаются соответствующими символами.

В течение зимы под воздействием ветра происходит многократный взлом припая, дрейф и подвижки льда, его торошение и образование обширных пространств чистой воды – полыней и разводий. Из-за смены направлений ветра разводья образуются в одном месте и закрываются в другом. Под воздействием ветрового волнения и отрицательных температур воздуха в полынях происходит перемешивание всей толщи воды от поверхности до дна и ее переохлаждение. Наличие в толще воды большого количества ядер кристаллизации (поднятого со дна ила и песка, мельчайших пузырьков газа) инициирует интенсивное образование внутриводного льда, который всплывает к поверхности полыни в виде шуги и впоследствии замерзает (рис. 28), образуя непрозрачный, матовый лед. В связи с тем, что всплывающая масса кристаллов внутриводного льда весьма пластична, то в процессе замерзания под воздействием ветра она часто образует характерную волнообразную поверхность, располагаются в виде гряд. С самолета поверхность таких стамух выглядит волнистой (рис. 29).

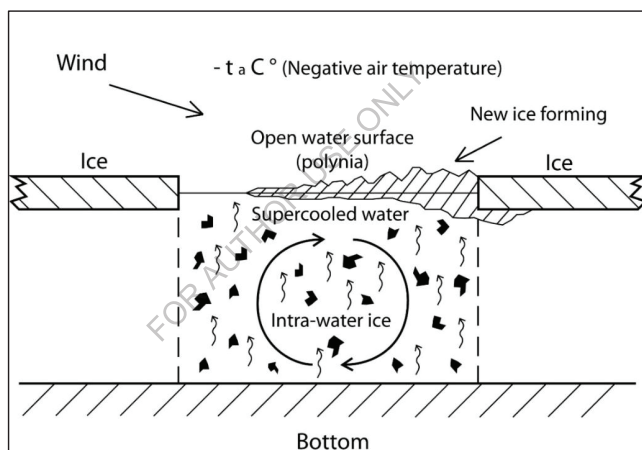


Рис. 28. Схема процесса образования внутриводного льда в переохлажденной воде.

Образовавшийся внутриводный лед также частично увлекается течением и всплывает уже за пределами полыни, подо льдом. Всплывая, он намерзает на нижней поверхности ледяного покрова. При многократном повторении этих процессов образуется слоистый, пористый и непрозрачный лед (результаты исследований были доложены на 24th IAHN International Symposium on Ice Vladivostok, состоявшемся во Владивостоке в 2018г.). Его общая толщина может значительно превышать толщину термически выращенного окружающего льда. Поскольку эти процессы имеют локальный характер, ограниченный размерами конкретной полыни, размеры и время существования которой постоянно изменяются, то и процессы нарастания льда происходят довольно хаотично.

В дальнейшем вступают в действие динамические факторы, которые приводят к образованию наслоенных льдов. Эти процессы также довольно хорошо изучены, разработаны методики прогнозирования толщины наслоенных льдов (Бухарицин, 1985, 1987, 1992 и др.). Однако и в этих работах роль внутриводного льда не рассматривалась.

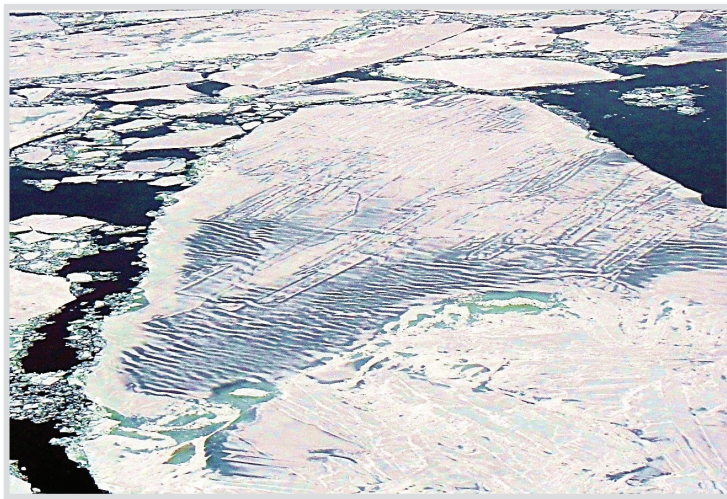


Рис. 29. Рифлёная (шифροобразная) поверхность льда (фото автора).

Анализ архивных данных по Каспийскому морю более чем за 100 лет показал, что, несмотря на то, что изучению этого явления исследователи здесь практически не уделяли внимания, однако сам процесс образования внутриводного льда неоднократно фиксировался исследователями в частности в замерзающей мелководной северной части Каспия. Работы Ф.И. Валлера, П.И. Бухарицина, О.И. Шереметевской и др. было показано, что в процессе формирования и развития ледяного покрова в мелководной северной части Каспийского моря, в результате быстрой теплоотдачи, происходит образование ледяного покрова, толщина которого под воздействием отрицательных температур воздуха увеличивается быстрее чем согласно формуле Зубова.

В марте 1953 г. при выполнении профильных ледовых наблюдений на устьевом взморье Волги, после значительного похолодания, сопровождаемого сильным ветром и снегопадом, наблюдался интенсивный подъем донного льда в полыньях и трещинах в виде непрозрачных, рыхлых кусочков льда сероватого цвета с приставшими раковинами и водорослями (из отчета). В январе 2002 г., во время рейса на ледоколе «Капитан Букаев», при слабо отрицательной температуре воздуха, авторы наблюдали процесс образования внутриводного льда в переохлажденной воде устьевого взморья Волги в виде ледяных кристаллов, всплывающих к поверхности и образующих рыхлый слой первичных форм льда толщиной 2-5 см, состоящий из слабо смерзшихся ледяных кристаллов (из отчета). Образование внутриводного льда зафиксировано одним из авторов в феврале 2016 года в центральной части Гурьевской бороздины (Северный Каспий) с помощью подводной видеокамеры.

Следует отметить, что подобные явления регулярно происходят на Нижней Волге, после ввода в строй Волжской ГЭС. Сохраняющаяся даже во время сильных морозов полынья ниже по течению от плотины является своеобразным генератором внутриводного льда, который в виде рыхлых кусочков увлекается течением под существующим ледовым покровом. Иногда живое сечение русла реки оказывается полностью забито шугой, что приводит к образованию зажоров. Так, например, при одинаковых суммах градусо-дневной мороза находящиеся в одном районе моря массивы льда могут почти в два раза отличаться по толщине (рис. 30,31).

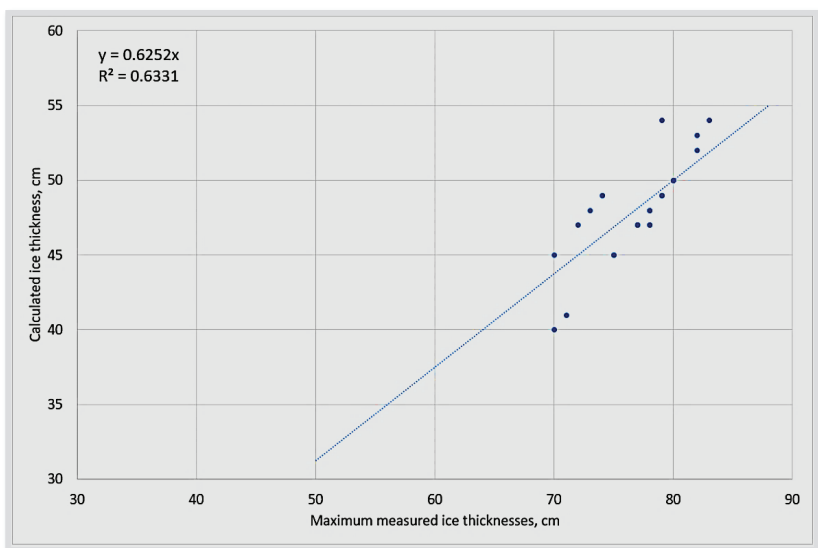


Рис. 30. На графике показано, что при одинаковых суммах отрицательных температур воздуха минимальная толщина ровного, не наслоенного льда составила 45-55 см, а максимальная – 80-85 см, что косвенно подтверждает существенный вклад внутриводного льда в процесс нарастания льда.



Рис. 31. Образец однородного, непрозрачного, матового льда, образовавшегося из внутриводного, взятый из замёрзшей полыни (фото автора).

Благодаря спутниковой информации, ставшей доступной в последние годы удалось проследить процесс образования, развития и исчезновения одного из важных и изменчивых элементов зимнего гидрологического режима Северного Каспия - заприпайных разводий и полыней, которые представляют собой своеобразные «генераторы» внутриводного льда. Ледовые авиаразведки более ранних лет такой возможности не давали ввиду недостаточной частоты наблюдений и полноты данных.

Места возникновения полыней и процессы их развития определяются скоростью, направлением и продолжительностью действия ветра, а также скоростью и направлением подледных течений. С помощью данных ИСЗ было установлено, что на Северном Каспии, при устойчивых и сильных отжимных ветрах, между припаем и дрейфующим льдом образуются разводья шириной от сотен метров до 10 миль и более и протяженностью иногда до 100 миль и более. Образованию таких гигантских полыней способствуют поверхностные дрейфовые течения, возникающие под действием ветра на свободной ото льда поверхности моря. При смене ветра ледовая обстановка может очень быстро измениться. Дрейфующие льды закрывают существующие полыни, а с наветренной стороны в это же время образуются новые.

В последующие годы изучение процессов образования внутриводного льда и его роли в формировании ледяного покрова северной части Каспийского моря будет продолжено.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ

- 1.Зубов Н.Н. Некоторые свойства морского льда // М.: Изд-во Гидромет. комитета СССР и РСФСР, 1932. 44 с.
2. Васильев К.П., Стехновский Д.И., Справочник по навигационной гидрометеорологии. М., «Транспорт», 1976. С. 107-109.
3. Аксютин Л.Р. Обледенение судов. Л., «Судостроение», 1979. 126 с.
4. Монахов Е.И. Условия формирования внутриводного льда // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. Л.: 1989. 23 с.
5. Руководство по морским гидрологическим прогнозам. С-П., Гидрометеиздат, 1994. С. 434-444.
6. Бухарицин П.И. Гидрологические процессы в Северном Каспии в зимний период // Реферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук. М., 1996. 61 с.
7. Бухарицин П.И., Дозорцева Ю.В. Исследования внутриводного льда // Тезисы докладов итоговой науч. конф. АГПУ. Биология, география и геология, химия (26 апреля 2002г, Астрахань). - Астрахань, 2002. - С. 59.
5. Buharicin.P.I., Ayazbayev E.Kh. Use of satellite data in mapping northern Caspian ice cover // Material 22nd IAHR International Symposium on Ice, 11-15 August 2014, Singapore. – p.119-126.
8. Buharicin.P.I. Influence salt dome on processes of the formation lida in North Caspian // Material of the 24th International Conference on Port and Ocean Engineering under Fretic Conditions POAC,2017. Busan, Korea, June 11-16, 2017. – p.1-11.
9. Buharicin P.I., Buharicin A.P. The Bottom Ice in the Northern Caspian Sea // ISSN 2414-6331. Материалы 24th IAHR International Symposium on Ice Vladivostok, Russia, June 4–9, 2018 (электронный вариант, на флэш-карте). – С.111-117.
10. Buharicin P.I., Buharicin A.P. The Bottom Ice in the Northern Caspian Sea // ISSN 2414-6331. Материалы 24th IAHR International Symposium on Ice Vladivostok, Russia, June 4–9, 2018 (электронный вариант, на флэш-карте). – С.111-117.

ГРАНИЦЫ ЛЬДОВ И ИХ ГОДОВЫЕ И СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

(СРЕДНЕМНОГОЛЕТНИЕ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗА ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЙ)

Оцифровка архива карт повторяемости наличия льда на Каспийском море за период с 1954 по 1977 год позволила создать электронную версию значений повторяемости положения границы льда в различные декады каждого месяца ледового периода (Учет ледовых условий..., 1979). В качестве графической иллюстрации на рисунках приведены карты повторяемости границ ледяного покрова во второй декаде каждого месяца ледового периода. Следует отметить, что эти карты содержат более полную информацию о ледовом режиме Северного Каспия, чем это требуется номенклатурой ВСН (среднемноголетние и экстремальные за период наблюдений).

Имея информацию, представленную на рис. 32-36, легко проследить изменение границ ледяного покрова на акватории Северного Каспия от месяца к месяцу и вероятность встречи с дрейфующим или неподвижным льдом в районе работ, а также определить наибольшее расстояние от берега его границ.

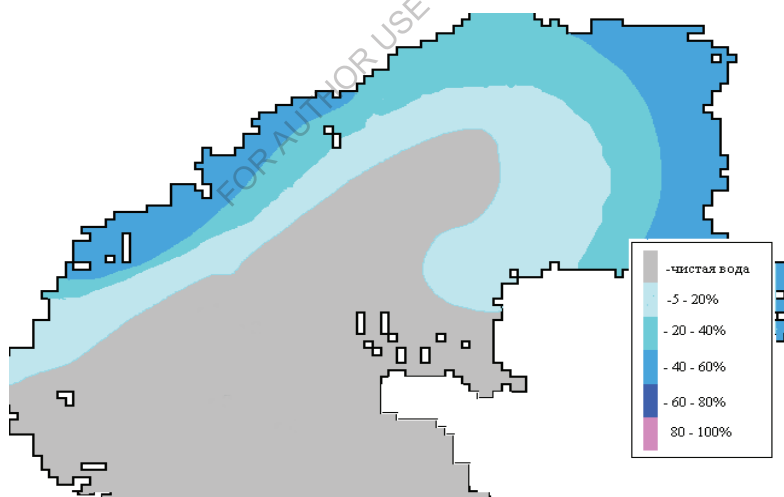


Рис. 32. Повторяемость наличия кромки льда на Каспийском море в ноябре.

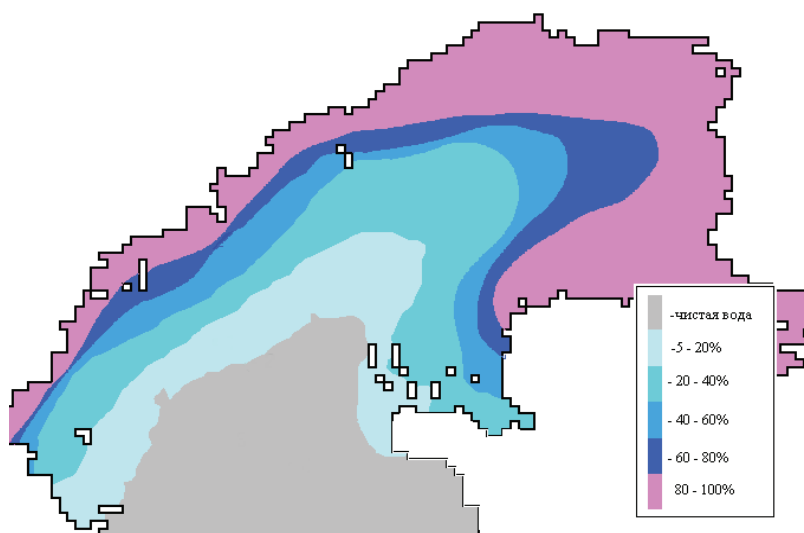


Рис. 33. Повторяемость наличия кромки льда на Каспийском море в декабре.

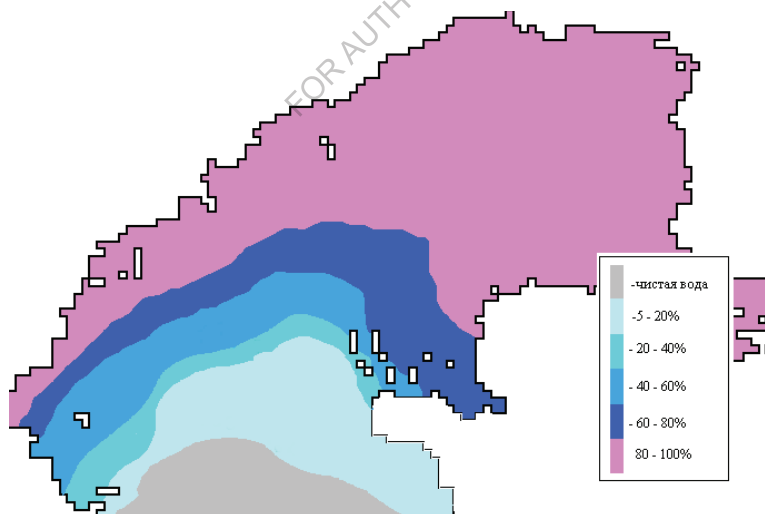


Рис. 34. Повторяемость наличия кромки льда на Каспийском море в январе.

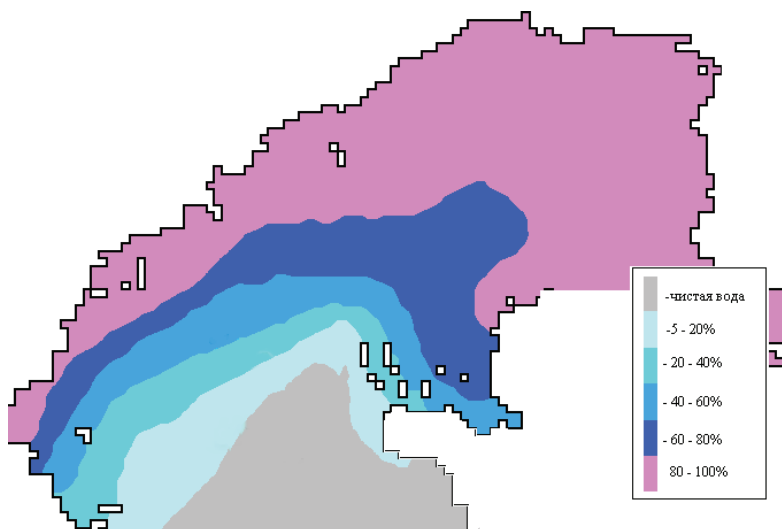


Рис. 35. Повторяемость наличия кромки льда на Каспийском море в феврале.

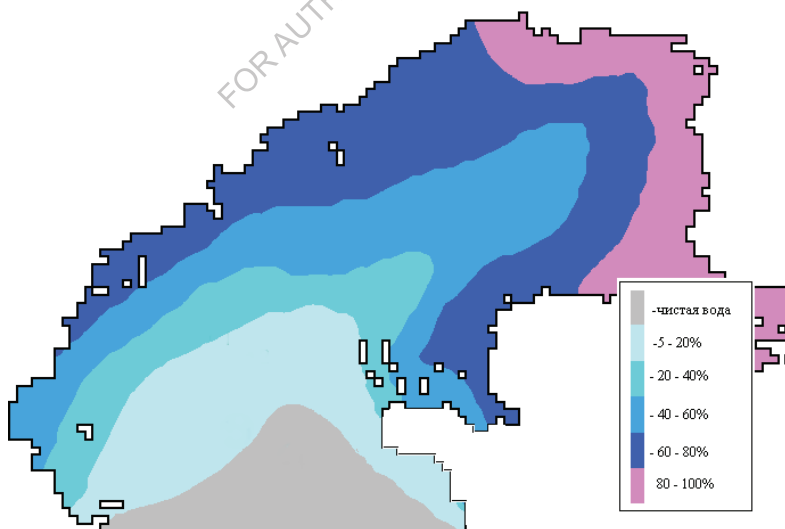


Рис. 36. Повторяемость наличия кромки льда на Каспийском море в марте.

СРЕДНИЕ МНОГОЛЕТНИЕ ДАТЫ ОСНОВНЫХ ЛЕДОВЫХ ФАЗ
(рис 36, 37, 38)

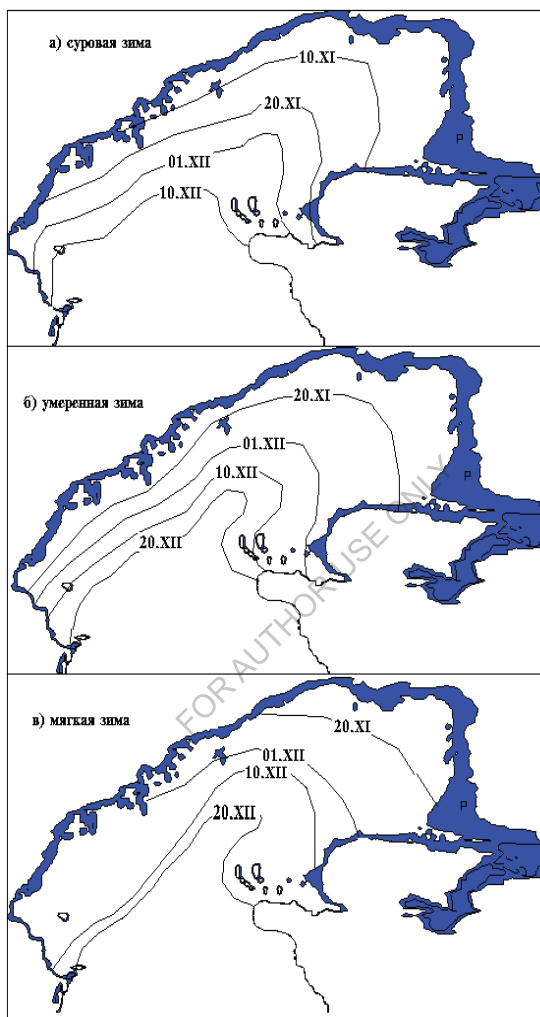


Рис. 36. Изохроны первого появления льда на Северном Каспии: а) суровая зима; б) умеренная; в) мягкая. (Приводится по [Гидрометеорология и гидрохимия морей..., 1992]).

Примечание: темным цветом выделены участки побережья, затопленные в результате подъема уровня моря с -28 до -27 м БС.

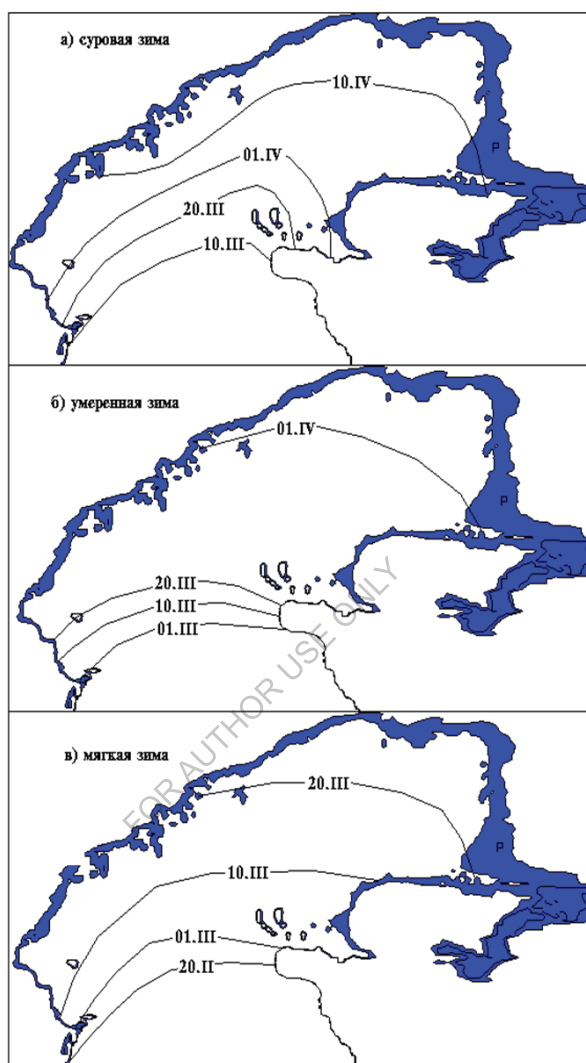


Рис. 37. Изохроны окончательного очищения ото льда на Северном Каспии:
а) суровая зима; б) умеренная; в) мягкая.
(Приводится по [Гидрометеорология и гидрохимия морей..., 1992]).

Примечание: синим цветом выделены участки побережья, затопленные в результате подъема уровня моря с -28 до -27 м БС.

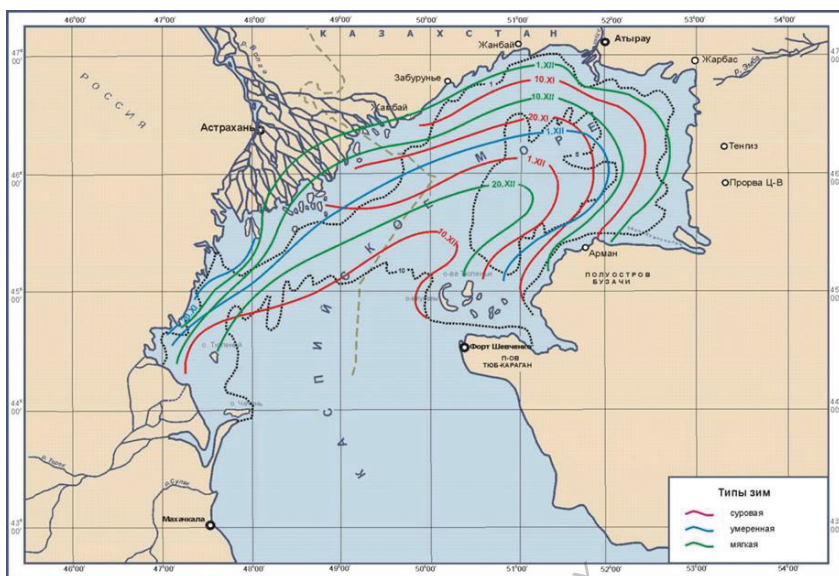


Рис. 38. Сводная схема изохрон первого появления льда на Северном Каспии.

ГРАНИЦЫ ПРИПАЯ И КРОМКИ ЛЬДА

На прилагаемых картах-схемах (рис. 39-44) показаны средние многолетние (расчетные) кромки неподвижного льда (припая) за каждый месяц с ноября по апрель, а также фактические максимальные и минимальные кромки плавучего и неподвижного льда по данным ледовых авиаразведок.

При составлении данных карт - схем использованы материалы авиаразведок за период с 1948 по 1968 гг., за годы, когда они выполнялись наиболее часто - в среднем за зиму 20-25 разведок, иногда до 60. Расчетные кромки определялись на середину каждого месяца путем осреднения кромок за все годы. При этом предполагалось, что скорость распространения или отступления припая между очередными авиаразведками остается постоянной.

В октябре, как правило, припая в море нет. Он отмечается лишь в аномально холодные зимы. Полных разведок в октябре не выполнялось, они охватывали лишь части акватории Северного Каспия. Предполагается, что в аномально холодные зимы максимальная кромка припая проходит в 5-15 милях вдоль берегов северной и восточной частей Северного Каспия, достигая максимума на распространенных мелководных взморьях Волги и Урала. Как правило, октябрьский припай разрушается при первом же потеплении.

В ноябре (рис. 39) в аномально теплые зимы льда практически нет. Небольшое количество его может образоваться на взморье Урала. Расчетная кромка проходит в 5 – 15 милях от берега, ближе всего к берегам полуострова Мангышлак и более всего удаляясь от берегов в западной части взморья Волги, почти на всем протяжении по однометровой изобате.

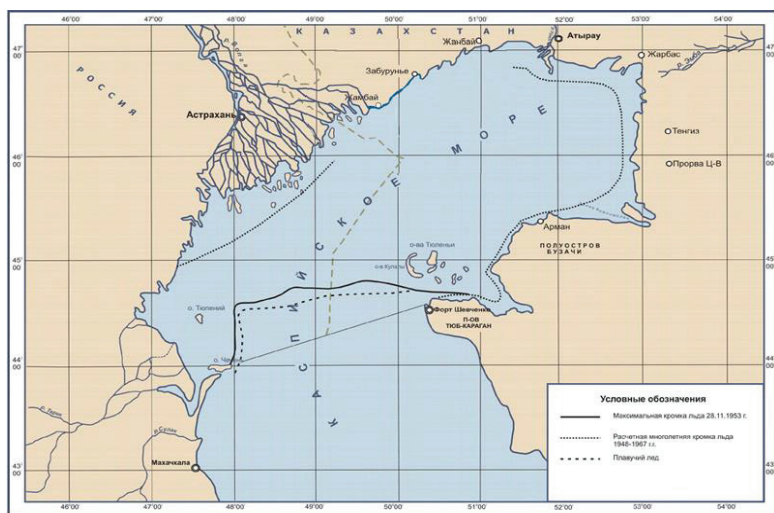


Рис. 39. Положение кромки льда в ноябре.

Максимальная кромка припая (28 ноября 1958г.) проходит от о. Чечень на север до параллели центральной части Кизлярского залива, затем поворачивается под прямым углом на восток к мысу Жигалган на северном берегу полуострова Тюб - Караган. Максимальная кромка плавающего льда (28 ноября 1953г.) проходит примерно в 5 милях восточнее и южнее максимальной кромки припая.

В декабре (рис. 40) в anomalно теплые зимы припая появляется только вдоль песчаных кос между взморьями Волги и Урала, на крайнем северо - востоке и в заливе Комсомольц 11 декабря 1939г.

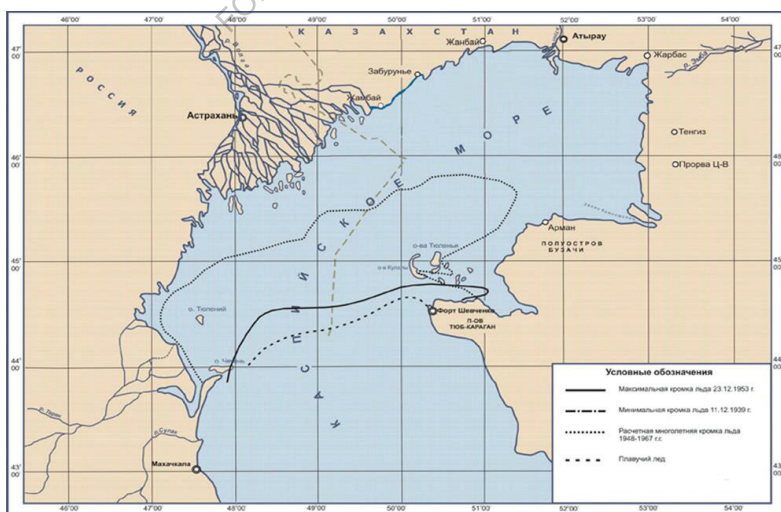


Рис. 40. Положение кромки льда в декабре.

Расчетная кромка припая проходит от Аграханского полуострова в 3-4 милях от западных берегов, затем в 10 милях южнее острова Чистая Банка и далее на северо-восток, оставляя к югу южную часть Гурьевской бороздины, затем к архипелагу Тюленых островов и к мысу Жигалган на полуострове Тюб - Караган. Максимальная кромка припая (23 декабря 1953 г.) проходит от о. Чечень на северо-восток к северным берегам полуострова Тюб - Караган. Максимальная кромка плавучих льдов отмечена в этот же день. Она простирается от о. Чечень на северо - восток к полуострову Тюб - Караган в 10 - 15 милях южнее кромки неподвижных льдов.

В январе (рис. 41) в аномально теплые зимы припай и плавучий лед образуются только на северо - востоке, занимая северо - восточный угол акватории Северного Каспия от Новинской косы до полуострова Бузачи (23 января 1948г.). Согласно расчетной кромки припая получает в январе максимальное распространение: от о. Чечень, к западу от о. Тюлений, и по пятиметровой изобате к о. Кулалы и полуострову Тюб - Караган. Максимальная кромка припая (31 января 1964г.) проходит от Махачкалы в 10 милях от берегов Аграханского полуострова и далее по параллели мыс Урдюк (южный мыс полуострова Тюб - Караган) к этому же мысу, предварительно отклонившись к северу, вдоль западных берегов полуострова Тюб - Караган. 31 января 1964г. - день максимального распространения припая на Каспийском море.

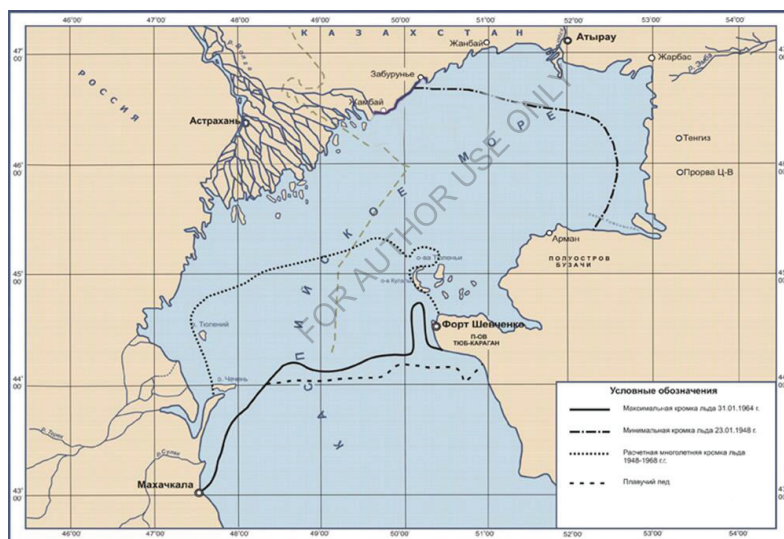


Рис. 41. Положение кромки льда в январе.

Максимальная кромка плавучего льда в январе отмечена в этот же день: она простирается от Избербаша (южнее Махачкалы) в 10-15 милях вдоль западного берега моря и далее вдоль кромки припая.

В феврале (рис. 42) минимальная кромка припая (18 февраля 1946г.) ограничивает узкую полосу акватории от взморья Волги по одному метровой изобате до Каратонских Шалыг. Минимальное положение плавучего льда отмечено в этот же день в 15 милях южнее кромки припая. Расчетная кромка в феврале близка к январской с той лишь разницей, что в феврале в районе Тюленых островов, она проходит несколько восточнее, к о. Морскому и мысу Жигалган. В западной части моря припай отмечается вдоль берегов Аграханского полуострова.

Январь и февраль - месяцы наибольшего распространения льда на Каспийском море. Максимальная кромка плавучих льдов отмечена 8 февраля 1950г.; льды достигли Апшеронского полуострова на юге, протянулись двадцатимильной полосой вдоль западных берегов моря и кромки припая.

В марте (рис. 43) минимальная кромка припая (27 марта 1965г.) ограничивает узкую полосу акватории по односторонней изобате от взморья Урала до дельты Волги, включая ее восточную часть. Расчетная кромка заметно сдвигается к северу по сравнению с февральской. Она проходит западнее о. Чечень и о. Тюлений, южнее о. Чистая Банка и далее на северо-восток по дуге к мысу Бурунчук, а затем на юго – запад вдоль берега к мысу Тюб - Караган, оставляя покрытыми припаем все берега полуострова Бузачи и северные берега полуострова Тюб - Караган.

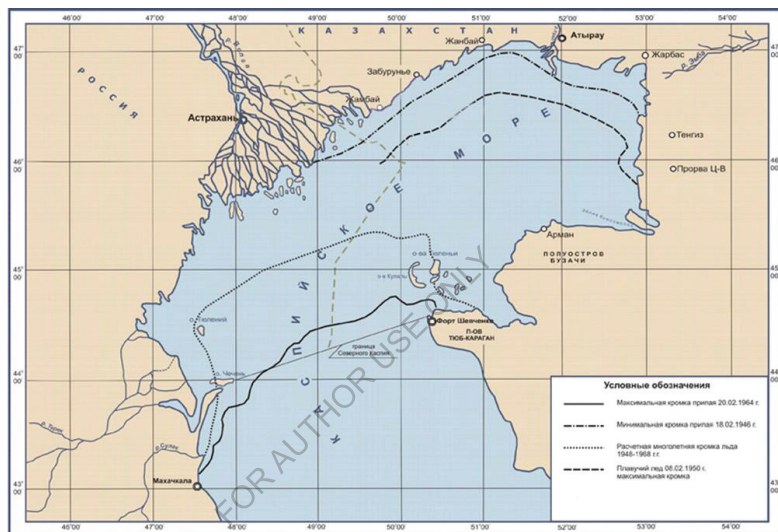


Рис. 42. Положение кромки льда в феврале.

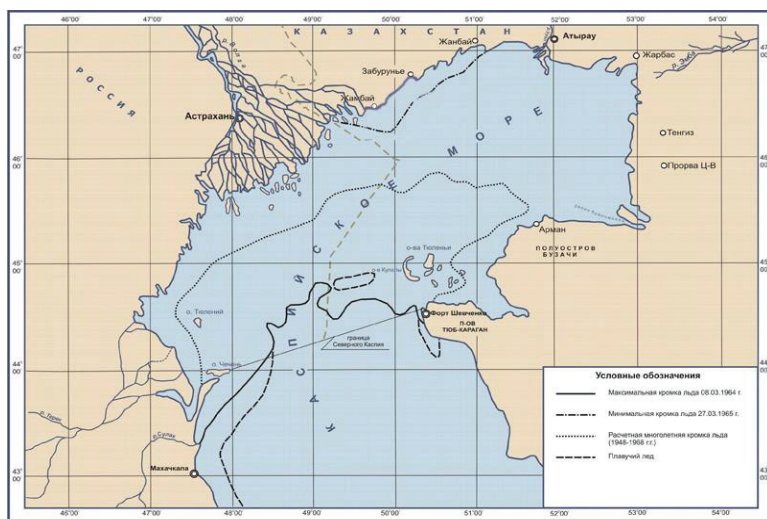


Рис. 43. Положение кромки льда в марте.

Максимальная кромка припая (8 марта 1964г.) проходит от устья р. Сулак на северо - восток по дуге к полуострову Тюб - Караган.

Максимальная кромка плавучих льдов отмечена 10 марта 1964г. Она проходит от района Дербента, вдоль западных берегов моря и кромки припая.

В апреле (рис. 44) в мягкие и средние зимы припая нет. В холодные зимы максимальная кромка припая (1 апреля 1954г.) проходит от Брянской косы к о. Чистая Банка, далее по дуге к о. Кулалы и полуострову Тюб - Караган. Максимальная кромка плавучего льда проходит от о. Чечень почти по прямой к о. Кулалы.

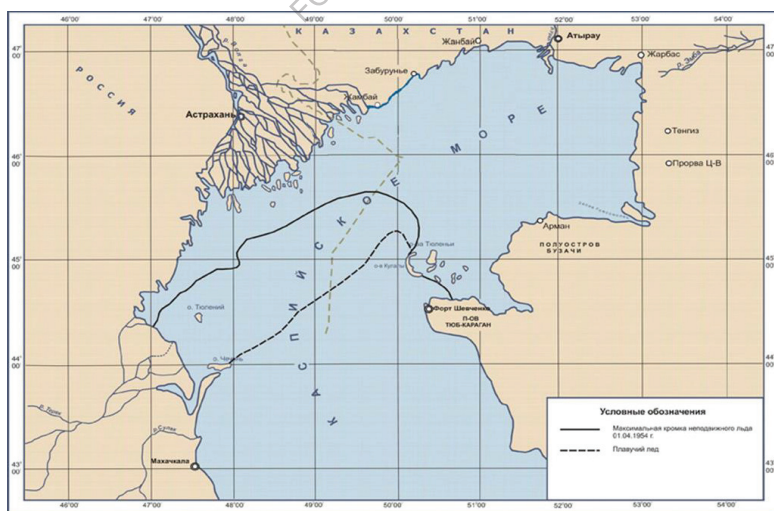


Рис. 44. Положение кромки льда в апреле

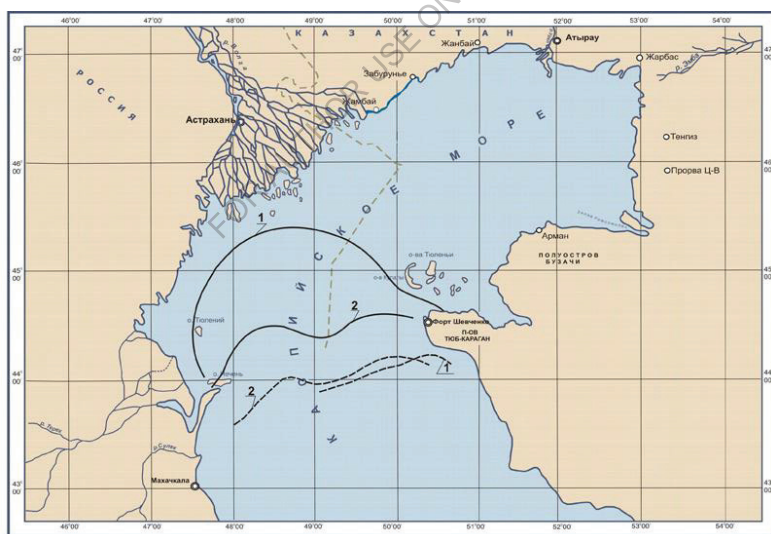
Влияние уровня моря на положение ледовых кромок хорошо иллюстрируется картами ледовых авиаразведок, сделанными в две очень суровые зимы: 1927/28г. и 1949/50г. обе ледовые авиаразведки выполнены в моменты максимального за эти зимы распространения льда соответственно 25.02.1928г. и 08.02.1950г.

Метеорологические условия этих зим были сходными, даже суммы отрицательных температур воздуха к указанным датам оказались одинаковыми и составили в обоих случаях 730 (суммы подсчитаны по пункту Астрахань). А вот средний годовой уровень моря в 1950г. был почти на 2 метра ниже, чем в 1928г.

Этот фактор оказался очень важным, так как кардинально повлиял на положение кромки припая.

Сравнение двух ледовых карт показало, что максимальная кромка припая в феврале 1950г. проходила на 20 - 60 миль южнее максимальной его кромки в 1928 году. На положение же кромки плавучего льда понижение уровня моря на 2 метра влияния практически не оказало (рис. 45).

Исследования показали, что важную роль в смещении к северу или к югу кромки припая играет теплозапас моря - при понижении уровня моря теплозапас уменьшается на малых глубинах до 10 метров (глубины, до которых в суровые зимы распространяется максимальная кромка припая), но практически не изменяется на глубинах 50 и более метров (глубины, до которых в суровые зимы может распространяться максимальная кромка плавучих льдов). При повышении уровня моря теплозапас резко возрастает на малых глубинах, что приводит к смещению максимальной кромки припая на север, кромка же плавучего льда вновь остается практически на том же месте.



Основными динамическими факторами, формирующими ледяной покров Северного Каспия является ветер, течения и колебания уровня моря. Существенное влияние на характер процессов торошения оказывают мелководность Северного Каспия, изрезанность береговой линии и сложный рельеф дна с большим количеством банок, кос и островов.

В начальный период формирования ледяного покрова, когда кромка молодых льдов распространяется от берега до глубины 2-3 метров, наряду с характерными для многих морей зубчатонаслоенными льдами, во время подвижек льда образуются торосы, сидящие на мели - стамухи.

Стамухи «осеннего» происхождения образуются в ноябре - декабре из ниласа и серого льда толщиной 5-15см. Они имеют, как правило, небольшие размеры в поперечнике (5-20м) и высоту 1-3м. Эти стамухи образуются повсеместно в прибрежной полосе моря (от уреза воды до глубины 2м) вдоль северного и восточного побережья Северного Каспия - между дельтами Волги и Урала до полуострова Бузачи.

На устьевом взморье Волги, при низких уровнях моря (1974-1980гг.), граница распространения стамух на север ограничивалась морским краем бара. С повышением уровня моря морской бар оказался на достаточно большой глубине, чтобы не препятствовать дрейфу молодых, тонких осенних льдов, и в эти годы граница распространения «осенних» стамух охватила и все устьевое взморье Волги.

С установлением прочного припая (декабрь - январь) в прибрежной мелководной зоне моря рост стамух осеннего происхождения прекращается, и в таком виде они сохраняются до весеннего взлома припая.

В конце января - февраля кромки припая и плавучего льда продвигаются обычно далеко к югу и занимают максимальное за зиму положение. К этому времени ледяной покров достигает стадии серо - белого и тонкого белого льда толщиной 20-70см. Образующиеся из такого льда стамухи «зимнего» происхождения существенно отличаются от осенних, как своими размерами, так и местами образования. Такие стамухи достигают размеров 100-300, а иногда и 500м в поперечнике и высоты 12м. Особенно больших размеров стамухи наблюдались в зимний сезон 1977/78 г. - средний годовой уровень Каспийского моря составил -29,4 м. абс. - это самое низкое его положение за последние 500 лет.

Местами наибольшего распространения стамух «зимнего» происхождения в восточной части Северного Каспия является Бузачинский порог и периферия Гурьевской бороздины с глубинами 2-5м.

В суровые зимы подавляющее количество зимних стамух образуется в западной части Северного Каспия, в то время, как в восточной, их образованию препятствует прочный припай.

В мягкие зимы, наоборот, стамухи чаще образуются в восточной части моря, так как в западной части льда бывает мало.

В умеренные зимы стамухи образуются повсеместно.

Распространение стамух в районы с большими глубинами ограничивается осадкой торосистых льдов, то есть той максимальной глубиной, на которую простираются их подводные части.

На Северном Каспии специальных измерений осадки торосистых льдов не производилось, однако, наложение мест образования стамух на батиметрическую карту (карту глубин) позволяет заключить, что образование стамух ограничено глубинами, как правило, 5-6 метров. Однако, имеются данные об образовании «зимних» стамух на глубинах до 9-10м (максимальная - 12м), при этом надводная высота стамух составляла 5-6м (зима 1969г., район банки Кулалинской, квадрат 406, глубина моря 6,5-17м).

По своей морфологии стамухи делятся на три разновидности: одиночная, кольцевая, барьер (цепочка).

Цепочки стамух представляют собой несколько соединившихся между собой одиночных стамух «зимнего» происхождения или севшая на мель гряда торосов. Такие барьеры

образуются на границе припая и плавучих льдов или вдоль подводных кос (шалыг). Они имеют ширину несколько десятков метров и длину до 1 километра и более.

Цепочки стамух надежно защищают прибрежный припай от механического разрушения под действием ветра и волнения. При сильных ветрах, направленных от берега в сторону моря, между барьером стамух и дрейфующим льдом образуются обширные пространства чистой воды - заприпайные полыньи, ширина которых может достигать 20 км и протяженностью до 200 км. Если же на границе припая защитные цепочки стамух отсутствуют, то происходит беспрепятственный взлом припая под воздействием ветра, волн и течений. Взломленный таким образом лед выносится в открытые районы моря, превращаясь из припая в дрейфующий. После весеннего очищения моря ото льда наиболее мощные стамухи еще некоторое время существуют среди чистой воды.

Поскольку зимой, наряду с процессами льдообразования на Северном Каспии происходят и процессы разрушения льда, для зоны контакта припая с дрейфующими льдами характерны ее сезонные смещения. Образованию торосов на границе припая и дрейфующего льда, помимо тангенциального напряжения ветра, способствуют стонно-нагонные колебания уровня. При этом образуются мощные гряды торосов длиной в несколько километров и высотой 1-2, иногда и более метров, расположенные перпендикулярно направлению господствующих ветров. При очередном похолодании происходит смещение границы припая и дрейфующих льдов к югу. Возникает новая гряда торосов, параллельная образовавшейся ранее, в результате чего образуется пояс торосов, подобный торосистым образованиям, возникающим на дрейфоразделах арктических морей. Протяженность таких торосистых образований может достигать 100 и более миль! Более ярко пояс торосов бывает выражен в умеренные и суровые зимы, значительно слабее в мягкие.

Сравнение ледовых карт, полученных при обработке ТВ снимков ИСЗ системы «Метеор», с картами синхронно выполненных авиаразведок за 1980-1983гг., показало, что при определении координат границ припая и плавучих льдов, а также мест расположения заприпайных полыней с помощью космической ТВ информации обеспечивается достаточная для практических целей точность, равная в среднем 3-5 милям. Спутниковая информация позволила исследовать динамику образования и исчезновения заприпайных полыней - важного и изменчивого элемента ледового режима. Аэровизуальные методы такой возможности не давали ввиду недостаточной для таких целей частоты наблюдений. Места возникновения полыней и процессы их развития определяются направлением, скоростью и продолжительностью действия ветра на поверхность дрейфующих льдов. При смене направления ветра ледовая обстановка очень быстро изменяется. Существующие полыньи закрываются сплоченным дрейфующим льдом, а новые полыньи образуются в других местах. Нанесенное на сводную карту - схему положение всех заприпайных полыней, обнаруженных с помощью спутниковых данных за зимние сезоны с 1980 по 1983гг. (всего 122 полыньи) позволило определить районы Северного Каспия с устойчивым припаем. Отмечается, что в период формирования ледяного покрова (ноябрь - январь) смещение границы припая на юг происходит не постепенно, а скачкообразно, по мере сплочения и смерзания дрейфующего льда под действием отрицательных температур и ветра. Граница между старым и более молодым припаем часто (однако не всегда) бывает обозначена многокилометровыми (даже в десятки километров) валами торосистого льда. Эти протяженные торосистые образования также хорошо просматриваются на спутниковых фотографиях. Состояние ледяного покрова (его площадь, толщина льда, а также соотношение площадей припая и плавучего льда) в каждую конкретную зиму, наряду с метеорологическими факторами (температурой воздуха и ветром) создает определенные условия способствующие, или наоборот, препятствующие развитию мощных штормовых нагонов (наводнений). Рассмотрены три конкретные ситуации (рис. 46).

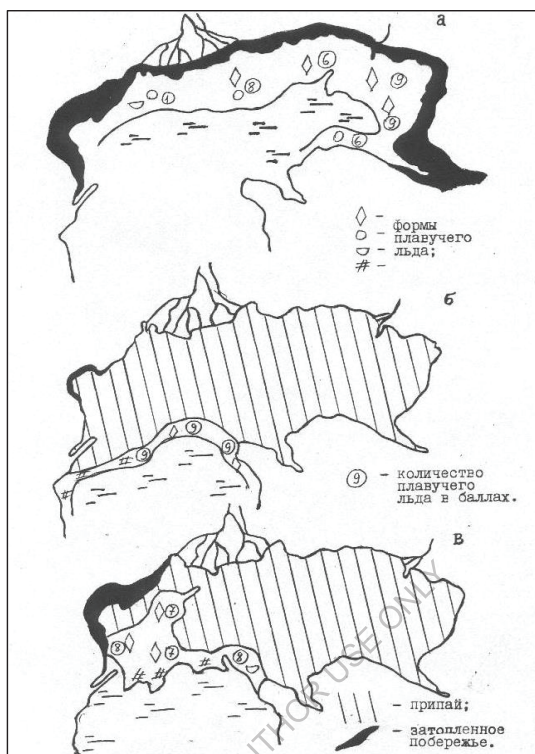


Рис.46. Ледовая обстановка и границы затоплений побережья во время зимних штормовых нагонов: а – февраль 1981 г. (мягкая зима); б – февраль 1969 г. (суровая зима); в – март 1959 г. (умеренная зима).

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ

1. Бухарицин П.И. Особенности процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря. - Водные ресурсы, № 6, 1984. С.115 - 123.
2. Бухарицин П.И. Особенности ледового режима и методы прогноза ледовых условий северной части Каспийского моря. Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. Л., ААНИИ, 1987.
3. Бухарицин П.И. Сезонный прогноз торосистости льдов уровня Северного Каспия. Тр ГМЦ СССР, вып. 292, 1988, с. 130 - 135.
4. Монография по проекту «Моря», том VI Каспийское море, вып. 1, Гидрометеорологические условия, С-П, Гидрометеоздат, 1992, 395с.
5. Бухарицин П.И. Особенности торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря. Водные ресурсы, № 6, 1984, с. 115 - 123.
6. Кошечкин Б.И. Следы деятельности подвижных льдов на поверхности дна мелководных участков Северного Каспия (по материалам аэрофотосъемки). Труды лаборатории аэрометодов, том VI, издательство АН СССР, М – Л. 1958. С. 227 – 234.
7. Бухарицин П.И. Особенности процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря. Водные ресурсы, № 6, 1984, с. 115 – 123.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЛЕДЯНОМ ПОКРОВЕ

ТОРОСИСТОСТЬ ЛЬДА

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, одновременность 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 торошению, 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.

Торосистость льда оценивается по 5-ти балльной шкале, где ровному льду соответствует 0 баллов, а увеличение площади, занятой торосистыми образованиями на 20 %, соответствует 1 баллу и т.д.

5 баллов торосистости соответствует площади, занятой торосистыми образованиями на 100 % (сплошная торосистость). В отчете использованы данные о торосистости льдов Северного Каспия (по данным ледовых аэровизуальных наблюдений) за период с 1927 по 1991гг. (1284 карты).

Торосистость льдов рассматривается в характерные периоды. Эти периоды связаны с колебаниями уровня Каспийского моря, от которых в большой степени зависят характер и интенсивность происходящих в ледяном покрове процессов торошения:

- 1927 - 1940гг. - период резкого падения уровня моря от отметки -26,0м. абс., составляющее в целом около двух метров;
- 1940 - 1959гг. - период сравнительно небольших колебаний уровня моря на фоне его продолжающегося падения. За этот период уровень понизился еще на полметра;
- 1959 - 1974гг. - период сравнительно стабильного уровня Каспийского моря, составляющим примерно -28,40 м. абс. Средние годовые значения уровня отличались от этой отметки не более, чем на 25см;
- 1974 – 1980гг. - период, во время которого процессы торошения льдов происходили при положении уровня моря в среднем на 0,5-0,8м ниже уровня моря за предшествующие 15 лет. В 1977г. уровень достиг самой низкой за последние 500 лет отметки, равной - 29,04м абс. С 1978г. началось повышение уровня моря.
- 1981 – 1996гг. - период непрерывного и устойчивого повышения уровня моря в целом более чем на 2,0 метра, до отметки – 26,5 м. абс.

- 1997 - до настоящего времени – падение уровня моря до отметки $-28,5$ м. абс. Падение продолжается (рис. 47).

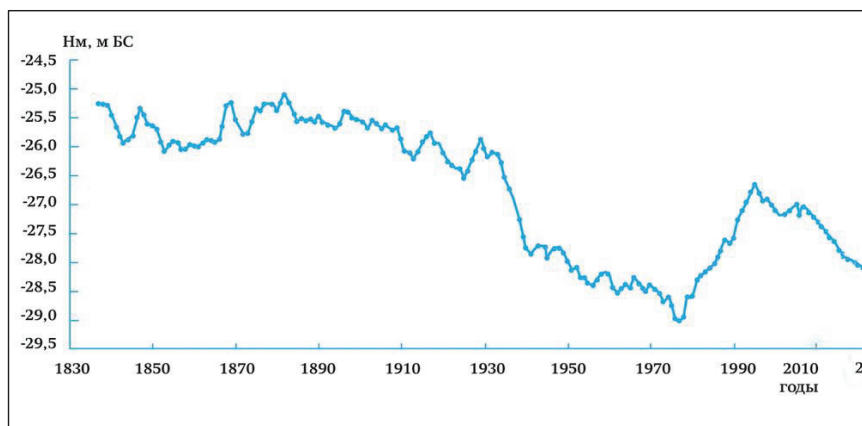


Рис. 47. Средние годовые уровни Каспийского моря по уровенному посту Махачкала, в см на «0» поста, равного минус 28,00 м. абс. (Б.С.)

Были изучены все имеющиеся в наличии карты и легенды (описания) состояния ледового покрова по данным ледовых авиаразведок за период 1927-1991 гг. Причем, зимы каждого периода разделены, по степени их суровости, на три группы (суровые, умеренные и мягкие). На основании такой классификации, для каждого характерного периода, составлены карты торосистости льдов (в баллах), положения торосов и гряд торосов, а также карты положения стамух в различные по суровости зимы (рис. 48-55).

Влияние колебаний уровня моря на процессы торошения каспийского льда характеризуется изменениями интенсивности взаимодействия дрейфующих льдов с морским дном. В годы с низкими уровнями береговая черта смещается в сторону моря. При этом многочисленные неровности морского дна в северной части моря превращаются в мелководные банки и шалыги, образование которых служит препятствием дрейфующему льду. На глубинах 1-6 м образуется своеобразная зона интенсивного торошения льда, в общих чертах повторяющая конфигурацию изобат, где наблюдается максимальная для всего Северного Каспия торосистость льда.

Ближе к берегу, на глубинах менее одного метра, торошения льда практически не происходит благодаря прочному береговому припаю. Мористее этой зоны торошения льда также менее интенсивное, т.к. на глубинах более 8 м взаимодействия со льдом, как правило, не проходит и лед, свободно плавая по поверхности, торосится только благодаря столкновению льдин между собой. В годы подъема уровня Каспийского моря все мелководные банки и отмели, наоборот, становятся затопленными, что приводит к существенному снижению интенсивности взаимодействия дрейфующего льда с дном в отмеченных нами районах моря. Зона интенсивного торошения и максимальной торосистости льда вновь перемещается при этом в сторону затопленного берега, преимущественно снова на глубины 1-6 м.

Анализ всех полученных карт - схем показал, что на Северном Каспии зоны максимальной торосистости льдов, торосы и их гряды, а также стамухи при всех типах зим располагаются севернее в годы с высокими уровнями, и значительно смещаются на юг в годы с низкими уровнями.

В суровые зимы, при любом положении уровня моря, эти зоны располагаются южнее, чем в умеренные и мягкие зимы. Такая же зависимость отмечается в распределении торосов и стамух. Максимальная торосистость льдов в период 1940-1959 гг. в мягкие и умеренные зимы составила 1 - 2 балла, в суровые 3-4 балла (рис. 50). В период же 1927-1940гг. при всех типах зим отмечался лед преимущественно ровный, преобладающая торосистость его составляла 0 баллов.

Полученные схемы торосистости льдов, положения торосов и стамух за 1927-1959гг. (два периода) хорошо согласуются с аналогичными схемами процессов торошения, происходящих в ледяном покрове Северного Каспия, от высоты стояния уровня моря.

Так, в мягкие зимы периода 1959-1974 гг. зона повышенной торосистости располагается узкой полосой шириной 20–30 км, идущей от взморья Волги на северо - восток по 1-5 метровым глубинам до Гурьевского рейда. Максимальная торосистость (3 балла) в этой зоне отмечается вдоль морского края бара на взморье Волги и в северной части Бузачинского порога. В остальной части зоны торосистость составляет 2 балла (рис. 51в).

В суровые зимы зона повышенной торосистости располагается на 40-80 км южнее, чем в мягкие зимы. Максимальная торосистость (3 балла) отмечается в юго-западной части Северного Каспия, в районе, ограниченном островами Чечень, Тюлений и банкой Большая Жемчужная. Лишь в очень суровую зиму 1968/69г. в районе банки Кулалинская была отмечена максимальная за 15 лет (1959 - 1974гг.) торосистость льда 4 балла (рис. 51а).

В умеренные зимы этого периода активные процессы торошения происходят по акватории всего Северного Каспия, зона повышенной торосистости занимает значительно более обширную площадь, и не имеет, какой либо, определенной направленности. Максимальная торосистость (3 балла) отмечена к югу от о. Тюлений, на взморье Волги (в районе морского края бара), в юго-западной части Гурьевской бороздины и в районе Гурьевского рейда (рис 51б).

Торосистость припая вне этих зон, при всех типах зим, составляет 0-1 балл. За эти же годы (1959-1974гг.) получены схемы расположения торосов и гряд торосов, а также стамух (рис. 52,53).

В течение 1975-1980гг. на Северном Каспии наблюдалась одна мягкая и пять умеренных зим. Суровых зим не было. Сравнение полученных за этот период схем с аналогичными схемами за предыдущий период (1959-1974гг.) говорит о том, что в процессах торошения льдов произошли значительные изменения даже при таком, сравнительно небольшом (менее 1 метра), падении уровня моря (рис. 54,55).

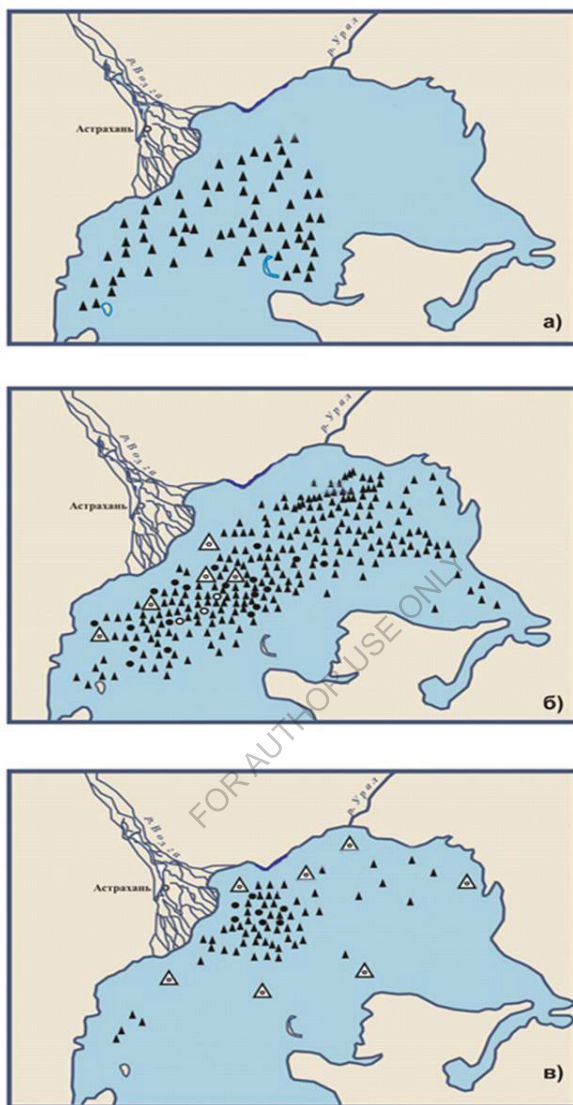


Рис. 48. Схемы расположения стамух, гряд торосов и торосистости льдов на Северном Каспии в суровые (а), умеренные (б) и мягкие (в) зимы за период 1927-1940 гг.

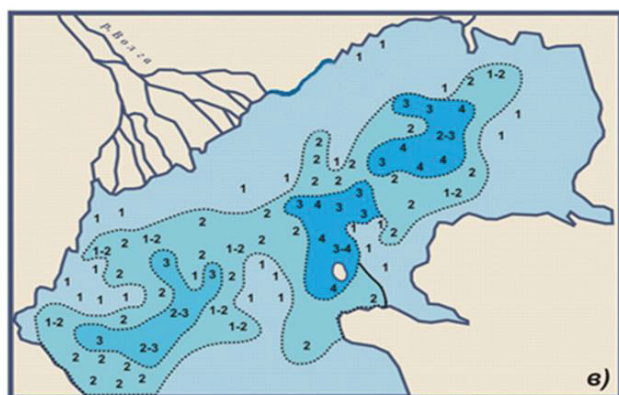
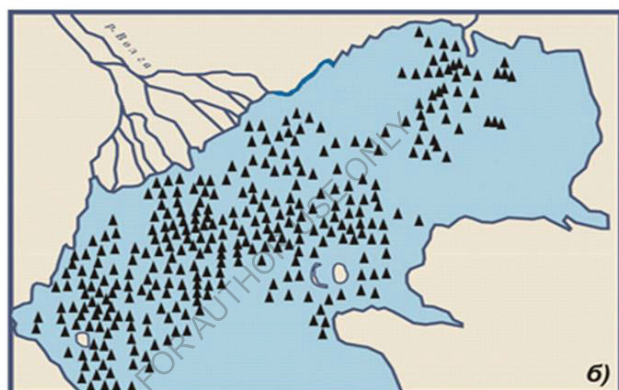
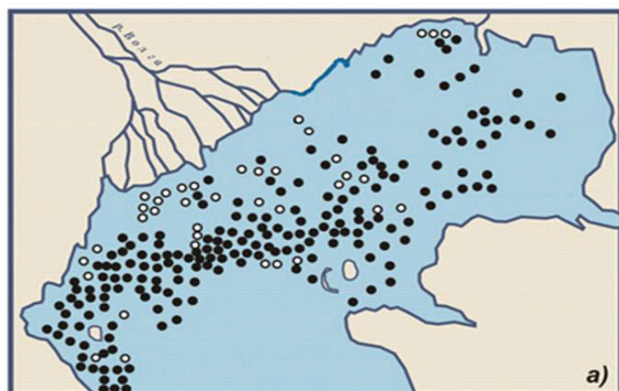


Рис. 49. Схемы расположения стамух (а), гряд торосов (б) и торосистости льдов (в) на Северном Каспии в суровые зимы зап период 1940-1949 гг.



Рис. 50. Схемы расположения стамух, гряд торосов и и торосистости льдов (а), гряд торосов (б) и торосистости льдов (в) на Северном Каспии в умеренные и мягкие зимы за период 1940-1959 гг.

Примечание: Суровых зим за этот период не было.

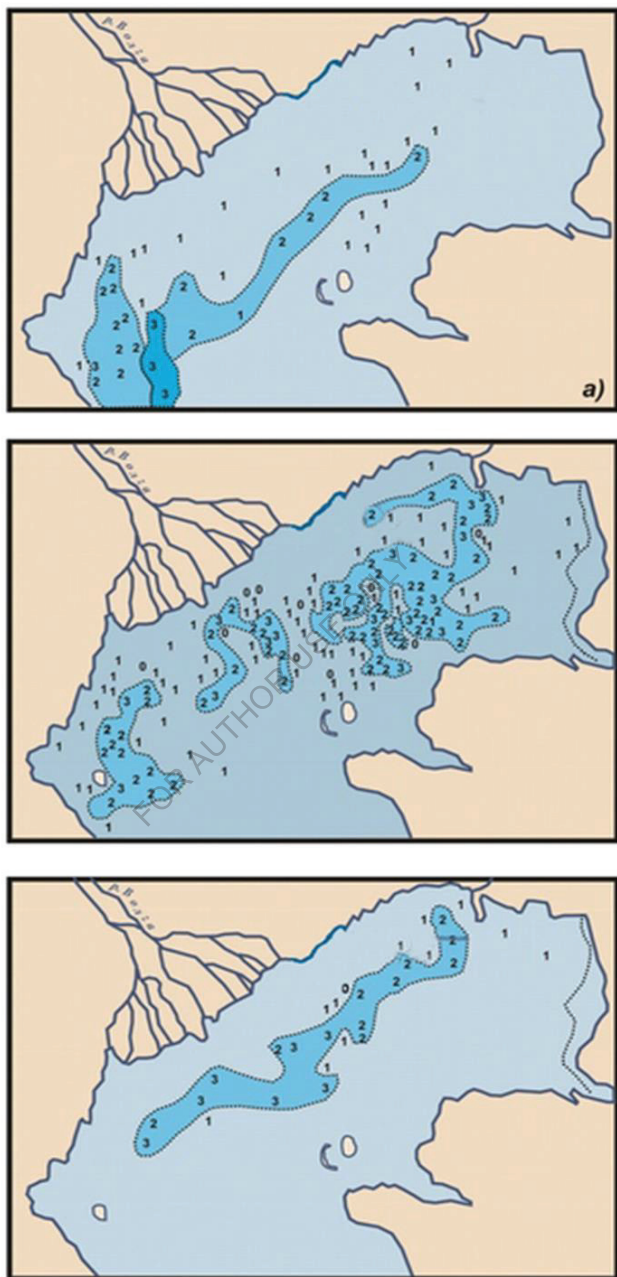


Рис. 51. Торосистость льдов на Северном Каспии (в баллах) в суровые (а), умеренные (б) и мягкие (в) зимы за период 1959-1974 гг.

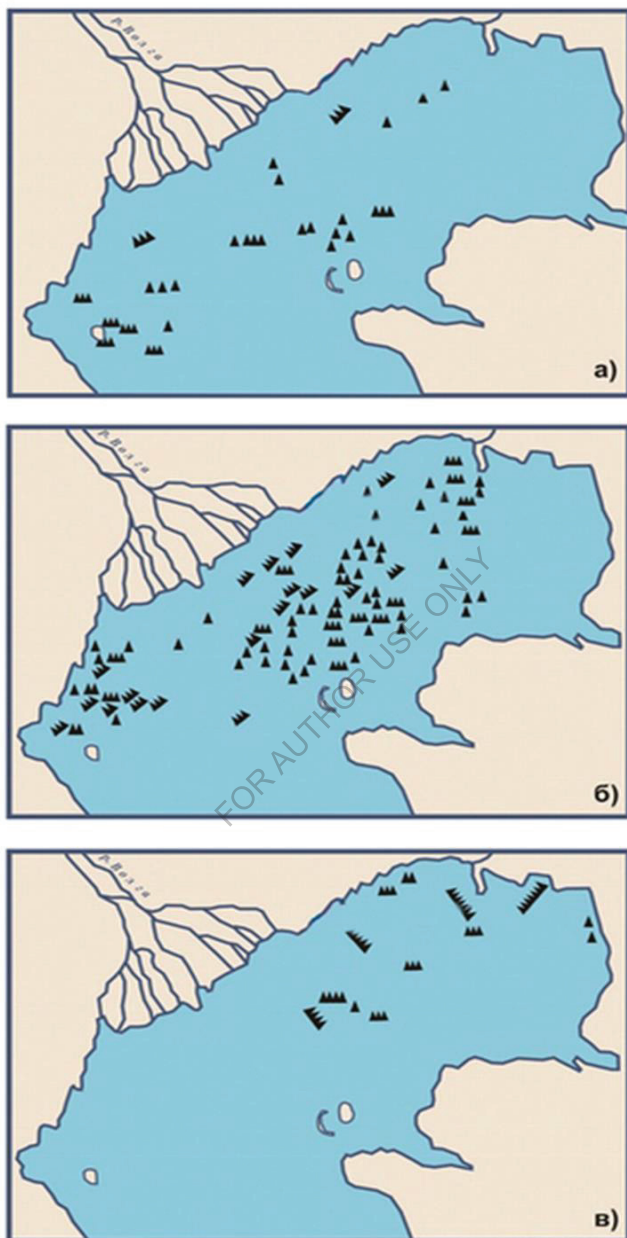


Рис. 52. Схемы расположения торосов и гряд торосов на Северном Каспии в суровые (а), умеренные (б) и мягкие (в) зимы за период 1959-1974 гг.

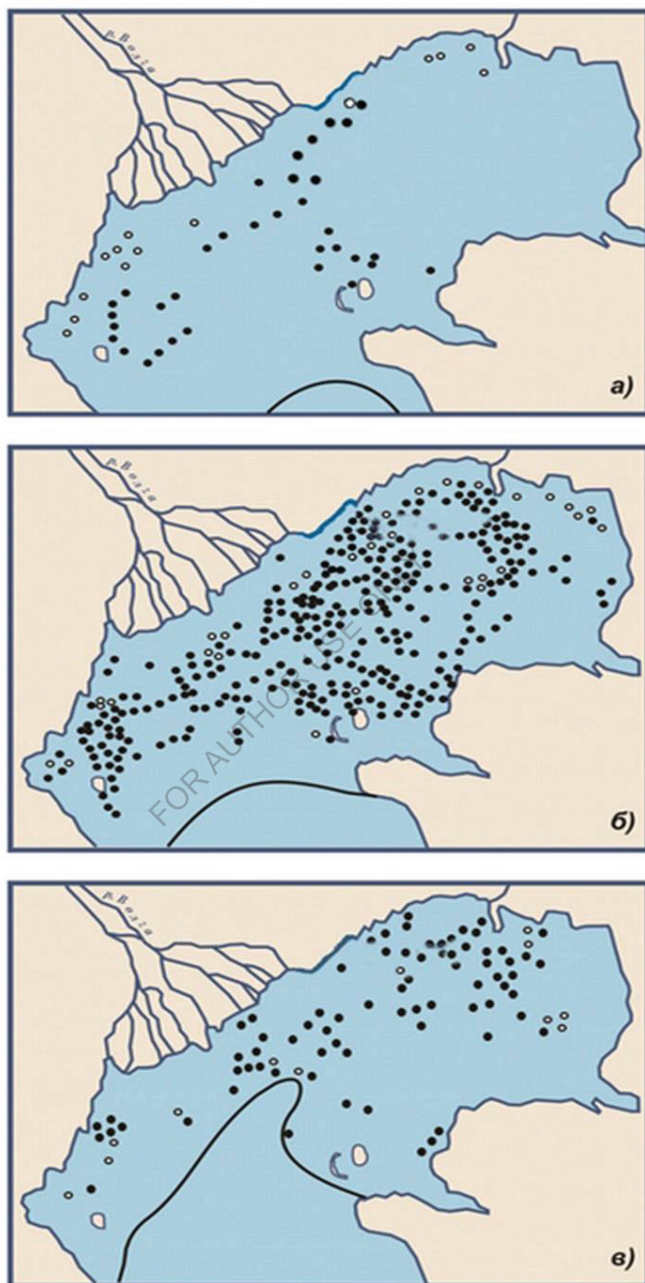


Рис. 53. Схемы расположения торосов и гряд торосов, а также стамух в умеренные зимы за период 1959-1974 гг.

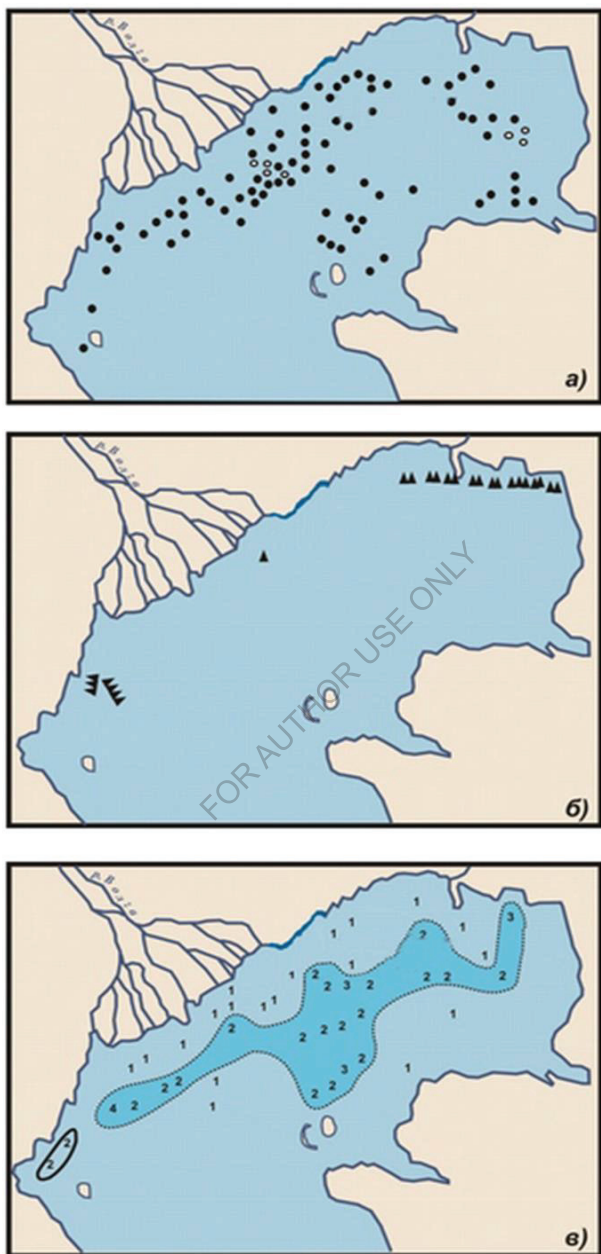


Рис. 54. Схемы расположения стамух (а), гряд торосов (б) и торосистости льда (в) на Северном Каспии и мягкую зиму 1974/1975 гг.

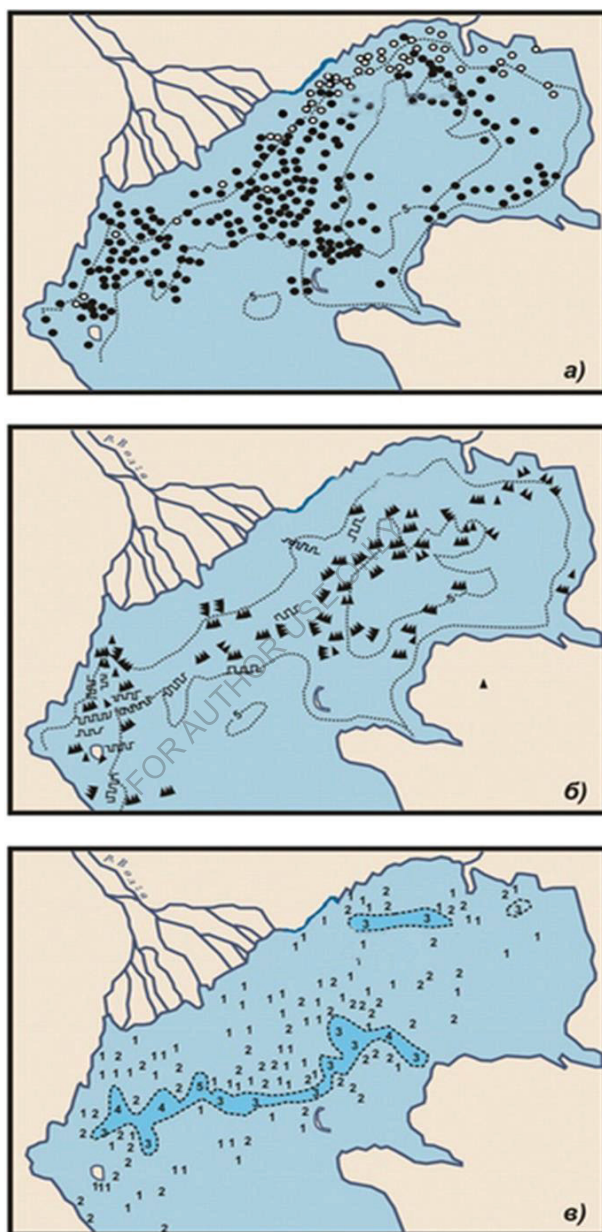


Рис. 55. Схемы расположения стамух (а), гряд торосов (б) и торосистости льда (в) на Северном Каспии в умеренные зимы за период 1975-1980 гг.

Особенно существенно изменилась торосистость ледяного покрова. Вне зоны повышенной торосистости в годы с низкими уровнями она возросла с 0-1 до 2 баллов, а внутри этой зоны с 2-3 до 5 баллов. Это самая высокая торосистость за весь период наблюдений. Сама эта зона значительно сместилась к югу, и прослеживается в виде полосы шириной 10-30 км в направлении от Астраханского морского рейда к банке Ракушечной по 3-5 метровым изобатам. Отмечено резкое возрастание числа небольших стамух осеннего происхождения на мелководьях вдоль северного и восточного побережий и образование особенно мощных стамух зимнего происхождения (рис. 56).



Рис. 56. Гигантская кольцевая стамуха зимнего происхождения.

Выводы автора (Бухарин, 1984) о влиянии объемных колебаний уровня на процессы торошения льдов Северного Каспия полностью подтверждаются многолетними материалами ледовых разведок, полевых исследований, а в последующие годы и спутниковыми данными.

Так, общее повышение уровня моря с 1977г. до 1996 года составило около 2,5 м, а преобладающая торосистость льдов Северного Каспия уменьшилась с 3 до 1-2 баллов, максимальная также снизилась с 5 до 3 баллов.

Таким образом, влияние изменений уровня моря на величину торосистости льдов доказано материалами многолетних наблюдений. Неучет их при анализе длинного статистического ряда наблюдений приводит к завышению (или наоборот, занижению) максимальных величин торосистости льда за весь период. Так, например, согласно справочным (опубликованным) данным, максимальная торосистость льдов Северного Каспия за период 1959-1980 гг. составляет 5 баллов (без учета влияния колебаний уровня моря). Фактически же она составила 2-3 балла в период 1959-1974 гг. и возросла до 4-5 баллов в 1974-1980 гг. Все приведенные схемы торосистости льдов, положения торосов и их гряд, а также стамух

в зависимости от типа зим и положения уровня Каспийского моря были составлены автором путем обработки, обобщения и классификации всех материалов ледовых авиаразведок, выполненных на Северном Каспии за период с 1927 по 1991гг. (всего 1284 авиаразведки). Следует отметить, что в тот период не было компьютеров, и все цифровые данные, карты и текстовые материалы (т.н. легенды к картам) обрабатывались вручную.

Регулярных наблюдений за высотой торосов на Северном Каспии не проводилось. Имеется небольшое количество данных из различных источников (сообщения с тюленебойных судов, попутные наблюдения на ледовых профилях, во время работ на льду, и др.).

На основании полученных данных об особенностях процессов торошения, а также в связи с требованиями морских отраслей народного хозяйства, на акватории Северного Каспия были выделены районы, для которых разработаны методики специализированных прогнозов максимальной торосистости льдов в зависимости от уровня моря вида $T = (H) + T = (H, V)$, где T - торосистость льда в баллах; H - уровень моря, м. абс.; V - скорость ветра, м/с. (рис. 57,58,59). Подобные методики ранее не разрабатывались (Бухарицин, 1984, 1986,1988, 1990).

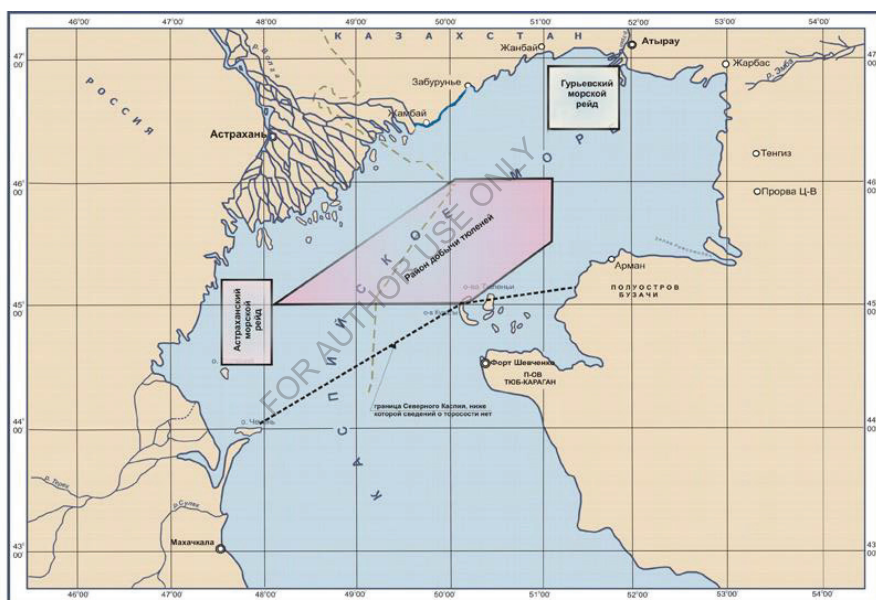


Рис. 57. Схема районов Северного Каспия.

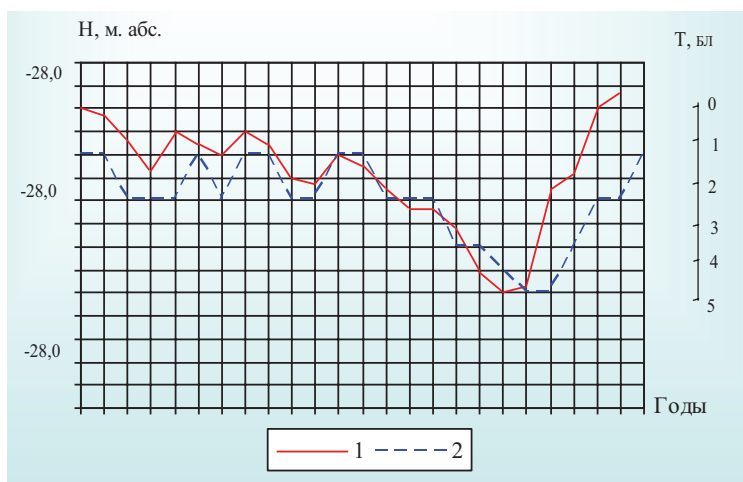


Рис. 58. Хронология торосистости льда (2) и уровня Каспийского моря (1).

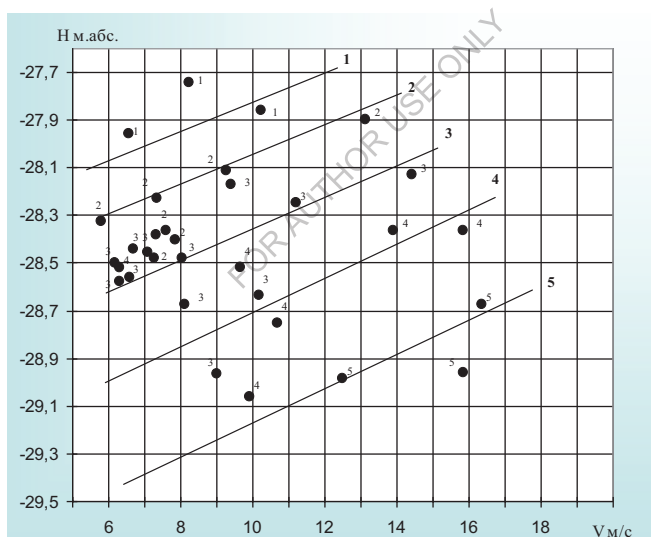


Рис. 59. Северный Каспий. Зависимость торосистости льда (Т бл) от скорости ветра (V м/с) и уровня моря (Н м/абс.). Цифрами обозначена торосистость льда в баллах

В настоящее время процесс понижения уровня Каспийского моря, начавшийся в 1998 г, продолжается, следовательно, стоит ожидать усиления процессов торосения и увеличения торосистости морских льдов в мелководной части Северного Каспия.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ

1. Бухарицин П.И. Использование телевизионных снимков ИСЗ «Метеор» для изучения ледовой обстановки на Северном Каспии. - Труды ГМЦ СССР, вып.255, 1983.
2. Бухарицин П.И. Особенности процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря. – Водные ресурсы, N6, 1984.
3. Бухарицин П.И. Расчет и прогноз толщины наслоенного льда в судоходных районах северо-западной части Каспийского моря. - Метеорология и гидрология, N4, 1986.
4. Бухарицин П.И. Сезонный прогноз торосистости льдов Северного Каспия. Труды ГМЦ СССР, вып.292, 1988.
5. Бухарицин П.И., Васянин М.Ф., Калининченко Л.А. Метод краткосрочного прогноза положения кромки сплоченных льдов на Северном Каспии. - Метеорология и гидрология, N4, 1992.
6. Бухарицин П.И. Метод расчета и прогноза толщины наслоенного льда в открытых районах Северного Каспия. - Водные ресурсы, N5, 1992.
7. Бухарицин П.И. (в составе авторского коллектива) Монография по проекту «Моря», том У1 Каспийское море, вып.1, гидрометеорологические условия, разделы: 1.1; 8.4.3; 8.4.4; 10.3.1; 14.1; 14.2. Санкт-Петербург, Гидрометеониздат, 1992.
8. Бухарицин П.И. Опасные гидрологические явления на Северном Каспии. – Водные ресурсы, том 21, N4, 1994.
9. Bukharitsin P. Marine floods in the Caspian sea's northers part. Материалы международной конференции PIEMS (Ница, 1995).
10. Бухарицин П.И. Гидрологические процессы в Северном Каспии в зимний период. – Диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук, М, 1996.
11. Веселова Л.Е. Ледяной покров Каспийского моря, условия его образования и развития. – Труды ГОИН, вып. 24, 1956.
12. Валлер Ф.И., Егоров И.Г. О преобладающем переносе вод Северного Каспия в навигационный и ледовый периоды. – Труды Астраханской ЗГМО, вып. 2, 1980.
13. Валлер Ф.И. Прочность ледяного покрова Северного Каспия. – Труды Астраханской ЗГМО, вып. 2, 1980.
14. Валлер Ф.И. Некоторые черты ледового режима северной части Каспийского моря. Сборник работ Астраханской ГМО, вып. I, 1970.
15. Валлер Ф.И. Альbedo льда Северного Каспия. Сборник работ Астраханской ГМО, вып. I, 1970.
16. Герштанский Н.Д. О затоплении западного берега Северного Каспия при нагонах. – Труды Астраханской ЗГМО, вып. 2, 1980.
17. Горский Н.Н. Гидрологический режим Северного Каспия. - Исследование морей СССР, вып. 24, 1936.
18. Егоров И.Г. Некоторые особенности водообмена между западной и восточной частями Северного Каспия. – Биологические ресурсы Каспийского моря. Астрахань, 1972.
19. Егоров И.Г., Зубрилкин Е.И., Русаков Г.В. Авиационные гидрометеорологические наблюдения на Северном Каспии и в устьевых областях Волги и Урала. – Труды Астраханской ЗГМО, вып. 2, 1980.
20. Кошечкин Б.И. Следы деятельности подвижных льдов на поверхности дна мелководных участков Северного Каспия. – Труды лаборатории аэрометодов, том У1, М-Л, 1958.
21. Кошинский С.Д., Рыжкова Л.М. Условия наводнения в Северо-Западном Каспии (10-13 ноября 1952 г.). Труды ЗапСибНИИ, вып. 50, 1981.
22. Косарев А.Н. и др., О связи гидрологических условий с ледовой обстановкой в Северном Каспии в феврале 1971г. – Исследования южных морей СССР, М., 1973.
23. Косарев А.Н. Гидрология Каспийского и Аральского морей. М., 1975.
24. Скриптунов Н.А. Гидрология предустьевых взморья Волги, Л., 1958.

25. Скриптунов Н.А. Некоторые черты ледового режима устьевого взморья Волги. Труды ГОИН, вып. 49, 1960.
26. Ангелопуло П.П. Состояние изученности процессов заторообразования. — Труды ЛГМИ, 1969, вып. 36.
27. Барабаш А.К. Осенние заторы льда на Нижней Волге и в ее дельте. — Труды Гидрометцентра СССР, 1974, вып. 117.
28. Барабаш А.К. Влияние Волгоградского водохранилища на сроки появления льда и продолжительность ледохода на р. Волге ниже Волгограда и в ее дельте. — Труды IV Всес. гидрол. съезда, т. 7, Л., - Гидрометеиздат, 1976.
29. Генкин З.А., Шмелева Л.А. Разработка рекомендаций по предупреждению и борьбе с заторами и зажорами льда на р. Амударье. — В сб.: Научные исслед. по гидротехн. в 1969 г., т. 2, Энергия, 1971.
30. Горюнов П.В., Пержинский В.В. Ледово-термический режим нижней Волги после сооружения Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС и образования Волгоградского водохранилища. — Метеорология и гидрология, 1967, № 7.
31. Донченко Р.В. Закономерности формирования зажоров льда в нижних бьефах ГЭС. — Труды ГГИ, 1974, вып. 219.
32. Донченко Р.В., Баюсова М.И. Оценка изменения условий формирования зажоров в нижнем бьефе Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС. — Труды ГГИ, 1973, вып. 201.
33. Донченко Р.В., Филиппов А.М. и др. Исследования и расчеты интенсивности шугообразования и зажорных явлений на зарегулированных участках рек. — Труды IV Всес. гидролог. съезда, т. 6, Л., Гидрометеиздат, 1976.
34. Доценко Р. В. Условия образования заторов льда в нижних бьефах. — Труды ГГИ, 1975, вып. 227.
35. Карпович В.Н. Прогноз максимальных уровней воды при заторах льда на р. Днестре и городов Могилев-Подольский и Сороки. — Труды Гидрометцентра СССР, 1975, вып. 140.
36. Лебедев В.В., Медрес П.Л. Зажоры на Неве. — В сб. работ Ленингр. гид-рометеорол. обсерв., 1966, вып. 3.
37. Лурье П.М. О зажорах на р. Амударье и вызванном ими небывалом подъеме уровня воды в январе 1969 г. — Сб. работ Ашхабад, гидрометеорол. обсерв., 1971, вып. 6.
38. Нежиховский Р.А., Ардашева Г.В. Расчет максимальных зажорных уровней р. Невы. — Труды ГГИ, 1970.
39. Нежиховский Р.А., Ардашева Г.В., Саковская Н.П. Прогнозы максимальных заторных уровней воды р. Днестра на участке г. Могилев-Подольский — г. Дурбоссары. — Труды ГГИ, 1974, вып. 218.
40. Нежиховский Р.А. Типы замерзания рек и типы зажоров льда. — Метеорология и гидрология, 1974, № 2.
41. Нежиховский Р.А., Саковская Н.П. Прогноз максимального заторного уровня воды р. Северной Двины у Архангельска. — Труды ГГИ, 1972, выи. 197.
42. Нежиховский Р.А., Саковская Н.П., Ардашева Г.В. Прогнозы максимальных заторных уровней воды в местах ежегодного образования заторов. — Труды IV Всес. гидролог. съезда, т. 7, Л., Гидро-метеиздат, 1976.
43. Нежиховский Р.А., Саковская Н.П. Прогнозы максимальных заторных уровней воды рек Северной Двины и Немана. — Труды ГГИ, 1975, вып. 227.
44. Нежиховский Р.А., Бузин В.А. Условия образования и прогнозы заторов льда на реках. — Метеорология и гидрология, 1977, № 5.
45. Пержинский В.В. Зажорные явления на Волге у Черного Яра. — Метеорология и гидрология, 1970, № 8.
46. Пержинский В.В. Затор льда у г. Волгограда в зимний период 1966— 1967 гг.— В сб. работ Волгогр. гидрометеорол. обсерв., 1970, вып. 1.

47. Устинов Г. Зажоры на р. Нижний Выг в районе Беломорска. — Труды координац. совещаний по гидротехн., 1970, вып. 56.
48. Филиппов А. М. Экспериментальные исследования динамики образования заторов льда в нижних бьефах ГЭС. — Труды ГТИ, 1975, вып. 227.
49. Чижов А.Н., Дерюгин А.Г., Лазаревская В.И. и др. Условия образования заторов льда на р. Днестре. — Труды ГТИ, 1975, вып. 201.
50. Щербак А.В., Солоненко Л.И. Условия формирования заторно-зажорных явлений в низовьях р. Дуная. — Труды УкрНИГМИ, 1972, вып. 116.
51. Афанасьев В. П. Оценка толщины напластованного льда. — Метеорология и гидрология, 1979, № 10.
52. Бетин В.В. Расчет главных элементов ледяного покрова Балтийского моря. — Сборник работ Ленинградской ГМО, вып. 11, Л., 1963.
53. Валлер Ф.И. Некоторые черты ледового режима северной части Каспийского моря. — Сборник работ Астраханской ГМО, вып. 1, Ростов-на-Дону, 1970.
54. Валлер Ф.И. Ледовые условия на севере Каспийского моря в очень суровую зиму 1968/69 г. — В кн.: Исследования льдов южных морей СССР. М., Наука, 1973.
55. Киселев А.А. Исследование интенсивности нарастания толщины ледяного покрова в условиях температурных волн. — Труды ГТИ, 1978, вып. 248.
56. Лукьянова Л.В. Льды Каспийского моря и их физико-механические свойства: Автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. географ. наук. — Баку, 1964.
57. Наставление по службе прогнозов. Служба морских гидрологических прогнозов. Раздел 3, ч. 3. — Л., Гидрометеиздат, 1982.
58. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 9. ч. 1. — Л., Гидрометеиздат, 1984.
59. Соловьев Д.В. Некоторые особенности ледообразования на Каспийском море и синоптические процессы, их обуславливающие. — В кн.: Исследования льдов южных морей СССР, М., Наука, 1973.
60. Parmerter R., Reid A. A model of simple rafting in sea ice. — J. Geophys Res., 1975, vol. 80, No. 15.
61. Атлас льдов Каспийского моря. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 78 с.
62. Бухарицин П.И. Особенности процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря//Вод. ресурсы. 1984. № 6. С. 115—123.
63. Бухарицин П.И. Расчет и прогноз толщины наслоенного льда в судоходных районах северо-западной части Каспийского моря//Метеорология и гидрология. 1986. № 4. С. 87—93.
64. Валлер Ф.И. Некоторые черты ледяного режима северной части Каспийского моря//Сборник работ Астраханской ГМО. Вып. 1. Ростов н/Д, 1970. С. 112—131.
65. Лукьянова Л.В. Некоторые данные о свойствах льда Каспийского моря //Тр. ТбилНИГМИ. 1961. Вып. 9. С. 192—195.
66. Наставление по службе прогнозов. Служба морских гидрологических прогнозов. Ч. III. Раздел 3., Л.: Гидрометеиздат, 1982. 143 с.
67. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Ч. I. Вып. 9. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 311 с.
68. Соловьев Д.В. Некоторые особенности ледообразования на Каспийском море и синоптические процессы, их обуславливающие//Исследования льдов южных морей СССР. М.: Наука, 1973. С. 52—56.
69. Тютнев Я.А. О тяжелых ледовых условиях на Черном, Азовском и Каспийском морях зимой 1971/72 г.//Тр. ГМЦ СССР. 1975. Вып. 119. С. 47—53.
70. Атлас льдов Каспийского моря. — Л., Гидрометеиздат, 1961.
71. Бенашвили И.А. Методика ледовых прогнозов для Каспийского моря. — Вопросы морских гидропрогнозов, 1941, вып. 1.

72. Бухарицин П.И. Использование телевизионных, снимков ИСЗ "Метеор" для изучения ледовой обстановки на Северном Каспии. – Труды Гидрометцентра СССР, 1983, вып. 255.
73. Бухарицин П.И. Особенности процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря. — Водные ресурсы, 1984, № 6.
74. Валлер Ф.И. Некоторые черты ледового режима северной части Каспийского моря. — В сборнике работ АЗГМО, Ростов-на-Дону. 1970, вып. 1.
75. Веселова Л.Б. Ледяной покров Каспийского моря, условия его образования и развития. — Труды ГОИН, 1956, вып. 24.
76. Каракаш В.С. Об изменчивости ледовитости и положения кромки льда на Каспийском море. – Труды ГОИН, 1960, вып. 54.
77. Каракаш В.С. Об изменчивости положения кромки льда в Северном Каспии и возможности ее предсказания. — Труды ГОИН, 1964, вып. 76.
78. Каракаш А.И. Ледовые прогнозы на неарктических морях. — Морские прогнозы и расчеты (материалы Всесоюзного совещания, ноябрь 1963 г.). Труды ЦИП, 1965, вып. 142.
79. Каракаш А.И. Ледовые прогнозы на неарктических морях СССР. – Труды Гидрометцентра СССР, 1969, вып. 51.
80. Прогноз крупных аномалий ледовитости неарктических морей. — Труды Гидрометцентра СССР, 1975, вып. 161.
81. Каракаш А.И., Короб М.И. О прогнозе ледовитости неарктических морей СССР. – Труды Гидрометцентра СССР, 1988, вып. 292.
82. Бушуев А.В., Волков Н.А. Метеорологические искусственные спутники Земли как средство наблюдения за льдами. – Проблемы Арктики и Антарктики, 1970, вып. 33, с. 5—12.
83. Колдыбаев О., Саликова Д.Х. Опыт использования данных метеорологических спутников Земли для изучения ледовой обстановки на Аральском море—Труды ГГИ, 1976, вып. 237, с. 57—60.
84. Темников С.Н. О возможности использования спутниковых фотографий при картировании снежного и ледяного покрова. – Океанология, 1973, № 3, с. 517-523.
85. Архипова Е.Г., Любанский В.А., Резникова Л.П. Основные особенности температурного режима Каспийского моря и его районов. - Труды ГОИН, 1958, вып.43, с.53-100.
86. Архипова Е.Г. Возможные изменения термического режима Каспийского моря в связи с понижением его уровня. - Труды Океанографической комиссии АН СССР, 1959, т.5. с.79-85.
87. Бухарицин П.И. Некоторые черты процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря. - Водные ресурсы, 1984, № 6, с.115-123.
88. Валлер Ф.И. Ледовые условия на севере Каспийского моря в очень суровую зиму 1968-69 г. - В кн.: Исследования льдов южных морей СССР. - М.: Наука, 1973, с. 18-28.
89. Гюль К.К. Состояние изученности ледового режима Каспийского моря и перспективы его дальнейшего изучения. - В кн.: Исследования льдов южных морей СССР. - М.: Наука, 1973, с. 7-17.
90. Наставление по службе прогнозов. Служба морских гидрологических прогнозов, 1982, раздел 3, ч.Ш, - 143с.

ПРИЛОЖЕНИЕ К РАЗДЕЛУ

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ТОЛЩИНОЙ ЛЬДА ВЫСОТОЙ ТОРОСОВ И ТОРОСИСТОСТЬЮ ЛЬДОВ ПО ПОСТАМ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Максимальные толщины ровного льда естественного нарастания на Северном Каспии наблюдаются в январе-феврале и даже в очень суровые зимы, как правило, не превышает 60 см в северо-западной части моря и 90 см в северо-восточной (табл.15-32).

Таблица 15.

Абсолютные максимумы толщины ровного, ненаслоенного льда естественного (термического) нарастания по пунктам дельты Волги и Северного Каспия, см.

Пункт наблюдений	Декабрь			Январь			Февраль			Март	
	1-я дека да	2-я дека да	3-я дека да	1-я дека да	2-я дека да	3-я дека да	1-я дека да	2-я дека да	3-я дека да	1-я дека да	2-я дека да
Астрахань	32	42	46	49	47	52	60	64	64	62	60
Икряное	19	37	40	41	44	55	66	71	71	67	63
Оля	19	27	29	32	35	45	52	55	55	46	35
о.Искусственный	15	20	21	28	38	49	52	55	55	47	36
о.Тюлений	20	20	20	20	40	45	50	52	50	50	43
о.Чистая Банка	17	22	26	28	42	56	69	70	68	67	59
о.Укатный	28	36	43	46	47	53	53	54	56	60	60
о.З.В Шалыга	35	47	58	61	64	64	64	64	70	74	72
о.Б. Пешной	35	41	60	75	64	72	75	78	75	70	69
Жилая Коса	25	45	60	66	70	73	83	86	88	90	89
о.Кулалы	16	23	26	29	34	46	46	55	56	57	54

Таблица 16.

Толщина ровного припая.

Толщина ровного припая, см. Пункт о. Большой Пешной. Период 1929-1950гг. Расстояние от берега 200-400м, глубина 0,4-0,1м.																		
Месяц	ноябрь			декабрь			январь			февраль			март			апрель		
Декада	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Средняя							36	42	47	52	51	52	48					
Максимальная	0	16	25	35	41	60	75	64	72	75	78	75	70	69	63			
минимальная	0	0	0	0	6	12	19	20	25	25	12	6	12	25	9			
Абсолютный максимум 78см 15.02.1947г.																		

Таблица 17.

Торосистость припая.

Торосистость припая, балы. Пункт о. Большой Пешной. Период 1949-1953гг.						
Месяц	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель
Средняя	1	1	1	1	1	
Максимальная	2	2	2	2	3	
минимальная	0	0	0	0	0	
По высоте торосов сведений нет						

Таблица 18.

Толщина ровного припая. Период наблюдений 1929-1938гг

Толщина ровного припая, см Пункт Жилая коса. Период наблюдений 1929-1938гг. Расстояние от станции 3-4м на ЗЮЗ. Глубина 0,3-1м.																		
Месяц	ноябрь			декабрь			январь			Февраль			март			апрель		
Дата	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
минимальная	0	0	0	0	15	21	31	31	38	40	42	46	48	48	45	0		
максимальная	0	10	17	25	45	60	66	70	73	83	86	88	90	89	86	70		
Абсолютный максимум 90см 08.03.1930г.																		

Таблица 19.

Толщина ровного припая. Период наблюдений 1955-1964гг.

Толщина ровного припая, см. Пункт о. ЗВ Шалыга. Период наблюдений 1955-1964гг. Расстояние 300м от берега на запад. Глубина 1м.																		
Месяц	ноябрь			декабрь			январь			февраль			март			апрель		
Дата	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
минимальная	0	0	3	0	0	0	7	23	26	28	35	32	27	38	0	0	0	0
максимальная		2	23	35	47	58	61	64	64	63	64	70	74	72	64	58		
Абсолютный максимум 74см 05.03.1956г.																		

Таблица 20.

Толщина ровного припая. Период наблюдений 1939-1957гг.

Толщина ровного припая, см Кулалы (бухта), расстояние от берега 100-200м на ВЮВ, глубина 1-1,5м. (1939-1957гг.)																		
Месяцы	ноябрь			декабрь			январь			февраль			март			апрель		
Средняя							22	26	29	30	35							

минимальная	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
максимальная	2	10	15	26	23	27	30	38	50	47	53	59	50	45	45	0	0	0
Абсолютный максимум 57см 03.03.1942г.																		

Таблица 21.

Толщина ровного припая. Период наблюдений 1939-1969гг.

Толщина ровного припая, см Пункт о. Кулалы (море). Период наблюдений 1939-1969гг. Расстояние от берега 100-200м на запад, глубина 0,5-1м.																		
Месяц	ноябрь			декабрь			январь			февраль			март			апрель		
минимальная	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
максимальная	0	0	11	16	23	26	29	34	48	46	55	56	57	54	45	0	0	0
Абсолютный максимум 57 см. 05.03.1951 г.																		

Таблица 22.

Толщина ровного и наслоенного льда в открытых районах Северного Каспия.

Толщина ровного и наслоенного льда в открытых районах Северного Каспия*						
Район моря	Тип зимы	дата	Н _р , см (естественное нарастание)	Н _н , см (наслоенный)	Количество льда	Источник информации
46 42 46 44	Нормальная	07.02.34	10 – 40	58	Несколько	Экспедиция ВНИРО под руководством Н. Горского (на лошадях)
46 08 50 29	Нормальная	12.02.34	10 – 40	45	Несколько	____//____
45 45 50 57	Нормальная	14.02.34	10 – 40	45	несколько	____//____
45 24 51 17	Нормальная	27.02.34	10 – 40	50	несколько	____//____
47 00 51 43	Нормальная	08.03.34	10 – 40	61	несколько	____///____
Восточнее Кулалинской банки	Очень суровая	21.02.50	51 – 62	100 – 120	несколько	Профильные наблюдения Гидрометслужбы
Юго-западная часть Гурьевской бороздины (45 30 50 48)	Мягкая	02.03.52	14 – 28	92 – 180	несколько	Ледокол «Серго Орджоникидзе»
Северная часть моря	Нормальная	Февраль 1960	18 – 29	62	несколько	Лукиянова Л. В. (1961г)

Юго-западнее о. ЗВ Шалыга	Суровая	26.02.56	62	120	Два	Профильные наблюдения Гидрометслужбы
Кв. 379	Очень суровая	12.02.69	83	300	несколько	Т/х «Галактика»
Кв. 406	Очень уровая	21.03.69	38 – 75	300	Много	Л/к «Ратмир»
Кв. 301	Мягкая	30.01.70	8 – 22	30	Несколько	Т/х «Галактика»
Кв. 259	Мягкая	01.02.70	12 – 18	30 – 43	Несколько	Т/х «Галактика»
Средняя часть Гурьевской бороздины	Нормальная	Февраль- март 1989	15 - 25	45	несколько	Т/х Тюлень 1, Тюлень 10

Таблица 23.

Торосистость льда. Период наблюдений 1949-1965гг.

Торосистость льда, баллы. Пункт о. Кулалы (море). Период наблюдений 1949-1965гг.						
Месяцы	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель
<i>Припай</i>						
Средняя	1	1	2	3	3	
минимальная	0	0	0	0	0	
максимальная	5	5	5	5	5	
<i>Плавучий лёд</i>						
максимальная	0	5	5	5	5	
Высота торосов не измерялась						

Таблица 24.

Торосистость льда.

Торосистость льда. Кулалы (бухта). 1949-1957гг.						
Месяцы	ноябрь	декабрь	Январь	февраль	март	апрель
<i>Припай</i>						
Средняя	0,9	2,9	2,9	2,0	2,0	0
минимальная	0	0	1	0	0	0
Максимальная	2	5	5	5	5	0
<i>Плавучий лёд</i>						
Средняя	0	1,5	0	0	0	0,5
минимальная	0	0	0	0	0	0
Максимальная	0	2	0	0	0	2
Высота торосов не измерялась						

Материалы ледовых наблюдений в период с 07.02 по 24.03.1969г.

Материалы ледовых наблюдений в восточной части Северного Каспия во время тюленебойной экспедиции на т/х «Галактика» в период с 07.02 по 24.03.1969г. Наблюдатель Лебедин О.З.			
дата	квадрат	глубина	Характеристика ледяного покрова
09.02.69	434		Судно находится в дрейфующих льдах, ветер северный 4-5 баллов, температура – 20°. Наблюдается сильное парение моря. Видимость 0.
10.02.69	Банка Кулалинская (у кромки льда)		Сильное парение моря. Температура – 20°, ветер северный 4 – 5 баллов, видимость 0.
12.02.69	379	12-13	Интенсивная подвижка льда. Лед битый, тяжелый, сильно сплочен, торосистый. Лыдины налегают друг на друга. Дрейф на запад (к.к. 225°). Ветер усилился до 10–11 баллов. Лед под кормой разорвало, Дрейф усилился. Температура – 10°. На льду и судне слой пыли и песка. Пыльная буря.
13.02.69	379		Лед крутит. Судно сильно жмет льдом. Ветер восточный 10 баллов, температура – 10°.
14.02.69	406	12	Ветер 7 – 8 баллов, к утру стих до 4 – 5 баллов, температура – 13°. В результате сжатия судно подняло на 1м.
19.02.69	406		Подвижка льда. Невдалеке от судна образовалась небольшая стамуха. Ветер восточный 8 – 9 баллов, до 10 баллов. Лед вокруг судна тяжелый, торосистый.
07.03.69	406		Судно при обкалывании село на 1м. на воду опустить не удалось, т.к. лед набило почти до дна.
09.03.69	406	6,5	Наблюдается дрейф льда, образование стамух, разводий. Ветер слабый западный. Толщина набивного льда 1–1,1м.
12.03.69	406		Появившиеся ранее разводья закрылись. Ветер северо-западный 1-2 балла, перешел к 14.00 на восточный 4 – 6 баллов. К 19.00 образовалась стамуха.
21.03.69	406		Судно стоит в дрейфующем льду. Дрейф льда на юг. Ветер северо-западный 6-7 баллов, температура -2°. Лед тяжелый, насованный, толщиной до 3м, у стамухи ледяные края откалываются, лед падает в воду.

Примечание:

1. Застраивший т/х «Галактика» находился в дрейфующих льдах в кв. 406 в период с 14. 02.до 23.03.1969г.
- 2 Глубина во время дрейфа менялась под судном от 6,5 до 17м.
3. Стамухи образовывались на глубинах до 9-10м (максимальная глубина, на которой было отмечено образование стамухи, составила 12м, при этом надводная высота стамух составляла 5-6м).
4. Весь тюленебойный флот во время интенсивных подвижек льда был выжат льдом на высоту 1-1,5м.
5. На м/р - 3 гребной винт оказался наружи. Многие суда получили пробойны.
6. Во время пыльной бури лед и суда были покрыты слоем песка и пыли, хотя до ближайшей суши (о. Кулалы) было более 40км.
7. До начала подвижек лед в районе дрейфа судна был ровный, малоторосистый, толщиной 50-70см, часто более метра. После подвижек, в местах подсосов льда, толщина набивного льда достигла дна, а на больших глубинах достигла толщины 10м.

Таблица 26.

Материалы ледовых наблюдений в период с 29.01. по 04.03.1970г.

Материалы ледовых наблюдений в восточной части Северного Каспия во время тюленебойной экспедиции на т/х «Галактика» в период с 29.01. по 04.03.1970 г. Наблюдатель Бухонов Ю.В.			
дата	квадрат	глубина, м	Характеристика ледяного покрова
29.01.70	45 10 49 52	3,8	Торосистость льда 2 балла, гряды торосов на востоке, юго-востоке. Толщина льда в торосах 22см, высота торосов м.
	45 12 49 56		Торосистость льда 3 балла, высота торосов 1,5м, толщина льдин в торосах 13-23см.
30.01.70	45 05 49 20	3,5	Гряды стамух высотой 5-7м, шириной 3-4м, толщина льдин 5-15см.
31.01.70	45 17 49 45		Торосистость 5 баллов (ропаки), толщина льдин 6 см, заснеженность 3 балла. Торосы старые.
	45 10 49 38		Торосистость 1 балл, высота торосов 30-50см, толщина льдин 5-15см, заснеженность 2 балла.
01.02.70	кв.259		2 рыбницы зажаты льдом толщиной до 43см, заснеженность 3 балла, лед набивной, торосистость 3 балла, торосы в виде ропаков. «Галактика» проходит во льду с разгона, с полного хода по 7-8м за 1 раз. После прохода судна канал во льду сразу закрывается, следом не успевает пройти рыбница. Закрываясь, канал образует торосы и подсовы.
03.02.70	25 км к северу от о. Кулалы		Лед загрязненный 1 балл, торосистость 1 балл в виде ропаков и подсосвов. Подсовы в несколько слоев общей толщиной 20-25см.
	45 17 49 58	3,5	Стамуха высотой 10-12м состоит из мелкобитого льда толщиной до 35см. Стамуха не заснеженная, молодая. К востоку 3-4км еще 2 такие же стамухи.
	45 19 50 02		Стамуха высотой 8м, свежая. Интенсивная подвижка льда на запад, ветер восточный.
05.02.70	45 10 49 42		Лед торосистый 5 баллов, мелкобитый, толщиной до 30см, высота торосов 1,5м. Торосы старые, заснеженные. На льду вода, лед пропитан водой.
10.02.70	45 00 49 35	3,0	Стамуха высотой 15м из кусков льда толщиной 40-45см.
11.02.70	45 11 49 42		Торосистый лед 2-3 балла, беспорядочная торосистость, ропаки, подсовы. Толщина обломков льда до 40см, торосы старые, заснеженность 1-2 балла. Лед крепкий, сухой.
12.02.70	кв.298		Дрейфующий лед 9 баллов, торосистость 3 балла, беспорядочная, торосы старые, заснеженность 1 балл, загрязненность 2-3 балла. Некоторые льдины покрыты слоем

			пыли и песка на 1-2мм. Загрязненный лед имеет коричневый и красноватый цвет.
	45 12 49 23		Кольцевая стамуха у кромки льда из кусков льда толщиной от 35 до 70см. Лед сухой, без снега. Высота отдельных вершин кольцевой стамухи от 3 до 13-15м. Лед вокруг стамухи дрейфует на юг. Определить скорость дрейфа нет возможности.
28.02.70	45 19 50 10		Стамуха высотой 7-9м из кусков льда 16-30см толщиной, старая, заснеженность 3 балла. Цвет льда белый, матовый, льдины слились в единую массу. Стамуха на стадии разрушения (между вершинами вода, трещины). Дрейф льдин вокруг стамухи на запад со скоростью 10-20 см/с., ветер восточный 6-8 баллов. Толщина дрейфующих льдин 15-30см, торосистость 2-3 балла, высота торосов до 0,5м.
02.03.70	45 28 50 16		При переходе в кв. 263 по чистой воде отмечено обледенение фальшборта, палубы и надстроек из -за сильного ветра и брызг от волн. Обледенение в виде густой кашицы, быстро покрывающаяся коркой льда. После постановки суда на якорь обледенение через 30-40 минут исчезло.
03.03.70	кв.263		Стамухи вокруг судна высотой 3-7м, наибольшая 9м. Куски льда толщиной до 80см, цвет белый, матовый.

Таблица 27.

Материалы ледовых наблюдений в период с 26.01. по 18.03.1968г.

Материалы ледовых наблюдений в центральной части Северного Каспия во время тюленебойной экспедиции на т/х «Космос» в период с 26.01. по 18.03.1968г. Наблюдатель Лебедин О.З.		
дата	квадрат	Характеристика ледяного покрова
27.01.68	301	Стамуха свежая. Куски льда толщиной 20-25см. Ветер восточный 7-8 баллов.
29.01.68	302	Стамуха. Куски льда 20-25см. Ветер восточный 6-7 баллов.
31.01.68	261	Много стамух у кромки льда. Стамухи из битого льда.
01.02.68	261 – 262	У кромки припая много стамух. Толщина припая у кромки от 20-25 до 40см.
13.02.68	327	Лед крупнобитый, дрейфует на запад, ветер северо-восточный 1-2 балла. Температура воздуха -1°.
14.02.68	327	Штиль, температура от +2° до -3°.
27.02.68	300	Переход по чистой воде, ветер северо-западный 6-8 баллов, температура - 3°. Обледенение.
	299	Стамуха.
01.03.68	262	Стамуха. Вокруг стамухи дрейфующий лед, крупно-мелкобитый, молодой, временами старый, тяжелый. Ветер восточный, северо-восточный 8-9 баллов.

02.03.68	263	Из-за интенсивной подвижки тяжелого битого льда с ледяными полями получила повреждение корпуса и затонула м/р «Выборг». Ветер северо-восточный 7-8 баллов.
03.03.68	262	Много стамух и разводий со стороны юга, юго-запада.
04.03.68	262	Из-за сильной и неожиданной подвижки льда (ветер северо-восточный 1-3 балла) судно зажал в мелкобитом льду. Толщина льда 20-40см, судно кренит с борта на борт. Лед очень сильно сплочен, залезает под корпус.

Таблица 28.

Материалы ледовых наблюдений в период с 07.02. по 08.03.1934г.

Материалы океанографической ледовой экспедиции Горского в восточную часть Северного Каспия на лошадах в период с 07.02. по 08.03.1934г.				
дата	координаты		Глубина, м	Характеристика льда
07.02.34	46 42	49 48	2,5	Припай, толщина льда 58см.
08.02.34	46 36	49 48	0,85	Лед торосистый.
10.02.34	46 24	50 04	2,3	Лед торосистый.
12.02.34	46 07	50 29	5	Лед торосистый, толщина 50см.
14.02.34	45 45	50 57	10,1	Лед торосистый, толщина 45см.
17.02.34	45 27	50 10	6	Дрейфующий 9 баллов, торосистый
19.02.34	45 19	50 02	5	Дрейфующий 9 баллов.
20.02.34	45 13	50 08	5,5	Дрейфующий 8 баллов.
21.02.34	45 10	50 13	5,5	Дрейфующий, торосистый
22.02.34	45 05	50 21	4,1	Дрейфующий 7 баллов, толщина 35см.
24.02.34	45 06	51 02	4,5	Дрейфующий 8-9 баллов, толщина 20см.
25.02.34	44 56	51 04	0,62	Припай, толщина 10см.
27.02.34	45 19	51 22	1,8	Припай, толщина 40см.
	45 23	51 17	4,25	Припай, толщина 50см.
28.02.34	45 32	52 37	3,0	Дрейфующий 10 баллов, толщина 50см.
01.03.34	45 44	51 41	3,7	Дрейфующий 10 баллов.
02.03.34	46 04	52 42	3	Дрейфующий 10 баллов.
03.03.34	46 42	52 35	5,25	Дрейфующий 10 баллов.
06.03.34	46 48	52 10	1,93	Дрейфующий 10 баллов.
07.03.34	46 54	51 40	1,9	Дрейфующий 10 баллов.
08.03.34	47 00	51 43	1,7	Припай 61см

Примечание: 1. Зима 1933/34 г. относится к числу умеренных зим.
2. Средний уровень Каспийского моря в 1933г. был равен -26,10 м. абс.

Таблица 29.

ЛЕДОВЫЙ ПРОФИЛЬ

Ледовый профиль от о. ЗВ Шалыга (вертолет). Зима 1956/57гг.					
Дата	Координаты		Глубина, м	Толщина льда, см	Σ - та
28.12.56	46 43	51 36	2,6	27	- 140
	46 41	51 31	3,7	30	
	46 39	51 30	4,0	27	
	46 37	51 27	4,1	20	
	46 35	51 24	4,9	19	
	46 33	51 22	5,1	21	
	46 31	51 18	5,2	21	
	46 29	51 16	5,5	27	
	46 28	51 14	5,5	27	
	46 27	51 13	5,6	6 (попынья)	
Общая длина профиля 46 км					
Дата	Координаты		Глубина, м	Толщина льда, см	Σ - та
26.01.57	46 43	51 36	2,6	46	- 487
	46 42	51 34	2,9	50	
	46 40	51 32	3,7	89 (наслоения)	
	46 39	51 29	4,0	47	
	46 37	51 27	4,5	47	
	46 35	51 24	4,6	52	
	46 34	51 22	4,6	44	
	46 32	51 20	5,2	44	
	46 30	51 18	5,2	45	
Общая длина профиля 37 км.					

Таблица 30.

ЛЕДОВЫЙ ПРОФИЛЬ

Ледовый профиль о. Новинский - о. Кулалы (вертолет. Зима 1964г.)					
Дата	Координаты		Глубина, м	Толщина льда, см	Σ - та
16.02.64	44 58	49 57	5,2	28	- 215,1 (по о. Кулалы)
18.02.64	45 28	49 56	3,6	28	- 228,9 (по о. Кулалы)
	46 15	50 02	2,8	55	- 466,2 (по Караю)
	46 02	49 53	2,8	60	- 466,2 (по Караю)
19.02.64	45 09	49 56	5,6	35	- 237,5 (по о. Кулалы)

	45 18	49 56	4,3	38	- 237,5 (по о. Кулалы)
	45 38	49 57	4,3	40	- 237,5 (по о. Кулалы)
Ледовый профиль о. Новинский - о. Кулалы (вертолет. Зима 1965г.)					
Дата	Координаты		Глубина, м	Толщина льда, см	Σ - та
11.02.65	45 31	49 58	4,1	38	- 252,4
	45 45	49 58	3,2	32	-252,4
17.02.65	45 31	49 58	4,1	36	-282,7
	45 45	49 58	3,2	35	-282,7
24.02.57	46 43	51 36	2,9	57	- 682
	46 42	51 34	3,8	59	
	46 40	51 32	4,0	58	
	46 39	51 29	4,0	56	
	46 37	51 27	4,4	60	
	46 34	51 23	4,7	55	
	46 31	51 18	4,7	47	
Общая длина профиля 36 км.					
20.03.57	46 43	51 36	2,6	52	- 732,2
	46 42	51 34	0	-	
	46 40	51 32	3,8	57	
Общая длина профиля 12 км.					

Примечание:

1. По результатам многолетних наблюдений на этом профиле определена степень разнообразия величин толщин льда на профиле. Путем деления наибольшей толщины льда на профиле на наименьшую, находится «коэффициент шероховатости» припая. Он колеблется от 1 до 1,9. Наибольшие коэффициенты отмечаются в каналах, наименьшие - в мелководных прибрежных районах моря.
2. Отмечается еще одна закономерность - в начале зимы толщина льда разнообразнее, а с течением времени она постепенно выравнивается. Так, на профиле от устья Урала в декабре 1956г. коэффициент шероховатости был равен 1,8, а в январе на этом же профиле он снизился до 1,2.
3. Максимальная толщина льда (120см) зафиксирована 26.02.1956 г. на взморье Урала, на ледовом профиле от ЗВ Шалыги на юго-запад. Безусловно, это не наслоненный лед, а лед термического нарастания, так как зарегистрированная на этот день сумма отрицательных температур равна - 984,5°, что соответствует этой толщине льда.

Таблица 31.

Торосистость ледяного покрова по пунктам Северного Каспия, в баллах.

Вид льда	XI		XII		I		II		III		IV	
	средняя	максимум	средняя	максимум	средняя	максимум	средняя	максимум	средняя	максимум	средняя	максимум
о.Тюлений 1950-1969												
Припай	1	5	1	4	2	4	2	4	2	4	-	-
Плавучий лед	0	1	0	3	1	4	1	3	0	4	-	-
о.Искусственный 1950-1958												
Припай	1	5	1	5	1	4	1	4	1	4	1	2
о.Чистая Банка 1951-1958												
Припай	1	4	1	3	1	4	1	3	1	3	0	1
Плавучий лед	0	2	0	2	0	2	1	2	0	3	-	-
о.Большой Пешной 1949-1953												
Припай	1	2	1	2	1	2	1	2	1	3	-	-
о.Кулалы, бухта 1949-1957												
Припай	1	2	3	5	3	5	2	5	2	5	0	0
Плавучий лед	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	2
о.Кулалы, море 1949-1965												
Припай	1	5	0	5	2	5	3	5	3	5	-	-
Плавучий лед	0	0	1	5	1	5	1	5	1	5	-	-
Форт-Шевченко, бухта 1949-1971												
Припай	-	-	1	5	2	5	2	5	2	5	-	-
Плавучий лед	-	-	-	-	1	5	2	5	2	5	-	-
Форт-Шевченко, море 1949-1971												
Припай	-	-	0	5	1	5	2	5	-	-	-	-
Плавучий лед	-	-	-	-	1	5	1	5	1	4	-	-
Махачкала, бухта 1949-1976												
Неподвиж. лед	-	-	-	-	-	-	0	3	0	3	0	3
Махачкала, море 1949-1976												
Неподвиж. лед	-	-	-	-	-	-	0	3	0	4	-	-
Плавучий лед	-	-	-	-	-	-	1	4	1	5	0	3
Высота торосов,м	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	3,0	-	-
Избербаш 1949-1974												
Неподвиж. лед					1	5	2	5	3	5	-	-
Плавучий лед					1	5	2	5	3	5	1	5
Высота торосов,м					-	-	-	1,7	-	2,0	-	-
Дербент 1949-1976												
Плавучий лед					1	5	1	3	2	5	0	1
Высота торосов,м							-	3,5	-	3,0	-	-

Таблица 32.

Толщина льда естественного нарастания (Н, см) по декадам
по пунктам Северного Каспия.

Вид льда и характеристика	XII			I			II			III		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
о.Тюлений 1939-1975												
Припай												
Н _{средняя}	0	1	1	4	8	10	13	9	7	5	3	-
Н _{максимум}	0	12	14	19	40	46	58	53	53	49	53	-
Н _{минимум}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
о.Чистая Банка 1940-1958												
Припай												
Н _{средняя}	-	-	-	18	22	25	29	32	34	-	-	-
Н _{максимум}	17	22	26	28	42	56	69	70	68	67	59	58
Н _{минимум}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
о.Искусственный, канал 1963-1975												
Припай												
Н _{средняя}	0	4	7	12	18	24	24	21	16	14	6	-
Н _{максимум}	0	15	18	21	34	52	53	56	56	54	35	-
Н _{минимум}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
о.Укатный (Жесткий) 1951-1964												
Припай												
Н _{средняя}	-	12	18	22	26	28	30	31	32	30	-	-
Н _{максимум}	28	36	43	46	47	53	53	54	56	60	60	56
Н _{минимум}	-	0	2	3	11	15	12	2	0	-	-	-
3-В Шальга 1955-1964												
Припай												
Н _{средняя}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н _{максимум}	2	5	7	5	9	9	10	12	12	11	12	3
Н _{минимум}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
о.Большой Пешной, канал 1964-1978												
Припай												
Н _{средняя}	6	12	17	26	35	40	46	44	43	40	30	16
Н _{максимум}	12	23	37	46	50	64	68	75	78	74	63	55
Н _{минимум}	0	0	0	10	20	22	22	22	20	0	0	0
Жилая Коса, Култук 1925-1937												
Припай												
Н _{средняя}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н _{максимум}	25	45	60	66	70	73	83	86	88	90	89	86
Н _{минимум}	1	15	21	31	31	38	40	42	46	48	48	45
Сарыташ 1948-1958												
Припай												
Н _{средняя}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н _{максимум}	0	8	8	4	9	17	24	26	26	26	16	4
Н _{минимум}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

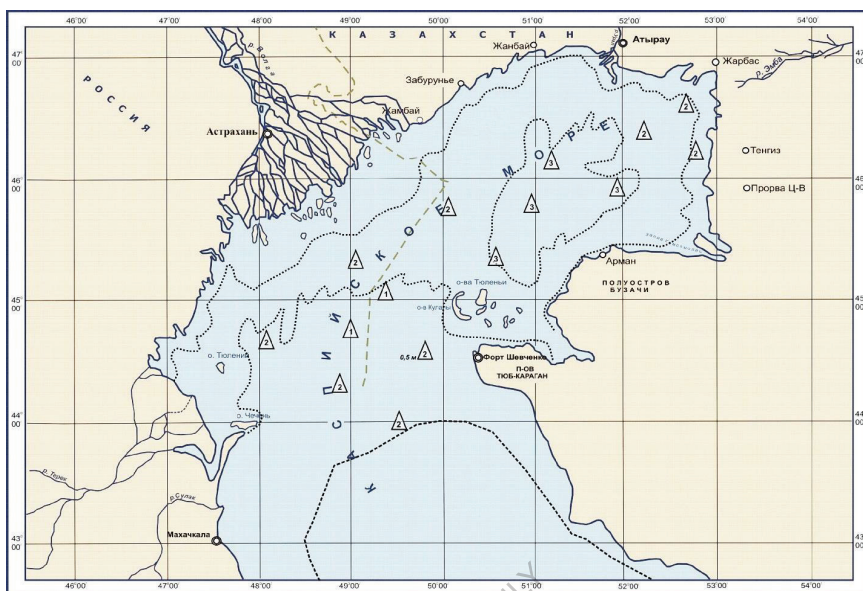


Рис. 60. Торосистость льдов Северного Каспия в суровые зимы (по многолетним данным ледовых авиаразведок).

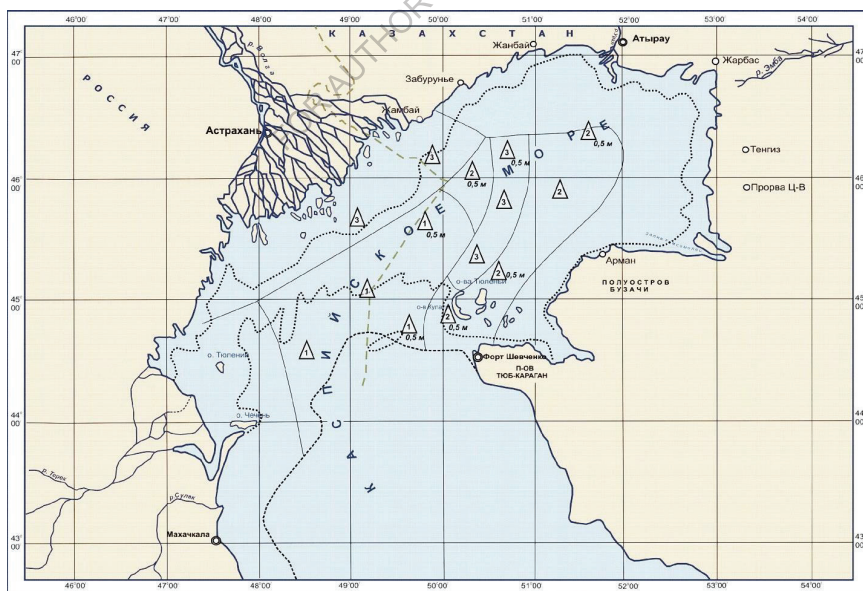


Рис. 61. Торосистость льдов Северного Каспия в умеренные зимы (по многолетним данным ледовых авиаразведок).

СТАМУХИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Ледовый режим Каспийского моря носит сезонный характер, но в то же время отличается своей сложностью и изменчивостью в течение всего зимнего периода года. Характерной особенностью ледяного покрова Северного Каспия являются интенсивные подвижки дрейфующего льда, которые обуславливают образование зон значительного торошения, наслоения, сжатия, навалов льда на прибрежную территорию и острова. Сложность и частая изменчивость метеорологических условий (скорость и направление ветра, температура воздуха и т.д.), а также довольно сложный рельеф дна, с большим количеством кос, островов и банок, оказывают значительное влияние на характер ледовых процессов.

Обширные зоны наслоенного и всторошенного дрейфующего льда занимают внушительные площади акватории Северного Каспия в зимний период. Наиболее активно процессы торошения и наслоения происходят в период, когда основу ледяного покрова моря составляют молодые льды (серый и серо-белый лёд) толщина которых не превышает 30 см. Но в результате этих динамических процессов максимальная толщина наслоенного льда может достигать 3 метров. Образование больших одиночных торосов или вытянутых барьеров торосов в дальнейшем приводит к тому, что под действием силы тяжести они «продавливают» поля дрейфующего льда и внедряются в грунт морского дна, тем самым образуя стамухи. Стамуха – это торосистое ледяное образование, внедренное в грунт, широко распространены в северной части Каспийского моря.

В процессе формирования ледяного покрова на Северном Каспии, во время подвижек припая и дрейфа плавучих льдов на акватории мелководного Северного Каспия образуются торосы, сидящие на мели, - стамухи. Различают стамухи по времени и месту их появления, а также по виду льда, из которого они образуются. В начальный период ледообразования, когда граница молодых льдов распространяется от берега до глубин 2-3 м, наряду с характерными для многих морей зубчато-наслоенными льдами во время подвижек льда образуются торосы, сидящие на грунте, - стамухи. Перечисленные выше факторы существенно влияют на размеры и места расположения стамух, поэтому предлагается различать стамухи по времени и месту их появления, а также по виду льда, из которого они образуются.

Кроме торосов, на Северном Каспии характерно образование стамух (рис. 62). Это мощные торосистые образования, сидящие на мели, как в виде отдельных торосов, так и в виде барьеров, достигающих длины порядка одной мили и более, ширины десятков метров и высоты до 10 м. Стамухи образуются в основном на глубинах до 5 м, но иногда наблюдаются и на больших глубинах – вплоть до 10 метров.

Стамухи и торосы могут образовывать борозды на дне моря, ориентированные, как правило, в направлении преобладающих ветров, длиной от десятка метров до километра и шириной от 50 до 100 м (рис. 63).

Некоторые борозды представляют собой кривые или ломаные линии, что говорит о плавном или резком изменении направления дрейфа льда. Часто борозды оканчиваются валами, образованными из выпаванного донного грунта. Высота некоторых таких валов превышает глубину моря, и они выходят на дневную поверхность в виде небольших эфемерных островов (рис. 64). Такие острова обычно разрушаются после первого весеннего шторма. Помимо линейных форм были обнаружены локальные ямы, оставшиеся от стамух (рис. 65).



Рис. 62. Линейная стамуха, образовавшаяся в результате севшего на грунт барьера торосов. Ее высота над уровнем моря 6-8 м. (фото автора).



Рис. 63. Шрамы выпakhивания на морском дне к востоку от о. Кулалы: аэрофотоснимок Кошечкина Б.И., 1954 г., масштаб $\sim 1: 20\,000$.



Рис. 64. Эфемерный остров, образовавшийся из донного грунта, в результате выпаивающего воздействия льда. Район севернее о. Кулалы (фото автора).



Рис. 65. Борозды выпайвания. Вид с вертолета. Справа, в нижней части снимка видна впадина, образовавшаяся в грунте на месте стамухи (фото автора).

До установления устойчивого припая часто происходят подвижки льда, вызываемые подледными течениями и ветром. Ветры восточных румбов (В, ЮВ) вызывают сплочение и торошение льдов. Ветры западных, северо-западных и северных румбов способствуют отжиму плавучего льда от кромки припая, уменьшая его сплоченность. Образуются обширные полыньи и разводья (рис. 66).



Рис. 66. Обширное разводье на границе припая (фото автора).

При прочих равных условиях наибольшая интенсивность и глубина эскарации дна приурочена к области дрейфующих льдов, тяготеющей к кромке припая, где в течение всего холодного сезона происходят процессы торошения, и вдоль которой происходит дрейф ледяных полей с вмержшими в них, и достигающими дна торосистыми образованиями. Обладающие огромной массой, они создают наиболее глубокие и протяженные борозды выпаживания (рис. 67).

В Каспийском море наблюдения за ледовой обстановкой ведутся постоянно, однако, специальных исследований, направленных на выявление форм ледовой эскарации до недавнего времени проводилось мало.

Попытки документально зафиксировать микроформы ледовой эскарации с применением сейсмоакустических профилографов, эхолотов и гидролокаторов бокового обзора (ГБО) не приводили к успеху. Основная причина – отсутствие таких съемок (из-за их сложности) в зимний период, а проведение съемок в летний период, т.е. когда с момента образования борозд выпаживания прошло уже несколько месяцев, в том числе весенних, характеризующихся как интенсивным волнением, так и высоким содержанием взвесей в волжских водах не давало желаемых результатов. За этот период большинство борозд были нивелированы и занесены наносами, характеризующимися здесь высокой подвижностью. Тем не менее, навалы морских льдов на берега, стамухи на грунте и следы эскарации дна

на малых глубинах (до 3 м) были документально зафиксированы прямыми наблюдениями различных организаций Росгидромета и другими (рис. 68).

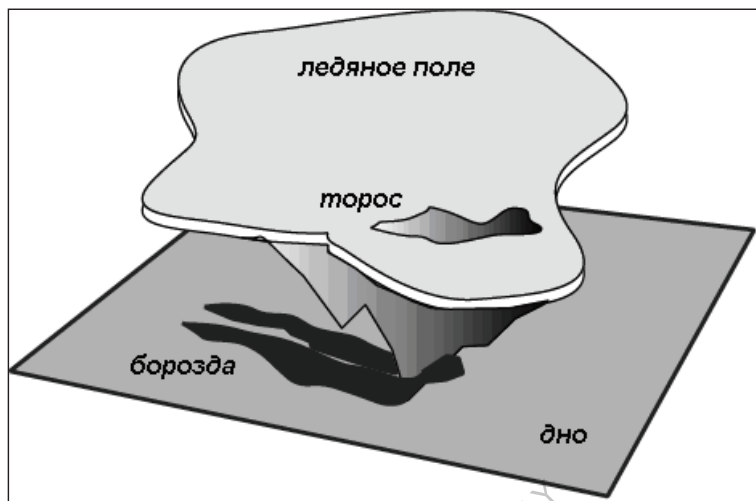


Рис. 67. Схема процесса эскарации морского дна торосом, вмерзшим в дрейфующее ледяное поле (Марченко, 2007).



Рис. 68. Мощные береговые навалы льда на о. Кулалы (фото автора).

На больших глубинах (4-7 м), в силу ограниченной прозрачности морских вод Северного Каспия и практически постоянного в переходный период года волнения, формы ледовой экзарации документально зафиксированы кино и видеосъемки только в зимний период, на участках с открытой поверхностью воды (в обширных полыньях, рис. 69).

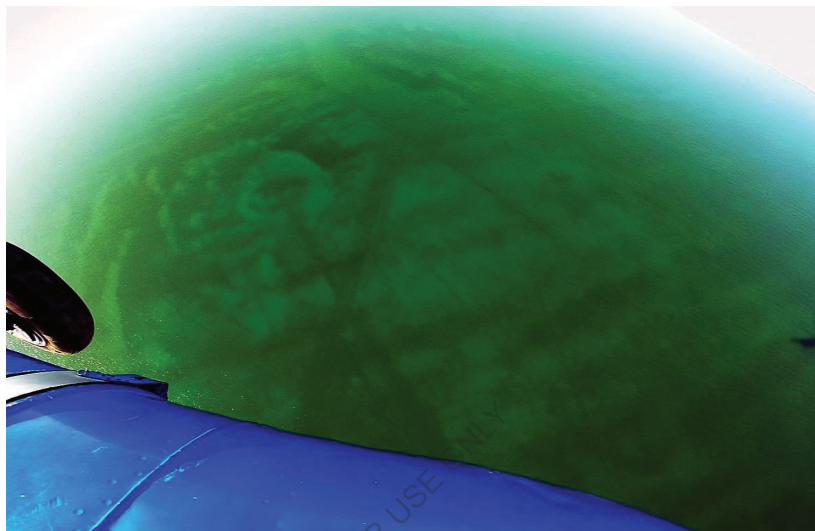


Рис. 69. Вид борозд выпаживания в разводе, с вертолета. Глубина моря 5-6 м. В верхней части снимка видна круглая впадина на дне от стамухи (фото автора).

В марте 2008 года, зимний период которого характеризовался умеренно-холодными условиями, в рамках совместной экспедиции ГОИН Росгидромета и МГУ по трассе трубопровода от месторождений Филановского и Корчагина, сразу после очищения акватории ото льдов, были проведены параллельно гидролокационная съемка (ГБО) и эхолотный промер. Результаты обработки данных ГБО и эхограмм показали наличие четко выраженных в рельефе дна, в том числе и на глубоководном участке (глубина до 12 м), борозд и систем борозд выпаживания, образованных дрейфующими одно- и многокилевыми торосистыми образованиями, вмерзшими в ледяные поля. Всего на трассе трубопровода было идентифицировано 238 борозд и систем. Длина наиболее крупных и четко выраженных из обнаруженных борозд, по-видимому (большинство борозд пересекают съемочный полигон и неизвестно где заканчиваются), превышает первые километры; ширина единичных борозд – до 5 м, систем борозд – до 200 м; точную глубину борозд, вследствие постоянного волнения установить не удалось, но, судя по данным ГБО и эхограммам, она составляет до 1 м. Помимо линейных форм также были обнаружены локальные ямы (рис. 70), оставшиеся от стамух, сидящих на дне.

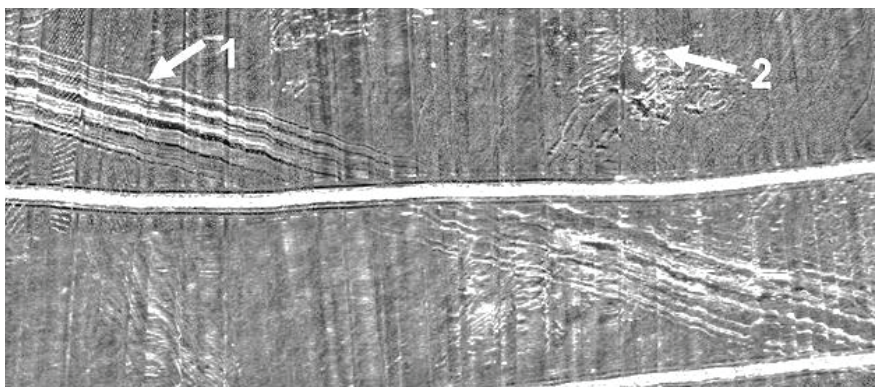


Рис. 70. Фрагмент мозаики ГБО (0.25×0.7 км) дна Северного Каспия с отчетливо выраженной системой борозд выпаживания (1) и локальной ямой со следами застамушивания (2), глубина моря ~10 м (Огородов, Архипов, 2010).

Таким образом, на Северном Каспии впервые документально зафиксированы формы ледовой эскарации на глубинах до 12 м. Вместе с тем, вопросы определения предельной глубины моря, где возможно выпаживание дна ледяными торосистыми образованиями, также, как и глубина их внедрения в грунт, для Каспия остаются открытыми. Исследования эскарации дна ледяными образованиями на Северном Каспии находятся в зачаточном состоянии. Игнорирование этого вопроса нефтегазовыми компаниями, позиция которых в значительной мере была усилена разговорами о глобальном потеплении и грядущей полной деградацией ледяного покрова Каспийского моря, 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 не заглублены в грунт. В результате чего стала возможной авария на нефтепромысле «Кашаган» в Казахском секторе Северного Каспия, где льдом были повреждены четыре нитки трубопровода, проложенного по дну без заглубления.

К настоящему моменту вопрос об интенсивности воздействий на дно Северного Каспия остается открытым и требует решения. Сложность решаемой проблемы с одной стороны определяется слабой изученностью процессов взаимодействия ледяного покрова с грунтовым основанием дна Северного Каспия, с другой – многогранностью решаемых задач в связи с чрезвычайно высокой изменчивостью положения уровня и ледовитости Каспийского моря. Для достоверного определения требуемых науке и практике характеристик и детального понимания проблемы, необходимо системное и упорядоченное исследование процессов эскарации дна Каспийского моря. По своему генезису (Бухарицин, 1984) стамухи делятся на:

Стамухи осеннего происхождения. Ноябрь – декабрь, это начало образования и развития ледяного покрова на Северном Каспии. «Осенние» стамухи образуются из ниласа и серого льда толщиной 5-15 см. Они имеют, как правило, небольшие размеры в поперечнике (5-20 м) и высоту 1-3 м. (Рис. 71). Такие стамухи образуются повсеместно в прибрежной полосе моря (от уреза воды до глубин 1-2 м) вдоль северного и восточного побережий Каспия – между дельтами Волги и Урала до залива Комсомолец. На устьевом же взморье Волги, где подвижки льда со стороны моря значительно ослаблены морским баром, стамухи образуются, в основном, вдоль его морского края. Ниласовый лед, торосится не может, он слишком тонкий, поэтому при подвижках и дрейфе только наслаивается. На стыках льдин и в трещинах обломки льдин задираются (встают на попа), начинается торошение и

образование торосов. Благодаря тому, что кили таких торосов задевают дно и застамушиваются, образуются торосы, сидящие на грунте – стамухи. С усилением процессов ледообразования, вдоль берега образуется прочный береговой припай, а стамухи так и остуют на всю зиму вмороженными в береговой припай, еще крепче закрепляя его (как подметку держат гвозди). С установлением прочного припая в прибрежной зоне рост стамух осеннего происхождения прекращается, и в таком виде они сохраняются до весеннего разрушения припая.



Рис. 71. Начальный период льдообразования на мелководье. Глубина моря 1-2 м. Поля тонкого ниласового льда при подвижках образуют подсовы. Торосов нет. Однако на стыках льдин, в результате взаимодействия с дном, образуются небольшие «осенние» стамухи.

В конце января – феврале граница припая и кромка плавучих льдов продвигаются обычно наиболее далеко к югу. Ледяной покров Северного Каспия достигает своего максимального за сезон развития, а лед достигает стадии серо-белого и тонкого белого льда толщиной 20-70 см.

Стамухи зимнего происхождения, образовавшиеся из такого льда, существенно отличаются от осенних стамух своими размерами, и местами образования. Стамухи зимнего происхождения могут достигать размеров 100-300 м, а иногда и 500 м в поперечнике и высоты 10 -15 м. Максимальная зарегистрированная высота стамухи на Северном Каспии составляет 20 м. В результате многократных подвижек ледяных полей поверхность такой стамухи сверху (с самолета), выглядит волнистой. Каждый такой вал, результат очередной подвижки льдов (рис.72, 73).

Местами наибольшего распространения стамух в восточной части Северного Каспия являются мелководный Бузачинский порог и зона с глубинами от 2 до 5 м, расположенная вокруг Гурьевской бороздины. В западной части такие стамухи наиболее распространены у морского края бара и в районах мелководных банок и вблизи островов.

В суровые зимы подавляющее количество зимних стамух образуется в западной части Северного Каспия, в то время как в восточной части их образованию препятствует прочный припай. В мягкие зимы наоборот, стамухи чаще наблюдаются в восточной части моря, так как на западе льда бывает очень мало. В умеренные зимы стамухи образуются повсеместно.

Распространение стамух в районы с большими глубинами ограничивается осадкой торосистых льдов, т.е. той максимальной глубиной, на которую простираются их подводные части – кили. Она составляет, как правило, 5-6 м. Максимальная глубина, на которой было документально зарегистрировано образование стамух на Каспийском море, составляет 20 м. Среди стамух осеннего и зимнего происхождения следует выделить три их разновидности:



Рис.72. Гигантская одиночная, зимняя стамуха на Северном Каспии (фото из архива автора).



Рис. 73. Зимняя стамуха. Размеры ледяных глыб от 0.5 до 3.0 м. Толщина льда 45-60 см. (фото автора).

Кольцевые стамухи. Стамухи в форме колец довольно часто встречаются в мелководной северной части Каспия (рис.74,75). Впервые они были исследованы и описаны автором в начале 80-х годов. Такие стамухи образуются на 4-5 метровых глубинах вокруг отмелей и мелководных банок, выходящих во время значительных сгонов на дневную поверхность. По форме эти стамухи напоминают кратер вулкана или арену цирка. Иногда дно таких кратеров бывает свободным от ледяных обломков, и с самолета видна песчаная отмель, вокруг которой образовалась кольцевая стамуха. Причиной образования кольцевых стамух могут также послужить неподвижные искусственные препятствия (например, затонувшее судно, буровая платформа и т.д.).

Внутри такой кольцевой стамухи оказывается замкнутым некий объем морской воды полностью или частично изолированный на зимний период от остальной акватории моря. Вследствие сравнительно малого объема воды заключенного внутри ледяной ловушки, отсутствием проточности, а также достаточно длительным периодом его изоляции, внутри стамухи могут возникать условия, способствующие развитию гипоксии в воде и сероводородному заражению грунта.



Рис.74. Кольцевая стамуха, образовавшаяся вокруг затонувшего судна (фото автора).

Необычная форма кольцевых стамух объясняется особенностями морфологии дна северной части Каспийского моря, а также рядом специфических гидрометеорологических факторов: значительными сгонно-нагонными колебаниями уровня моря, частой сменой направлений и скорости дрейфа плавучих, подвижек припайных льдов. Литературных данных о кольцевых стамухах в других ледовитых морях не известно.



Рис. 75. Ледовая группа на кольцевой стамухе (фото автора).

Барьер (цепочка) стамух - несколько соединившихся между собой одиночных стамух зимнего происхождения или севшая на мель гряда торосов. Такие барьеры образуются на границе припая и плавучих льдов или вдоль подводных кос (шалыг), имеют ширину несколько десятков метров и длину до нескольких километров. Барьеры стамух надежно предохраняют прибрежный припай от механического разрушения под действием ветра и волн. При сильных ветрах между барьером стамух и дрейфующим льдом образуются обширные пространства чистой воды - заприпайные полыньи. При отсутствии же таких барьеров происходит взлом припая и беспрепятственный вынос льда в море. Стамухи осеннего происхождения барьеров как правило, не образуют. После весеннего очищения моря ото льда наиболее крупные из стамух еще некоторое время существуют среди чистой воды (рис. 76).



Рис.76. Гигантская одиночная стамуха среди чистой воды (фото автора),

Барьеры стамух могут достигать длины 1 мили (1,8 км), десятков метров ширины и высоты 10 - 12 метров и более (рис. 77).



Рис. 77. Барьер, цепочка стамух (фото автора).

В настоящее время ФГБУ «НИЦ «Планета» осуществляет ежегодный спутниковый мониторинг ледовой обстановки Каспийского моря. Разработанная технология оперативного картирования ледовой обстановки сочетает в себе автоматизированные и интерактивные процессы обработки спутниковых данных с привлечением информации от наземных метеорологических станций, расположенных на побережье Северного Каспия. При осуществлении мониторинга ледовой обстановки для обнаружения стамух преимущественно используется информация среднего и высокого пространственного разрешения с российских и иностранных спутников. Применяется метод одновременных спутниковых изображений. Для этого, предварительно, производится комплексирование доступной спутниковой информации видимого, инфракрасного диапазонов с космических аппаратов: «Метеор-М» №2, «Канопус-В», «Канопус-В-ИК», «Ресурс-П» №1 и «Ресурс-П» №2, Landsat-8, «Sentinel-2», спутников серии EOS (Aqua, Terra), NOAA, а также радиолокационные данные «Sentinel-1A» и «Sentinel-1B», с установленным на борту радиолокатором SAR-C с синтезированной апертурой, информация с которого не зависит от погодных условий и времени суток.

Наиболее надежным и точным способом обнаружения стамух является интерпретация и анализ изображений ИСЗ опытными ледовыми экспертами, которые при дешифрировании учитывают различные особенности ледового режима, метеорологические, гидрологические и другие особенности моря. Выявление стамух, находящихся среди дрейфующего льда, на одновременных спутниковых изображениях производится по ряду следующих признаков: а) постоянное географическое положение относительно непрерывно находящегося в движении дрейфующего льда, дрейф которого зависит от скорости и направления ветра; б)

наличие вытянутого пространства чистой воды, образующегося на подветренной стороне стамухи и меняющего свое местоположение при смене направления ветра; в) большое количество мелкобитого льда перед стамухой, среди больших и огромных ледяных полей дрейфующего льда. Во время интенсивного дрейфа льда стамуха, являясь неподвижным препятствием, как ледокол крушит ледяные поля (Бухарицин, 1984). В результате торошения происходит увеличение её размеров. В период очищения акватории моря ото льда основным признаком наличия стамухи является их постоянное географическое положение на разновременных спутниковых изображениях. Как правило, наиболее крупные стамухи ещё некоторое время существуют среди пространства чистой воды.

Получены карты-схемы распространения наиболее крупных стамух в Северном Каспии, за период с 2012 г. по 2018 год, выявленные во время разрушения ледяного покрова. При проведении анализа, полученных карт распространения стамух с картами-схемами ледовой обстановки, была замечена такая закономерность, что большое количество крупных стамух образуются не только в «местах контакта» дрейфующего льда с припаем, но и в обширных однородных, по своим возрастным характеристикам, зонах дрейфующего льда, которые на протяжении всего холодного периода подвергались значительному перемещению, интенсивным подвижкам, частому изменению направления дрейфа льда с образованием довольно больших полней среди сплоченного дрейфующего льда. Как правило, толщина льда в таких однотипных зонах достигает от 10 см до 30 см и более, т.е. на возрастных стадиях молодых и однолетних льдов.

На спутниковых снимках Мангышлакского залива и района Тюленьих островов Каспийского моря также зафиксированы следы воздействия ледовых торосистых образований (экзарации), в том числе и стамух, на дно моря. В этом месте Северного Каспия следы экзарации, на спутниковой информации, прослеживаются уже несколько лет подряд. В частности, в марте 2017 года они были обнаружены на спутниковом изображении КА «Sentinel-2» / MSI, разрешение 10 м и КА «Landsat-8» / OLI, разрешение 30 м. На снимках были видны не только одиночные борозды, но и системы борозд. Ширина борозд выпаживания составляла от 70 до 160 метров, а длины колебались в пределах от 1.5 до 3 километров. Длина отдельных, наиболее крупных, борозд достигала 10.9 км, а ширина 457 метров. Измерение размеров производилось в среде ГИС. Глубины моря, в местах со следами экзарации, примерно составляли от 1 до 2.5 метров. Весной 2018 года экзарационные следы были выявлены на снимках с космических аппаратов «Канопус-В» / ПСС, разрешение 3.5 м и «Sentinel-2» / MSI, разрешение 10 м.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ НА КАСПИЙСКОМ МОРЕ

В начале 2000-х годов ледовая группа ААНИИ, по запросу компании Лукойл выполнила комплекс исследований стамух в российском секторе Северного Каспия. В разгар зимнего сезона (январь-февраль) группа ежедневно с вертолета, базировавшегося в Астрахани, десантировалась на одну из выбранных заранее, в процессе разведывательного полета, стамух. Выгружали приборы, оборудование, и приступали к работе (рис. 78). Впервые на Каспии ими был использован термобур, конструкции ААНИИ, предназначенный для исследования внутреннего строения стамух, ранее такой возможности у исследователей не было (рис. 79). За этот период были исследованы десятки торосистых образований в российском секторе Северного Каспия, как правило, на лицензионных участках компании Лукойл. Основной задачей исследователей было: изучить процессы формирования, развития и разрушения стамух, геометрические, физические (прочностные) характеристики ледяных обломков, слагающих стамухи и ледяных полей в целом (рис. 80,81).

Короток зимний день, а нужно успеть сделать все запланированное. Но, не всегда это удается – шорм вносит свои коррективы (рис. 82).



Рис. 78. Вертолет Ми-8 доставил исследователей на лед (фото автора).

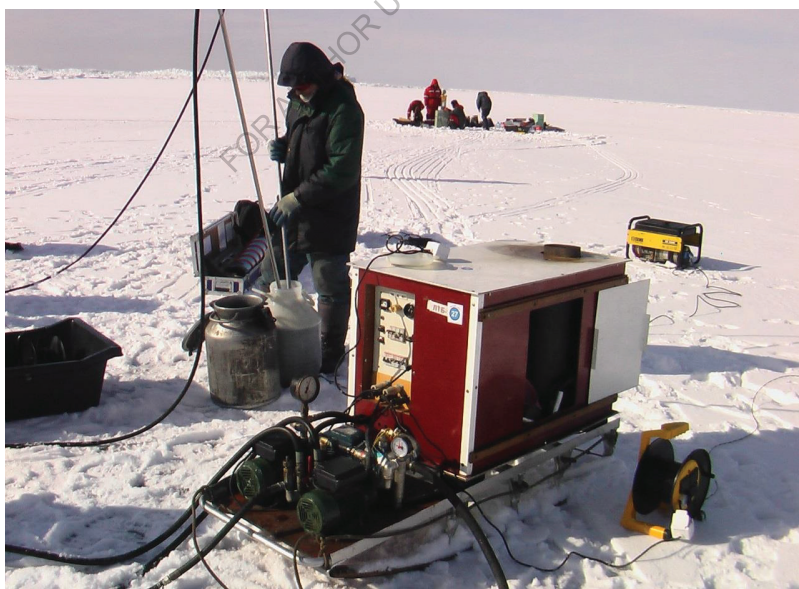


Рис. 79. Термобур готов к работе (фото автора).



Рис. 80. Работа с термобуром (фото автора).



Рис. 81. Измерение прочностных характеристик образцов льда *in situ* (фото автора).



Рис. 81. В море начинается штурм, пора сматываться (фото втора).

По итогам этих работ была подготовлена и опубликована коллективная монография «Каспийское море. Экстремальные гидрологические события» (Болгов, Красножен и др., 2007), куда вошла глава «Ледовый режим Северного Каспия».

В сентябре 2019 года была осуществлена съемка дна участка Каспийского моря в районе залива Кендерли, проведенной группой исследователей МГУ. Для проведения работ по документации следов воздействия льдов на дно Каспийского моря были предварительно выбраны участки акватории, где такие следы сохраняются в течение длительного времени. Методика съемки ледово-эскарпационного рельефа дна в целом не отличается от съемки какого-либо другого микрорельефа на морском дне, однако имеет свою специфику. Она была отработана на модельных полигонах в Байдарцкой губе Карского моря. В настоящее время общепринятой для съемки ледово-эскарпационного рельефа является методика, описанная С.А. Огородовым (Огородов, 2011; Ogorodov et al., 2013; Огородов, 2014). Она включает подход, позволяющий совместно использовать ряд взаимодополняющих методов, выполняя параллельную съемку гидролокатором бокового обзора и эхолотом.

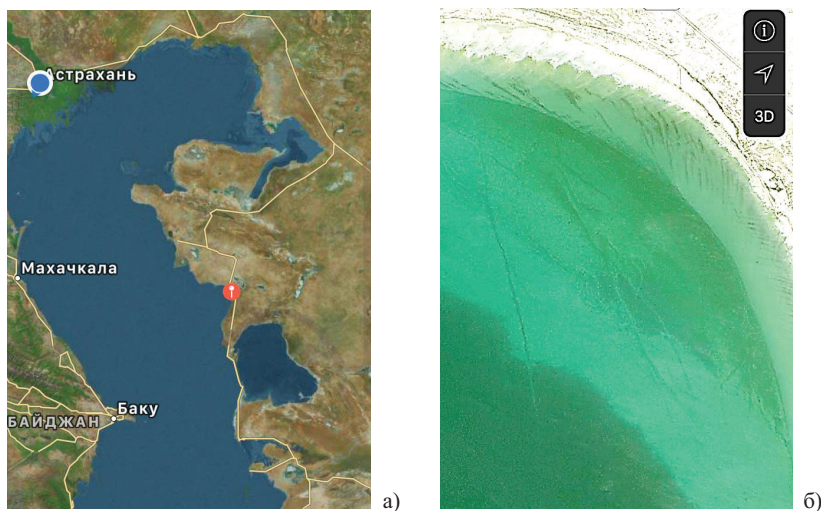


Рис. 82. а) – место работ; б – вид борозды выпаживания на дне залива Киндерли (фрагмент фотоснимка ИСЗ).

Подводная съемка осуществлялась видео(экшн)-камерой GoPro Hero 7 в водонепроницаемом боксе на гибкой трубине как при передвижении на лодке, так и при плавании с маской и дыхательной трубкой (снорклинге). Эхолотирование осуществлялось эхолотом Lowrance Mark-5x, датчик которого был закреплен на кронштейн на борту моторной лодки. Позиционирование осуществлялось при помощи подключенного GPS/ГЛОНАСС-приемника Garmin GPSMAP 78S. Запись велась при помощи ноутбука с установленным программным комплексом Nurack 2016. Отбор проб осуществлялся при помощи стандартного пробоотборника в пластиковые пакеты с замком зип-лок.

Работы в заливе Кендырли осуществлялись с берега, без моторного плавательного средства (лодки) до глубины 2 м. Было обследовано два участка дна с предполагаемым распространением борозд выпаживания с подводной видеосъемкой и отбором образцов.



Рис. 83. а) – Мазнев С.В. осуществляет выход на точку обследования; б) – общий вид борозды (фото Мазнева С.В.).

На завершающем этапе исследования проводилась обработка полевых материалов, корректировка результатов дешифрирования, гранулометрический анализ грунтов и другие анализы. Для создания цифровых моделей рельефа по материалам фотограмметрической съемки было использовано программное обеспечение Agisoft PhotoScan и Agisoft Metashape на платформе операционной системы Windows 7. Методика обработки результатов съемки БПЛА подробно описана в литературе (Koci et al., 2017; Smith et al., 2015; Eltner, 2016 и др.). Алгоритм включает идентификацию и сопоставление элементов на снимках, реализацию алгоритмов корректировки узловых точек для оценки трехмерной геометрии, линейное преобразование подобия для масштабирования и привязки облака точек и его оптимизацию. Планово-высотные координаты ОЗ, полученные при полевых работах, задавались на данном этапе вручную. Реализация алгоритмов сопоставления стереоизображений позволяет построить плотное трехмерное облако точек. В результате создаются структурированные трехмерные модели местности (ЦММ) и ортофотопланы. Для получения ЦМР из ЦММ растительность убиралась «вручную». В дальнейшем для оценки возраста борозд, сравнения условий экзарационных воздействий, оценки факторов, влияющих на размещение зон и степень интенсивности экзарации, в работе применялись аналитические методы, такие как историко-генетический, сравнительный и другие. Восстановление истории формирования ледово-экзарационного рельефа основано на анализе древних береговых линий и предположении о положении зоны наиболее интенсивной экзарации на глубинах 2-5 м, характерном для Каспийского моря. Таким образом, исследование состояло из трех связанных и вытекающих друг из друга частей, что позволило решить основные задачи любого геоморфологического исследования (Рычагов, 2006): морфографическая и морфометрическая характеристика, определение слагающих (вмещающих) отложений, распространения, динамики и истории развития ледово-экзарационного рельефа в конце XX – начале XXI в. (Мазнев, 2021).

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ

1. Валлер Ф.И. Исторический очерк и обзор литературы по исследованию ледового режима и ледяного покрова Северного Каспия и дельты Волги. // Сборник «Гидрология южных морей», выпуск 3-4, Астрахань, 2006. - с.26-50.
2. Зарубин А.И. Вскрытия р. Волги у Астрахани // Известия Русского географического общества. – 1870. – Том 6, №1. – с.16-21.
3. Шпиндлер Н.Б. Вскрытие и замерзание морей у берегов России // Записки по гидрографии. – 1893. – Вып. 14. – с.-44.
4. Бухарицин П.И. Краткосрочный прогноз осеннее-зимних заторных уровней на Нижней Волге по пункту Черный Яр // Метеорология и гидрология, № 4, 1980. - с. 90-95.
5. Бухарицин П.И. Расчет и прогноз толщины наслоенного льда в судоходных районах северо-западной части Каспийского моря // Метеорология и гидрология. 1986. № 4. с. 87-93.
6. Бухарицин П.И. Использование новых методов ледовых прогнозов на Нижней Волге и Северном Каспии / П.И. Бухарицин; ВДНХ СССР. - М., 1986. - 11с.
7. Бухарицин П.И. Сезонный прогноз торосистости льдов Северного Каспия// Труды ГМЦ СССР, вып. 292, 1988. - с. 130-135.
8. Бухарицин П.И. Метод расчета и прогноза толщины наслоенного льда в открытых районах Северного Каспия// Водные ресурсы. - 1992. - № 5. - с.60-64.
9. Бухарицин П.И., Васянин М.Ф., Калининко Л.А. Метод краткосрочного прогноза положения кромки сплоченных льдов на Северном Каспии // Метеорология и гидрология. - 1992. - № 4. - с. 74-81.
10. Bukharitsin P.I. Physical-Statistical Methods of Estimation and Prognosis of the Winter Hydrological Regime Elements in the Northern Caspian Sea Proceedings, Volume 1. // 16th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions "Ice

11. Бухарин П.И. Использование физико-статистических методов расчета и прогноза элементов гидрологического режима северной части Каспийского моря в зимний период // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. - 2005. - №3 (12). - с.189-194.
12. Бухарин П.И. Метод краткосрочного прогноза появления льда в Волго-Каспийском и Урало-Каспийском каналах // Гидрология южных морей (Каспийское море) межвед. сб. / под ред. П. И. Бухарицина. - Астрахань, 2007. - Вып. 3-4. - с.51-63.
13. Бухарин П.И. Особенности процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря. — Водные ресурсы, 1984, № 6, с.115-123.
14. Бухарин П.И. Опасные гидрологические явления на Северном Каспии // Водные ресурсы, том 21, №№ 4-5, 1994. - с. 444-452.
15. Тютнев Я.А. Метод краткосрочных прогнозов появления льда на морях. - Труды ЦИП, 1948, вып. 3 (30). - с. 51-257.
16. Валлер Ф.И. Некоторые черты ледяного режима северной части Каспийского моря // Сборник работ Астраханской ГМО. Вып. 1. Ростов н/Д, 1970. с. 112-131.
17. Бухарин П.И., Дозорцева Ю.В. Исследования внутриводного льда // Тезисы докладов итоговой науч. конф. АГПУ. Биология, география и геология, химия (26 апреля 2002г, Астрахань). - Астрахань, 2002. - с. 59.
18. Валлер Ф.И. Ледовые условия на сухоходных трассах северной части Каспийского моря и их влияние на движение судов. // Проблемы Арктики и Антарктики. – Л., 1977. – Вып.50. - с.99-104.
19. Болгов М.В., Красножон Г.Ф., Любушин А.А., Бухарин П.И. и др. Каспийское море: Экстремальные гидрологические события. – М.: Наука, 2007. 381 с.
20. Бухарин П.И. Особенности ледового режима и методы прогноза ледовых условий северной части Каспийского моря: Автореф. канд. дисс. Л., ААНИИ, 1987, 36 с.
21. Кровотынцев В.А., Тренина И.С., Волгутов Р.В., Максимов А.А., Маслова Н.А. Информационная продукция спутникового мониторинга полярных акваторий Земли и замерзающих морей России // Метеоспектр, №2, 2014, с. 89-98.
22. Максимов А.А. Особенности обнаружения и мониторинга стамух в Каспийском море по спутниковой информации высокого и среднего разрешения // Тезисы докладов Международной научно практической конференции «Обеспечение гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности» г. Астрахань, 16-17 октября 2015г., с.127-129.
23. Максимов А.А. Спутниковый мониторинг стамух в Каспийском море. // Материалы 17-й конференции, 2019 г. Электронный сборник статей «Информационные технологии в дистанционном зондировании Земли - RORSE 2018». Журнал «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Шестнадцатая Всероссийская Открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)» XVI.E.59.
24. Спутниковые методы определения характеристик ледяного покрова морей (практическое пособие) / Под редакцией Смирнова В.Г. – СПб.: ФГБУ «ААНИИ», 2011, 239 с.
25. Мазнев С.В. Ледово-экзорационный рельеф на дне Аральского и Каспийского морей. // Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.25 Геоморфология и эволюционная география. МГУ, М. – 2021.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕДОВОГО РЕЖИМА ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СРЕДНЕГО КАСПИЯ И ЕГО ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ

В Каспийском море ледяной покров ежегодно образуется лишь в северной мелководной его части. В умеренные зимы южная граница ледяного покрова проходит от о. Чечень на восток – северо-восток (с изгибом на север) до м. Тюб-Караган, примерно над изобатами 10-12 м. Южнее этой границы в открытом море лед обычно не образуется.

Каспий относится к морям с сезонными (только зимними) ледовыми явлениями и отличается большой пространственно-временной неоднородностью развития этих процессов. Разнообразие ледовых условий обусловлено меридиональной протяженностью, большим диапазоном глубин и соленостью воды, а также климатическими особенностями разных частей моря. Только в Северном Каспии имеются благоприятные условия для формирования устойчивого ледяного покрова в зимний период (ноябрь-март). В остальных частях моря местный лед образуется только в суровые зимы в мелководных заливах, бухтах и изредка узкой полосой на прибрежном мелководье.

Первое появление льда наблюдается на устьевом взморье Волги и вдоль западного побережья Северного Каспия, а затем граница появления льда смещается к югу, вдоль побережья Среднего Каспия (табл. 33).

Таблица 33.

Сроки первого появления льда вдоль западного побережья Северного и Среднего Каспия
по данным наблюдений за многолетний период.

Пункт наблюдения	Средние сроки появления	Ранние сроки появления	Поздние сроки появления
о. Тюлений	9.XII	31.X	31.I
о. Чечень	14.XII	11.XI	14.I
Махачкала	18.I	3.XII	29.II
Избербаш	26.I	23.XI	18.II
Дербент	28.I	18.XII	28.II

Ледяной покров западного побережья Среднего Каспия неустойчив. Процесс местного ледообразования в зависимости от погодных условий может возобновляться несколько раз за холодное время года. В умеренные зимы местный лед в течение некоторого времени может наблюдаться до широты Избербаша. В мягкие зимы лед (местный или приносной) не появляется в течение всей зимы. Ледяной покров более устойчив в суровые и экстремально суровые зимы (совместная повторяемость их 20-25 %).

В суровые и экстремально суровые зимы происходит смерзание местного льда Среднего Каспия со льдом, приносимым из Северного Каспия. Из сморози образуется припай шириной до нескольких миль, а в северной части Среднего Каспия - в десятки миль (как в 1954 году). Толщина такого припая (за счет наслоений и торошения) может в отдельных местах достигать 1-3 метров (подсовы, торосы).

Граница устойчивого припая проходит примерно по изобате 3-6 м. При резком похолодании у берега сначала появляются пятна плавучего льда, затем отдельные льдины смерзаются в общий ледяной массив (припай), соединенный с берегом. При дальнейшем понижении температуры воздуха идет увеличение ширины припая в сторону моря. Даты появления припая у западного берега Среднего Каспия следующие: у Махачкалы – средняя 22.01, ранняя – 04.12, поздняя – 26.03; у Избербаша – средняя – 03.02, ранняя – 04.01, поздняя – 22.03; у Дербента – средняя – 11.02; ранняя – 23.01; поздняя – 05.03.

В суровые зимы доля припая в общем объеме льда может достигать 90%, а в умеренные зимы при неустойчивом ледяном покрове доля припая в общем объеме льда уменьшается до 50%. В суровые зимы припай обычно оказывается более устойчивым, но степень его торосистости меньше, чем в умеренные зимы.

В максимальном развитии припая выделяется 2-3 летняя периодичность. Холодные зимы сказываются на развитии припая через 5-7 лет, а интервал между очень суровыми зимами (1941-42, 1953-54, 1966-67, 1968-69, 1971-72, 1976-77 гг.), отличающимися большой ледовитостью, составляет 10-13 лет. Сроки окончательного очищения у западного берега Среднего Каспия имеют существенную межгодовую изменчивость. Даты окончательного очищения ото льда у западного берега Среднего Каспия следующие: у Махачкалы – средняя 2.03, ранняя – 14.01, поздняя – 20.04; у Дербента – средняя – 3.03, ранняя 12.01, поздняя – 12.04. Многолетние характеристики продолжительности ледовых явлений, по наблюдениям береговых ГМС, (Гидрометеорология, 1992) у западного побережья Среднего Каспия представлены в табл. 34.

Таблица 34.

Многолетние характеристики продолжительности ледовых явлений.

Пункт наблюдения (ГМС)	Продолжительность ледового периода, сут.			Число дней со льдом			Число дней с припаем		
	сред.	наиб.	наим.	сред.	наиб.	наим.	сред.	наиб.	наим.
Избербаш	19	99	0	15	88	0	2	22	0
Дербент	20	82	0	14	74	0	4	26	0

Вдоль кромки припая в Северном Каспии обычно наблюдается полоса плавучего льда. В суровые зимы, а иногда и в умеренные, в период наибольшего развития (обычно в феврале-марте) ледяного покрова под воздействием ветра происходят его подвижки и дрейф.

При преобладающих шпормовых юго-восточных и восточных ветрах лед у кромки припая взламывается волнением и вместе с имеющимися здесь плавучим льдом обычно дрейфует в Северном Каспии сначала на запад, а затем, по мере изменения генерального направления течений, на юго-запад и юг, в западную часть Среднего Каспия, обходя о.Чечень с востока (Гидрометеорологические условия, 1986). Южнее о.Чечень дрейф льда идет на юг, вдоль Аграханского п-ова к Махачкале, и далее на юго-восток, очень редко достигая Апшеронского п-ова. При сильных северо-восточных и восточных “прижимных” ветрах дрейф у западного побережья Среднего Каспия в суровые зимы идет вдоль кромки “местного” припая, а в умеренные – вдоль берега или на 1-2 км мористее. При сильных северо-западных “отжимных” ветрах полоса дрейфующего льда может достигать ширины в среднем 5-10 км.

Скорость дрейфа плавучего льда зависит от направления, скорости ветра и течения, от торосистости и размеров льдин и изменяется обычно от 0,05 до 0,4 м/с, но иногда при жестоких северо-западных шормах скорость дрейфа может достигать 0,7-0,9 м/с. При смене направления ветра на юго-восточное скорость дрейфа льда уменьшается сначала у берега, а затем во всей полосе плавучих льдов, при этом их сплоченность увеличивается, появляются зоны сжатия. Иногда направление дрейфа льда может смениться на обратное. В аномально холодные зимы при сильных северо-западных ветрах происходит вынос плавучего льда в открытое море, а вдоль побережья образуется полоса чистой воды шириной от 3-5 до 30 км (прибрежная полынья). Ее протяженность и ширина зависят от интенсивности выноса льда из Северного Каспия и распространения вдоль побережья, а также от устойчивости и силы северо-западных ветров. Такие выносы плавучего льда из центральной зоны побережья Среднего Каспия наблюдались (Гидрометеорологические условия, 1986):

- 11.02 1956 г., на участке от о.Чечень до Дербента, лед был отнесен от берега на 6-8 км; - 1.01 1957 г., на участке от о.Чечень до Сулакской бухты лед был отнесен на 3-5 км;
- 10.03 1964 г., на участке от Сулакской бухты до Избербаша лед был отнесен на 6 км;
- 2.04 1969 г., на участке от о. Чечень до Избербаша лед был отнесен в море на 10-20 км.

Толщина дрейфующего льда в Среднем Каспии – 25-50 см, торосы обычно достигают высоты 1,5-2,0 м. В зависимости от силы ветра северо-западных, северных направлений за

сутки лед перемещается к югу от 10 до 80-90 км. Средняя скорость в генеральном направлении в суровые и умеренные зимы около 8 км в сутки. При сгонных ветрах скоростью более 25 м/с плавучий лед может от Махачкалы достигнуть Дербента – за 3-5 суток, при слабых ветрах - за 27 суток (табл. 35). В среднем скорость дрейфа льда уменьшается по мере его смещения от Махачкалы до Дербента в два раза (Гидрометеорология, 1992).

Преобладающая сплоченность плавучего льда у о.Чечень в январе-марте в суровые зимы – 9-10 баллов, в умеренные – 4-6 баллов в декабре-январе и до 8-9 баллов – в феврале, а в мягкие – 6-8 баллов. На трассе о. Чечень - Махачкала в суровые зимы в январе-феврале – 9-10 баллов, в умеренные – 7-8 баллов, в мягкие зимы плавучего льда обычно не наблюдается. Вероятность появления приносного плавучего (дрейфующего) льда у о.Чечень – 68 % и у Дербента – около 20 %.

Таблица 35.

Характеристика дрейфа плавучего льда вдоль западного побережья Среднего Каспия при северо-западных и северных ветрах различных скоростей.

Скорость ветра, м/с	Станции		
	Махачкала	Избербаш	Дербент
Скорость дрейфа льда (м/с)			
5	0,10-0,25	0,05-0,18	0,02-0,12
10	0,20-0,50	0,10-0,35	0,05-0,25
15	0,30-0,75	0,15-0,52	0,08-0,38
20	0,40-1,00	0,20-0,70	0,10-0,50
25	0,50-1,25	0,25-0,88	0,12-0,62
Перемещение льда за сутки, км			
5	8,6-21,6	4,3-15,1	2,2-10,8
10	17,3-43,2	7,6-30,2	4,3-21,6
15	25,9-64,8	12,9-45,6	6,5-32,4
20	34,6-86,4	17,3-60,5	8,6-43,6
25	43,6-108,0	21,6-75,6	10,8-54,0

Южная часть шельфа наименее ледовитая на всем побережье Дагестана. Местный лед здесь образуется исключительно в суровые и экстремально-суровые зимы. Сроки появления плавучего льда (по данным ГМС Дербент): ранний – 18 декабря (1946), средний – 28 февраля (1932 г.). Припай в виде заберега (ширина ≤ 100 м) и толщиной 10-15 см образуется от Северного Каспия до Дербента. Местный плавучий лед (светлый и темный нилас с включением серого льда) развит слабо в виде узкой полосы шириной 1-1,5 мили. На юге местный лед наблюдается исключительно в аномально суровые зимы (повторяемость таких зим 5-7 %).

В районе наиболее сложные ледовые условия создают дрейфующие плавучие льды, приносимые с севера, некоторые льдины при низких температурах воздуха смерзаются с местным льдом. Из сморози вдоль берега может образоваться припай шириной в несколько миль, толщиной в подсовах до 1 метра. Тем не менее, лед в течение даже экстремальной зимы может несколько раз появляться и исчезать.

Максимально развит плавучий лед в первой-второй декадах февраля, когда в открытом море преобладает серо-белый (с включением тонкого однолетнего) плавучий лед сплоченностью 7-10 баллов. К северу от Дербента максимальная продолжительность

ледового периода 80-90 суток, причем в среднем один раз в 20-25 лет зона плавучего льда распространяется от берега на 25 миль.

В районе Дербента максимальная продолжительность ледового периода на 1-1,5 декады меньше, чем в районе Избербаша, а зона распространения льда не превышает ширины в 17 миль (табл. 36). Если вся северная часть района с повторяемостью 10% покрывалась льдом полностью в течение 4-5 декад, то его южная часть ни разу не покрывалась полностью. В период максимального развития ширина ледовой зоны в среднем составляет 8 миль.

Сплоченность плавучего льда в районе Дербента весьма изменчива. При отжимных ветрах составляет 5-6 баллов, при устойчивых прижимных ветрах - 8-10 баллов с зонами сжатий и торожений, особенно в прибрежном районе. Преобладающая форма плавучих льдов – крупно и мелкобитый.

Генеральное направление дрейфа плавучего льда в районе Дербента на юго-восток скорость дрейфа тесно связана со скоростью и направлением ветра. В таблице 37 приведены значения скоростей дрейфа при ветрах северо-западного – северного направлений и различных скоростей.

Таблица 36.

Вероятностная характеристика протяженности ледовой зоны по месяцам.

Вероятность, (%)	Протяженность ледовой зоны от берега (мили)														
	Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Избербаш															
5	0	0	0	7	12	18	25	15	10	20	10	7	7	0	
10				0	5	10	17	8	10	10	5	2	0	0	
15					0	5	10	4	3	6	0	0	0		
20						0	3	0	0	3	0				
25							0	0	0	0					
Дербент															
5	0	0	0	5	8	12	17	10	5	12	8	5	0	0	
10				0	0	5	8	5	0	5	0	0	0		
15						0	5	0	0	0	0				
20							0	0	0	0					

Таблица 37.

Скорость дрейфа плавучего льда при различных скоростях ветра в районе Избербаша-Дербента.

Скорость ветра (м/с)	Скорость дрейфа льда (м/с)
5	0,02-0,12
10	0,05-0,25
15	0,08-0,38
20	0,10-0,50

Ледовые условия в аномально суровые зимы. Наибольшей суровостью, большим скоплением льда и максимальной продолжительностью ледового периода на Каспийском море характеризуется зима 1953-54 гг. (рис. 84). Отличительной чертой этой зимы были четыре вторжения (27-29 ноября, 22-29 декабря 1953 г., 6-10 января и 27-29 января 1954 г.) в район Каспийского моря холодных масс арктического воздуха в периоды развития ядра

антициклона над Скандинавским полуостровом. Эти вторжения холодных воздушных масс сопровождались резким усилением ветров северных румбов (СЗ-С-СВ). 27-28 ноября 1953 г. северо-западный шторм понизил температуру воздуха в районе Махачкалы до -16°C и через 3 дня вдоль восточного побережья Аграханского п-ова и в районе Махачкалы (на 46 дней раньше обычного) было отмечено первое появление льда. Особенность этой зимы также выразилась в интенсивном выносе плавучего льда из Северного в Средний Каспий вдоль его западного побережья. В результате этих процессов к середине января плавучий лед полосой до 50-70 км дрейфовал вдоль берега на юг, а у побережья происходило интенсивное образование припая и местного плавучего льда (Гидрометеорология, 1992). В конце января 1954 г. новое вторжение арктического воздуха при северо-западном шторме вновь усилило дрейф льдов на юг. Такие условия сохранялись до 20 февраля 1954 г. Общая ледовитость и объем льда достигли максимальных величин в первой декаде февраля 1954, когда лед полосой 10 км наблюдался у Апшеронского полуострова (повторяемость таких зим $\approx 10\%$). В период дрейфа периодическое усиление юго-восточного ветра вызывало в полосе дрейфа сжатие и торошение льда, что обусловило формирование “тяжелых” ледовых условий. Преобладание сплоченных льдов в районе Апшеронского п-ова продолжалось до начала марта. В эту зиму дрейф льда вызвал большие разрушения нефтепромыслов в районе Избербаша и Апшерона. Окончательное очищение ото льда на западном побережье произошло в первой – второй декадах апреля 1954 года, что является аномально поздним сроком (рис. 84).

Зима 1949-50 гг. также отличалась суровостью, ранним и интенсивным ледообразованием, необычно большой массой льда в Северном Каспии, толщина его достигала 60-80 см. В начале февраля происходило разрушение кромок припая, а затем при штормовых северо-западных и северных ветрах начался интенсивный дрейф плавучего льда на юг вдоль западного побережья Среднего Каспия. В эту зиму впервые подверглись разрушению эстакады в районе нефтепромысла Избербаш.

Синоптические условия (неоднократное вторжение холодных воздушных масс с севера) зимой 1968-69 гг. обусловили большое скопление льда в Северном Каспии и его дрейф вдоль западного побережья Среднего Каспия на юг (рис. 85-90). В районе Махачкалы под влиянием юго-восточных и восточных ветров происходило сплочение и нагромождение плавучего льда, а также дальнейшее его смерзание, что привело к блокированию порта тяжелыми льдами. Отдельные торосы льда достигали 2-4 м. 10-11 февраля 1969 г. в районе Избербаша были повреждены или разрушены нефтепромыслы и эстакады.

Аномальные погодные условия зимой 1971-72 гг. (неоднократные мощные вторжения холодных воздушных масс с севера) вызвали в январе-марте продолжительное похолодание на севере Каспия. В 20-х числах января 1972 г. температура воздуха здесь понизилась до $30-40^{\circ}\text{C}$, весь Северный Каспий и прибрежная зона у западного берега Среднего Каспия покрылись льдом. У западного побережья процесс ледообразования происходил непрерывно, образующийся лед периодически взламывался волнением при восточных ветрах и дрейфовал по течению на юго-восток. На его месте вновь появлялся молодой лед при одновременном поступлении сюда плавучего льда из Северного Каспия. Уже к 20 января 1972 г. “тяжелый” дрейфующий лед достиг Апшеронского полуострова и вызвал огромный материальный ущерб в прибрежной области.

Таким образом, тяжелая навигационная обстановка у западного побережья Среднего Каспия складывается в очень суровые и суровые зимы, когда образуется мощный припай и происходит интенсивный дрейф плавучего льда из западной части Северного Каспия.

За период 1924-1990 гг. отмечалось 19 суровых и очень суровых зим: 1927-28, 1928-29, 1930-31, 1931-32, 1938-39, 1941-42, 1944-45, 1948-49, 1949-50, 1950-51, 1953-54, 1955-56, 1959-60, 1963-64, 1966-67, 1968-69, 1970-1971, 1971-72, 1976-77 гг., сопровождающихся большим выносом плавучего льда из Северного Каспия в Средний.

В районе структуры «Ялама» приносной плавучий лед бывает чрезвычайно редко и только в западной части. За прошедшие 80-90 лет в экстремально суровую зиму 1953-1954 гг. в

западной части структуры «Ялама» в третью декаду января и первую декаду февраля единственный раз наблюдался плавучий серо-белый и серый лед сплоченностью 6-8 баллов, который во второй декаде февраля исчез. Таким образом, повторяемость появления льда в западной части района не превышает 3-5 %. В восточной части района «Яламы» за те же 80-90 прошедших лет льда не наблюдалось ни разу.

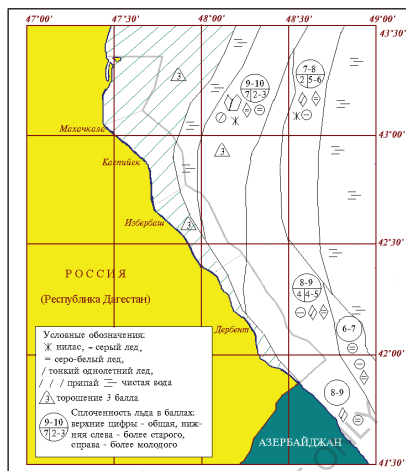


Рис. 84. Ледовая обстановка на период максимального развития припая (1 декада февраля) в экстремально холодную зиму 1954 г.

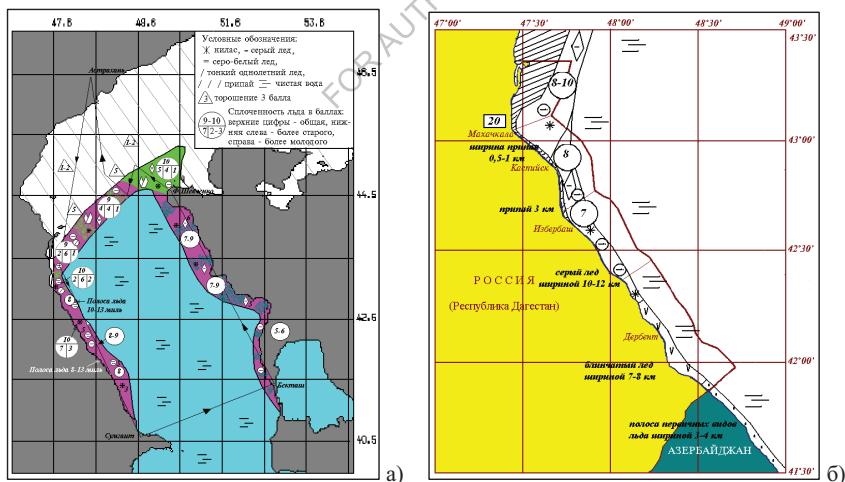


Рис. 85. Ледовая обстановка: а) - на II декаду февраля 1969 г.; б) - на 30 января 1969 г.
 Примечание: местный лед в районе Дербента появился 25-27 января 1969 г.

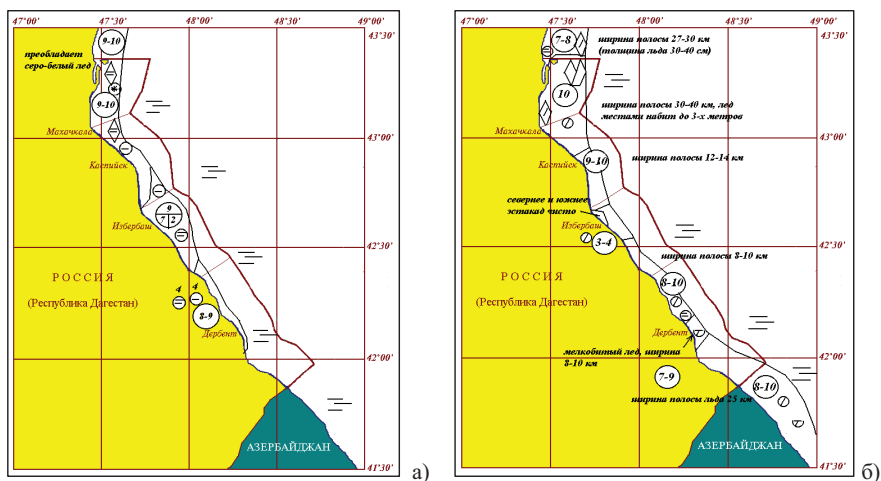


Рис. 86. Ледовая обстановка: а) – на 28 февраля 1969 г.; б) – на 23 марта 1969 г.

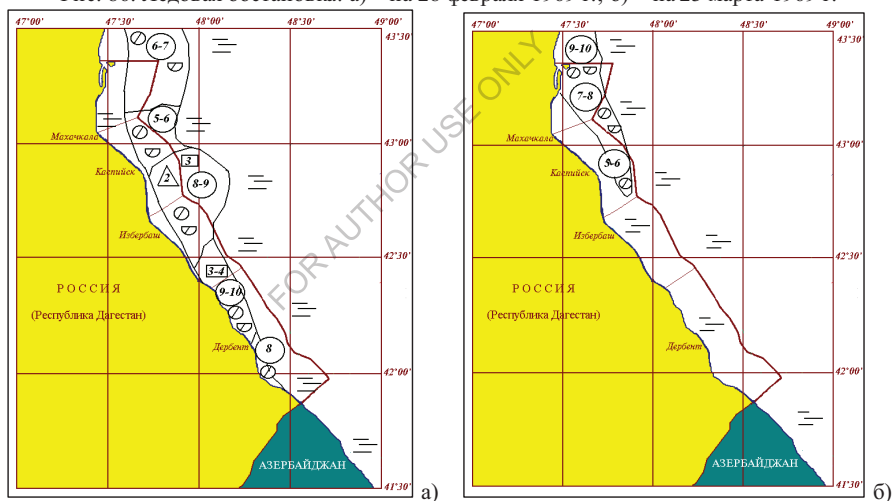


Рис. 87. Ледовая обстановка: а) – на 2 апреля 1969 г.; б) - на 12 апреля 1969 г. (вертолетная авиаразведка, МИ-4).

Примечание: - в районе Дербента плавучий лёд исчез 8 апреля 1969 г.;
- в открытом море плавучий лёд исчез 15-17 апреля 1969 г.

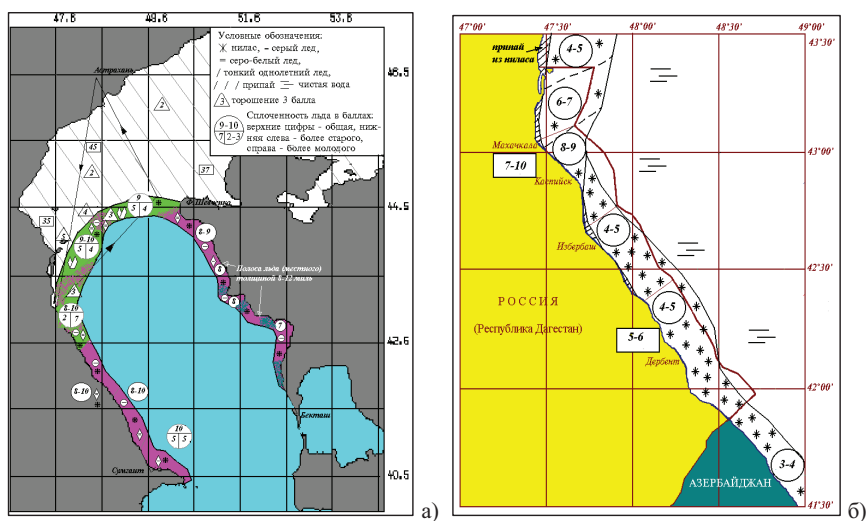


Рис. 88. Ледовая обстановка: а) - на начало I декады февраля 1972 г.; б) – на 20 января 1972 г.

Примечание: местный лед вдоль западного побережья Каспия появился 17-18 января 1972 г.

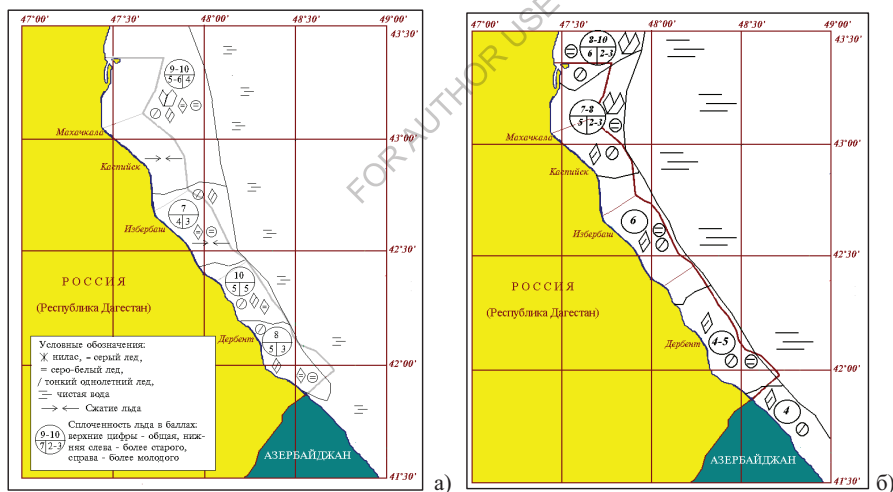


Рис. 89. Ледовая обстановка: а) – на 25 февраля 1972 г.; б) – на 9 марта 1972 г.

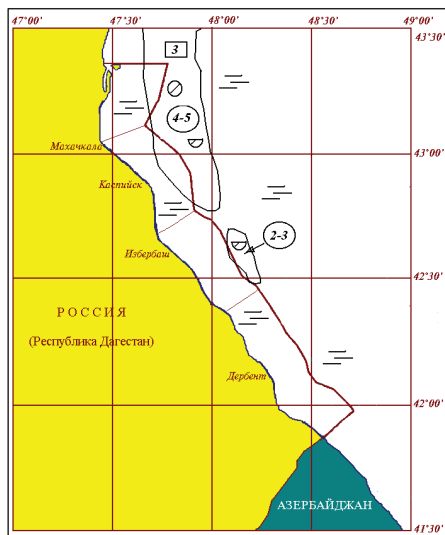


Рис. 90. Ледовая обстановка на 15 марта 1972 г. В районе Дербента лед исчез 12-13 марта 1972 г.

Примечание: плавучий лед у западного побережья, южнее 43°30', исчез 18-19 марта и с 20 марта суда в Махачкалу заходили самостоятельно.

ДРЕЙФ ЛЬДА У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАСПИЯ

Вынос мощных плавучих льдов из северной части моря и последующий их дрейф вдоль западного побережья Среднего Каспия приводит к блокировке тяжелыми льдами подходов к порту Махачкала и создает угрозу существованию морских гидротехнических сооружений нефтяной промышленности Дагестана и Азербайджана. Веселова Л.Е., Ганиев Н.А. рассматривают наиболее актуальные и менее изученные вопросы динамических деформаций и дрейфа льда, делается попытка раскрыть основные закономерности динамики льдов у западного побережья Среднего Каспия. Исследования основаны на результатах наблюдений за распределением льда непосредственно у побережья по данным ГМС Махачкала, Изберг, Дербент, Низовая пристань, Сумгаит и в открытом море - по сведениям с судов и материалам ледовых авиаразведок. Наибольший интерес представляют инструментальные наблюдения за дрейфом льда, выполненные специалистами УГМС АзССР с теплохода «Гжатск» при патрулировании вдоль кромки льда в суровую зиму 1968-69г. Определения дрейфа и сплоченности льда производились с помощью судового локатора. Для фиксирования южной границы льда в темное время суток на плавучих льдах у кромки устанавливался специальный отражатель. Одновременно с патрулированием велись ледовые наблюдения на разрезах, пересекающих полосу плавучих льдов по нормали к берегу (рис. 91).

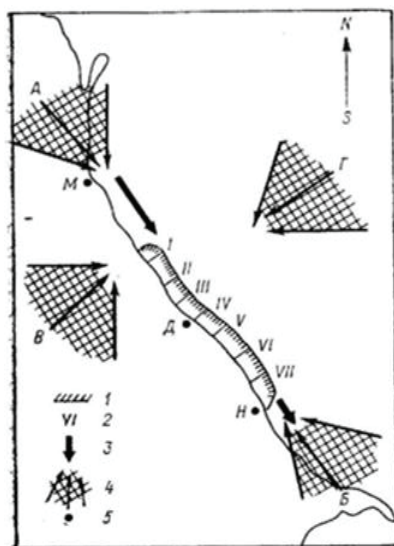


Рис. 91. Схема района исследований (по Веселовой Л.Е.):

1 – зона ледового патруля зимой 1968-69 г.; 2 – ледовые профили (I – VII); 3 – направление генерального дрейфа льда; 4 – ветровые поля: вдольбереговые ветры по течению (А) и против течения (Б), отжимные (В), прижимные ветры (Г); 5 – положение опорных ГМО: Махачкала (М), Изберг (И), Дербент (Д), Низовая Пристань (Н).

Гидрометеорологические условия выноса плавучих льдов из Северного Каспия в среднюю часть моря достаточно подробно освещены в ряде опубликованных ранее работ. В западной части Северного Каспия под действием преобладающих зимой ветров северных румбов и стокового течения происходит перемещение больших масс плавучего льда в южные районы. На границе со Средним Каспием плавучие льды попадают в область циклонической циркуляции и, влекомые в ее западной части потоком, распространяющимся на юг, и господствующими здесь северными и северо-западными ветрами, быстро смещаются от о. Чечень к Махачкале.

Направление генерального дрейфа у западного побережья Среднего Каспия при различных ветрах сравнительно устойчиво. В основном лед движется к югу на участке от о. Чечень до Махачкалы и в юго-восточном направлении от Махачкалы до Апшерона. Устойчивость генерального дрейфа в течение зимы подтверждается большой повторяемостью смещения дрейфа льда на юго-восток по всем пунктам побережья к югу от Махачкалы (табл. 38).

Ветер, переходя к южным румбам, меняет и значительно усложняет общую картину дрейфа. Продолжающееся местами движение льда на юго-восток и восток связано не только с инерцией самого процесса. Оно в большей степени подчинено влиянию стационарного стокового течения и в меньшей — противотечения вследствие нагона.

Устойчивый по времени сильный и штормовой юго- восточный ветер приводит к ослаблению стокового течения (за счет усиления встречного дрейфового течения), к смене направления дрейфа и перемещению льдов на северо-запад непосредственно по ветру или с некоторым отклонением от него.

Вслед за сменой штормовых юго-восточных ветров на западные и северо-западные возможен инерционный дрейф льда на северо-запад против генерального выноса. Подобное явление отмечалось 24 марта 1954 г. в районе Махачкалы, 11 апреля 1972 г. у

Избербаша и неоднократно наблюдалось близ Дербента в марте 1972 г. Поэтому наибольшая пространственная изменчивость векторов ветрового дрейфа и значительная неоднородность дрейфа наблюдаются при южных ветрах, когда перемещения льда по ветру или с отклонением вправо или влево от него оказываются равновероятными.

Таблица 38.

Повторяемость дрейфа льда (Р) различных направлений.

Месяц	Направление дрейфа								число случаев (и лет)
	с	св	в	юв	ю	юз	з	сз	
Махачкала									
I	6,7	6,7	29,6	37,0	0,0	6,7	0,0	13,1	30(7)
II	0,4	4,2	4,9	57,6	3,5	4,2	3,5	21,7	142 (13)
III	1,4	5,5	5,5	54,2	0,0	1,4	4,2	27,8	72 (10)
IV	0,0	0,0	0,0	76,1	0,0	0,0	0,0	23,9	13 (2)
За зиму	1,9	4,6	8,1	55,0	1,9	3,5	3,1	21,0	257 (16)
Изберг									
I	5,7	0,0	1,9	64,1	13,2	13,2	1,9	0,0	53 (4)
II	6,2	5,0	1,2	61,4	5,0	2,5	5,0	13,7	80 (8)
III	3,4	0,0	0,0	69,6	11,8	0,0	3,4	11,8	59 (4)
IV	0,0	0,0	0,0	63,9	0,0	0,0	0,0	36,4	11(1)
За зиму	4,9	2,0	1,0	64,6	8,9	4,4	3,4	10,8	203 (9)
Дербент									
I	0,0	0,0	19,1	66,9	8,7	0,0	1,8	3,6	47 (6)
II	1,4	0,0	9,8	62,9	9,8	0,0	8,5	8,5	71 (9)
III	2,0	1,0	7,8	48,0	6,9	2,9	5,9	25,5	102 (8)
IV	0,0	0,0	9,0	42,8	0,0	0,0	14,3	42,9	7 (1)
За зиму	1,3	0,4	11,4	54,7	8,4	1,3	6,2	16,3	227 (12)
Низовая пристань									
I	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	10,0	20,0	20,0	20(2)
II	0,0	0,0	0,0	92,3	7,7	0,0	0,0	0,0	12 (1)
III	5,6	16,7	0,0	22,3	5,6	5,6	5,6	38,6	18 (2)
За зиму	2,0	6,0	0,0	50,0	4,0	6,0	10,0	22,0	50 (3)

Для мористых участков западного побережья Среднего Каспия, как и для прибрежной зоны, эмпирическая кривая повторяемости углов отклонения дрейфа от ветра $a_{др}$, полученная без учета особенностей ветрового поля, близка к функции нормального распределения Гаусса и подобна кривой повторяемости $a_{др}$ для северной части моря (рис. 92а δ). Однако в прибрежной зоне при углах отклонения дрейфа, определяемых для каждого из 16 направлений ветра, кривая распределения имеет менее сглаженный вид, чем для открытых районов моря (рис. 92в). Проверка и последующее подтверждение гипотезы о нормальном распределении кривой $a_{др}$ сделаны по данным 200 инструментальных измерений дрейфа в открытой части моря, согласно критерию Пирсона. Характер кривых $a_{др}$ (рис. 92) свидетельствует о том, что в районе исследований в преобладающем большинстве лед дрейфует по ветру или с незначительным отклонением от него. Однако

отмеченная закономерность последовательно ослабевает к югу по направлению распространения полосы плавучих льдов. Для ветров любых направлений повторяемость отклонения дрейфа от ветра для углов α_w от 0 до 25° составляет в Махачкале 70,1 %, в Изберге 67,5 % и в Дербенте 58,2 %.

С учетом особенностей ветрового поля наблюдается несравненно большая дисперсия углов отклонения дрейфа от ветра. В процессе анализа дрейфа льда вдоль побережья исследуемого района, ориентированного в основном с северо-запада на юго-восток (по направлению генерального дрейфа), выделено четыре основных типа ветровых полей (рис. 91):

- вдольбереговые ветры северо-западной четверти (ЗСЗ, СЗ, ССЗ, С), совпадающие с направлением общего переноса водных масс и обладающие зимой (с декабря по март) наибольшей повторяемостью;

- вдольбереговые ветры юго-восточной четверти (ВЮВ, ЮВ, ЮЮВ, В) против постоянного течения, характеризующиеся значительной повторяемостью;

- нагонные, «прижимные» ветры северо-восточной четверти (ССВ, СВ, В), направленные к берегу;

- сгонные, «отжимные» ветры юго-западной четверти (З, ЗЮЗ, ЮЗ, Ю), направленные от берега. Повторяемость «прижимных» и «отжимных» ветров зимой сравнительно невелика. Вдольбереговые ветры северо-западной четверти способствуют ускорению генерального дрейфа к югу от Махачкалы вследствие однонаправленного действия силы касательного напряжения ветра на лед и сил постоянного стокового и дрейфового течений. При этих ветрах лед перемещается только по направлению ветра (генеральный дрейф), изредка отклоняясь от него вправо и прижимаясь к берегу ($\alpha_{др} \geq 0^\circ$). На подходах к Махачкале изгиб берега на запад является препятствием ветровому дрейфу, обуславливая явно выраженную неоднородность дрейфа. Ледяной покров на этом участке побережья может перемещаться по ветру (вероятность $P = 38\%$) или отклоняться от него на угол до 45° вправо к побережью ($P = 36\%$) или влево к мористым участкам ($P = 22\%$). В отдельных случаях под напором льдов, выносимых из Северного Каспия, плавучий лед вытесняется в открытое море и угол отклонения дрейфа от ветра увеличивается до 90° и более (табл. 2а). Характерно, что при незначительных поворотах ветра в пределах северо-западной четверти генеральный дрейф сохраняется устойчивым по направлению, а углы $\alpha_{др}$ изменяются в определенной последовательности.

При северо-западном ветре лед дрейфует в основном по направлению ветра и вероятность $\alpha_{др} \neq 0^\circ$ очень высока $P = 67,5 \div 80,9\%$ (табл. 2б). С поворотом ветра к западу (ЗСЗ, З) генеральный дрейф отклоняется от ветра вправо на угол до $\pm 45^\circ$. В случае господства ветров с северной составляющей (ССЗ, С) в основном преобладают отрицательные $\alpha_{др}$ порядка $-22, -45^\circ$ (дрейф льда отклоняется влево от направления ветра). С установлением вдольбереговых ветров юго-восточной четверти, направленных против постоянного течения и генерального выноса льда, поле дрейфа, как отмечалось выше, характеризуется резко выраженной неоднородностью и изменчивостью $\alpha_{др}$ оказывается большой. Вероятность отклонения дрейфа от направления ветра на угол $\alpha_{др} > \pm 120^\circ$ на отдельных участках побережья достигает 10-15 %, а дрейфа по ветру ($\alpha_{др} = 0$) - несколько ниже, чем для ветров северо-западной четверти (табл. 39 а,б). Кривые вероятности отклонения дрейфа от ветра без учета направления ветра и для вдольбереговых румбов, построенные по данным ГМС, приведены на рис. 93.

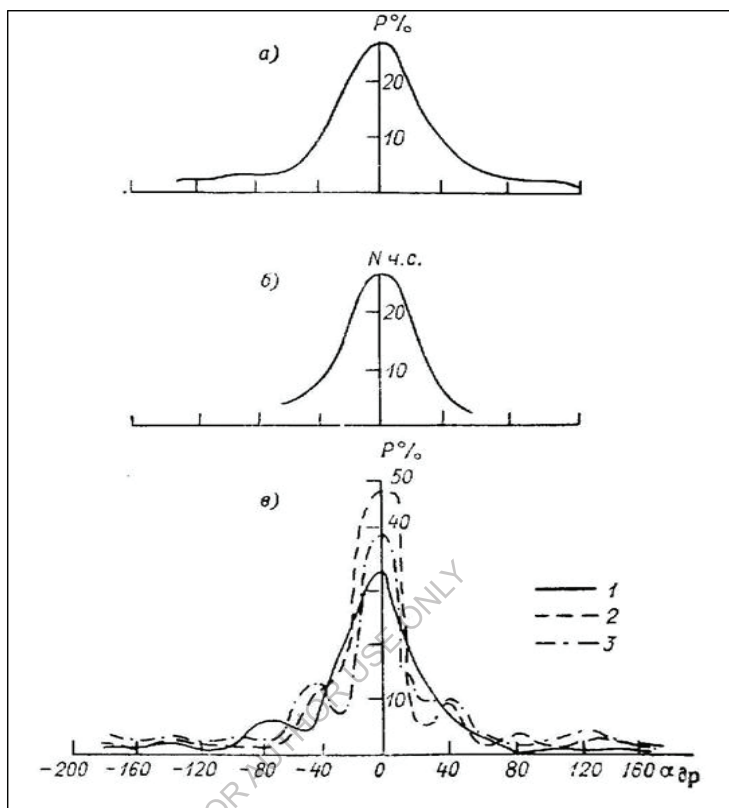


Рис. 92. Повторяемость углов отклонения дрейфа от направления ветра $\alpha_{др}$.
а) – для Северного Каспия; б) – мористые участки западного побережья Среднего Каспия;
в) – прибрежные районы: 1 – Махачкала, 2 – Изберг, 3 – Дербент.

Таблица 39 а.

Повторяемость P (%) углов отклонения дрейфа льда от ветра $\alpha_{др}$
при различных ветровых полях.

α _{др}	Вдольбереговые северо-западные (З. ЗСЗ, СЗ. ССЗ, С)			ветры юго-восточные (ЮЮВ, ЮВ. ЮЮВ)			Прижимные ветры			Отжимные ветры			Без учета направлений ветра (общее)		
	Махач -кала	Извер г	Дербен т	Маха чкала	Избер г	Дербен т	Махач кала	Избер г	Дербен т	Махач кала	Избер г	Дербен т	Махач кала	Избер г	Дербен т
±180			1.2	5.7	15.4	3.4						3,6	1,6	2,4	2,0
+157	—		2.5	5.7	7.7	3.5						0,0	1,6	1.2	2.1
+135	—	1.6	1.2	0.0	0.0	6.9						7.1	0.0	12	3.4
4-112	—	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0						3,6	0,0	0,0	2.1

+90	—	0.0	0.0	2.9	0.0	3.4		25.0				0.0	0.8	2.4	0.7
+67	-	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0		0.0			18.2	3.6	0.8	12	0.7
+45	9.3	6.6	3.8	2.9	11.5	0.0		25.0	12.5	66.7	9.1	asj	7.3	9.1	9.7
+22	21.2	4.1	11.3	8.6	7.7	13.8		0.0	0.0	16.7	9.1	0.0	18.7	4.8	9.0
	37.7	57.9	48.6	31.3	30.9	41.6	—	0.0	25.0	8.3	18.2	25.0	32.7	48.5	41.6
-22	21.0	18.2	13.8	11.4	3.8	0.0	28.5	25.0	0.0	0.0	9.1	0.0	18.7	15.2	7.6
-45	1.2	9.1	15.1	11.4	11.5	Ю.3	14.4	0.0	0.0	0.0	27.2	7.1	4.1	11.0	И.7
-67	3.9			8.6	0.0	3.4	14.3	0.0	0.0	0.0	9.1	3.6	6.5	0.6	1.3
-80	2.3			0.0	0.0	3.4	14.3	0.0	25.0	0.0		0.0	2.4	0.0	2.0
-112	2.3			0.0	0.0	0.0	28.5	0.0	12.5	0.0		0.0	0.0	0.0	0.7
-135	1.2			5.7	0.0	0.0		25.0	12.5	8.3		7.1	3.2	0.6	2.7
-157	—			2.9	11.5	Ю.3						3.6	1.6	1.8	2.7
n	86	121	80	35	26	29	7	4	8	12	11	28	140	162	145

Таблица 39 б.

а д р о	Направление ветра				
	з	зсз	сз	ссз	с
Махачкала					
<+45					
+45	66,7				
+22	16,7	61,6	2,5		
0	8,3	11,5	67,5		
-22	0,0	23,1	12,5	83,3	
-45	0,0	0,0	2,5	0,0	100,0
>-45	8,3	3,8	15,0	16,7	
n	12	26	40	6	2
Изберг					
>+45			4,8		6,2
+45	66,7		9,7		0,0
+22	0,0	100,0	3,6	4,7	0,0
0	0,0		78,3	0,0	32,1
-22	0,0		0,0	0,0	12,5
-45	0,0		3,6	95,3	50,2
>-45	33,3				
n	3	1	83	21	16
Дербент					
>+45	11,8		2,1	28,6	11,1
+45	47,1		6,4	0,0	0,0
+22	0,0	90,0	0,0	0,0	0,0
0	35,3	0,0	80,9	7,1	0,0
-22	0,0	10,	2,1	64,3	0,0
-45	0,0		8,5		88,9
>-45	5,8				
n	17	10	47	14	9

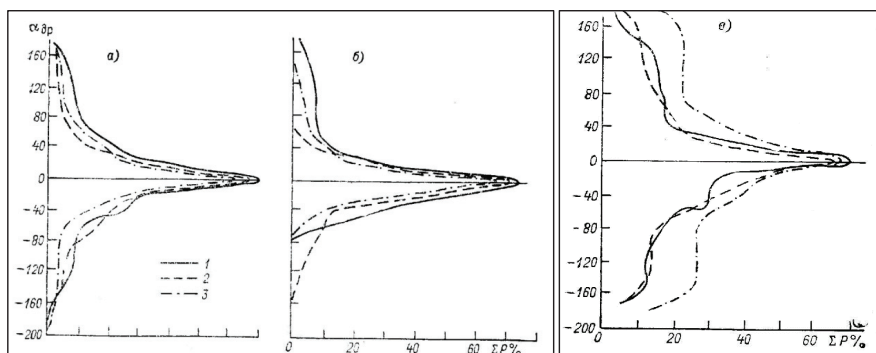


Рис. 93. Вероятность углов отклонения дрейфа от направления ветра:
а) – без учета характера ветрового поля; при ветрах: б) – северо-западной, в) – юго-восточной четвертей в районах Махачкалы (1), Изберга (2), Дербента (3).

При неустойчивых для зимы «прижимных» северо-восточных и «отжимных» юго-западных ветрах вероятность дрейфа по ветру мала. Определенной закономерности в распределении углов отклонения дрейфа от ветра этих румбов не наблюдается. Достаточно высокая повторяемость больших углов отклонения дрейфа от ветра ($\alpha_{др} > 45^\circ$) для всех румбов, не совпадающих с генеральным дрейфом (ЮВ, ЮЗ, СВ четвертей), свидетельствует о неоднородности полей ветра и дрейфа, и о значительной роли не ветровых составляющих в изменении характера дрейфа. Анализ условий дрейфа льда в штилевую погоду показал, что после действия ветров северо-западной четверти устойчивость генерального дрейфа льда на юго-восток практически не нарушается. После продолжительных и устойчивых ветров юго-восточной четверти вероятность инерционного дрейфа льда на северо-запад или распространение его на юго-восток равновелики. На отдельных безветренных участках побережья дрейф льда против постоянного течения на северо-запад или под некоторым углом к нему обуславливается господствующим в смежных более южных районах юго-восточным ветром, создающим сначала подпор дрейфующим льдам, затем перемещение их против течения. Последнее свидетельствует о передаче энергии дрейфа плавающих льдов на значительные расстояния. Неравномерность дрейфа льда, связанная с пространственно-временной неоднородностью внешних сил (ветер, течение), выражается не только в большой изменчивости углов отклонения дрейфа от направления ветра, но и в ширине диапазона значений коэффициентов дрейфа $K_{др}$, представляемых отношением скорости дрейфа $V_{др}$ к скорости ветра V_a :

$$K_{др} = V_{др} / V_a. \quad (1)$$

Чем меньше $K_{др}$, тем медленнее осуществляется перемещение плавающих льдов при равных ветровых условиях. Согласно исследованиям дрейфа льдов в Арктическом бассейне, коэффициент дрейфа зависит от скоростей ветра и течений (их пространственно-временной изменчивости), от характера дрейфа, размеров льдин, взаимодействия льдов между собой, встречи льда с препятствием, неоднородности поля сплоченности и ряда других факторов.

Для прибрежной зоны исследуемого района явно выраженной зависимости $K_{др}$ от скорости ветра не обнаружено. Отмечается лишь некоторая тенденция уменьшения $K_{др}$ с усилением ветра (табл. 5). Последнее объясняется тем, что при сильных ветрах вблизи побережья происходит более быстрое сплочение льда и потеря энергии движения, что

снижает скорости дрейфа. Наибольшее значение $K_{др}$ ($K_{др} > 0,100$) наблюдается чаще всего при слабых ветрах для случаев дрейфа одиночных льдин, редких и разреженных скоплений льда. Поэтому при выносе плавучих льдов из смежных районов и дрейфе их по ветру в передней части скопления льдов преобладают разреженные льды, что подтверждается данными ледовых авиаразведок (рис. 94).

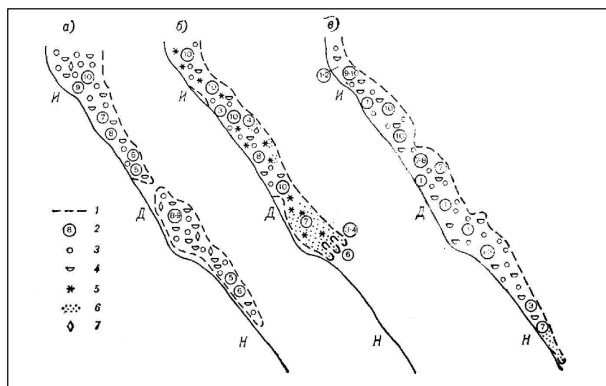


Рис. 94. Распределение плавучего льда на участке от Изберга (И) до Ннзовой Пристанн (Н): (а) – 28 февраля 1972 г.; (б) – 8 января 1957 г.; (в) – 3 февраля 1969 г.

1 – граница кромки плавучего льда; 2 – сплоченность льда (баллы); 3 – крупнобитый лед; 4 – мелкобитный лед; 5 – снежура; 6 – сало; 7 – обломки ледяных полей.

Последнее, повидимому, объясняется ослаблением передачи энергии зейфа с увеличением расстояния от района выноса (о. Чечень - Тюлений).

Для преобладающего зимой северо-западного ветра $K_{др}$ составляет 0,022-0,055, т.е. оказывается близким к величинам $K_{др}$ для северной части моря и значительно превышает коэффициент установившегося дрейфа льдов в Арктическом бассейне. Статистические обобщения синхронных наблюдений за скоростью ветра, и дрейфа $V_{др}$ представляют возможным по преобладающим значениям подсчитать не только общую скорость перемещения льда при различной силе северо-западных ветров (за конкретные временные интервалы – час, сутки), но и определить время, необходимое для смещения плавучих льдов между смежными участками побережья. При использовании расчетных данных, приведенных в табл. 40, рекомендуется в случаях слабых ветров и дрейфа редких и разреженных льдов принимать верхний предел значения $K_{др}$.

Скорость дрейфа льда обычно изменяется по ширине полосы плавучих льдов от минимальных значений у уреза берега до скорости свободного дрейфа в мористых участках. Влияние кромки или берега сказывается более чем до середины полосы дрейфующих льдов. Наибольшие скорости дрейфа характерны для вдольбереговых ветров северо-западной четверти, наименьшие значения $V_{др}$ – для юго-восточных ветров.

Поэтому плавучие льды распространяются на юг до Апшерон лишь в зимы с преобладанием на Северном и Среднем Каспии ветров северной четверти (СЗ, С, СВ). В случае большой повторяемости ветров Восточных румбов (СВ, В, ЮВ) вынесенный к берегам Дагестану фавучный лед не проникает далеко на юг (зимы 1945-46, 1956-57, 1958-59 гг. и др.).

При смене северо-западных ветров на юго-восточные скорость дрейфа у южной кромки льда уменьшается сначала у берега, затем в мористых участках, и общая картина дрейфа усложняется. Неоднородность поля скоростей дрейфа нередко обуславливает

формирование зон с вращательным движением льдин или дрейфа их в противоположном направлении.

Таблица 40.

Оценка интенсивности дрейфа льда вдоль западного побережья Среднего Каспия при различных скоростях ветра.

Скорость ветра, м/с	Район дрейфа			
	Махачкала	Изберг	Дербент	Апшерон
Преобладающий коэффициент				
	0,020	0,010-0,035	0,005-0,025	Кдр
Скорость дрейфа льда (м/с)				
5	0,10-0,25	0,05-0,18	0,02-0,12	
10	0,20-0,50	0,10-0,35	0,05-0,25	
15	0,30-0,75	0,15-0,52	0,08-0,38	
20	0,40-1,00	0,20-0,70	0,10-0,50	
25	0,50-1,25	0,25-0,88	0,12-0,62	
Перемещение льда за сутки (км)				
5	8,6-21,6	4,3-15,1	2,2-10,8	
10	17,3-43,2	8,6-30,2	3,3-31,6	
15	25,9-64,8	12,9-45,4	6,5-32,3	
20	34,6-86,4	17,3-60,5	8,6-43,2	
25	43,2-108,0	21,6-75,6	10,8-54,0	
Время перемещения льда между соседними пунктами (сутки)				
5	9-3	18-58	3-16	
10	4-2	9-24	2-8	
15	3-1	5-2	28-6	
20	2-1	4-1	21-4	
25	2-1	3-1	16-3	
Время перемещения льда (сутки) от заданного района к Апшерону				
5	110-25	100-21	83-16	
10	55-12	50-11	42-8	
15	36-8	33-7	28-6	
20	28-6	25-5	21-4	
25	22-5	20-4	16-3	

Данные инструментальных измерений дрейфа льда в период ледового патрулирования позволили оценить не только влияние неравномерности поля ветра на дрейф льда, но и учесть характер движения льдов, а также роль внутренних сил взаимодействия между льдинами. Скорость дрейфа увеличивается с усилением ветра. Однако подобную связь нельзя рассматривать однозначно без учета особенностей ветровых полей и поля сплоченности, т.е. распределения плавучих льдов в пределах скопления. Согласно наблюдениям в период 11-14 февраля 1969 г. за скоростью ветра и дрейфа вдоль ледового профиля на траверзе Дербента, зависимость скорости дрейфа от квадрата скорости ветра имеет линейный вид. При этом скорость дрейфа ровных льдин несколько меньше скорости торосистых, обладающих большой парусностью.

Значительную роль в изменении скорости дрейфа плавучих льдов и перемещения южной кромки играет характер ветра – его прямолинейность или завихренность и поперечная неравномерность распределения скоростей ветра. С увеличением завихренности поля ветра ($\text{rot } V_a$) скорость дрейфа льда может уменьшаться даже с усилением ветра. Случаи уменьшения скорости перемещения кромки льда при увеличении скорости ветра и дрейф скоплений льда против ветра, связанные с завихренностью поля ветра в замкнутых барических образованиях или при переходном поле ветра, неоднократно отмечались в зиму 1968-69 г.

Для получения графической связи $V_{\text{др}} = (\text{rot } V_a)$ завихренность ветра подсчитывалась по данным наблюдений за дрейфом и ветром у южной кромки

льдов в четырех точках (с двух судов в поясе льда и двух ГМС у побережья) в конечных разностях по формуле:

$$\text{rot } V = dV_x/dx - dV_y/dy, \quad (2)$$

где V_x, V_y — проекции скоростей ветра на соответствующие координатные оси, направленные перпендикулярно берегу (K_x) и параллельно ему (V_y).

Как следует из графика, с увеличением завихренности ветра скорость перемещения скоплений льда относительно берега уменьшается и оказывается незначительной даже в период штормовых ветров. Согласно фактическим наблюдениям, углы отклонения дрейфа от направления ветра при рассматриваемом типе ветрового поля варьируют в больших пределах.

Если поле скоростей дрейфа неоднородно, то во льду возникают внутренние деформации, проявляющиеся в сжатиях и торшениях, в передаче и обмене импульсов энергии движения. Поэтому целесообразно рассматривать дрейф как движение статистического ансамбля льдин различных геометрических размеров, взаимодействующих друг с другом, сопровождающегося изменением сплоченности и самого дрейфа.

В процессе дрейфа сплоченных льдов под действием ряда факторов происходит встреча (конвергенция), столкновение и последующий совместный дрейф отдельных льдин — их динамическая коагуляция. У сплоченных льдов, лишенных свободы движения, время динамической коагуляции велико и в результате несколько связанных между собой льдин дрейфуют медленнее одиночной льдины, близкой им по площади. Влияние сил давления льдин друг на друга распространяется на большие расстояния, последовательно ослабевая.

При сплоченности скопления до 5-6 баллов движение отдельной льдины меньше зависит от дрейфа соседних льдин и взаимодействия их с различных сторон равновелики. Согласно анализу результатов учтенных наблюдений, за скоростью перемещения льдины, фиксированной радиотрактором в течение 5 ч, нормированные функции распределения отклонений скорости дрейфа (осредненного по 10-минутным интервалам) от среднего значения зависят от сплоченности льда. При сплоченности 5-6 баллов отклонения скорости дрейфа отдельной льдины от среднего значения подчинены закону нормального распределения Гаусса (рис. 95а).

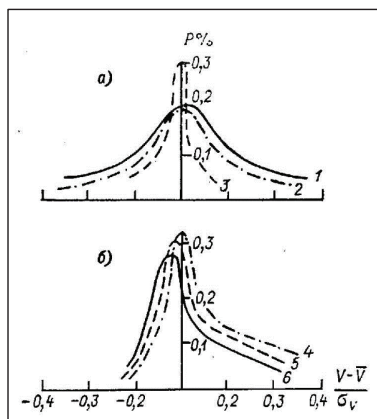


Рис. 95 а,б. Нормированные функции распределения скоростей дрейфа фиксированной льдины при различной сплоченности льда: (а) — 5-6 баллов; (б) — 8-10 баллов.

Для дрейфующих льдов сплоченностью 8-10 баллов кривая распределения отклонений имеет асимметричный вид и представляет собой кривую распределения вероятности Пирсона III типа (рис. 95 б). Объяснить это можно следующим образом. Известно, что случайная величина (в вероятностно-статистическом смысле) подчинена нормальному закону распределения Гаусса в случае, если она является результатом взаимодействия очень большого числа факторов, вероятность каждого из которых очень мала. При небольшой сплоченности льда перемещение каждой отдельной льдины мало зависит от движения других льдин, а взаимодействие их между собой равновелико. В сплоченных льдах взаимные удары льдин порождают силы, являющиеся силами внутренними. Влияние сил давления льдин друг на друга распространяется на значительные расстояния. Этим объясняется большое отклонение скорости дрейфа от среднего значения в сплоченных льдах.

Связь скорости дрейфа сплоченного льда (больше 8 баллов) со скоростью ветра $V_{др} = f(V_a)$ при различном характере движения плавучих льдов, построенная по данным наблюдений близ устья р. Сулак в середине февраля 1969 г. для случаев безвергентного, конвергентного и дивергентного дрейфа, оказалась нелинейной. Результаты анализа показали, что для равных ветровых условий скорость дивергентного дрейфа меньше, чем безвергентного (в случае последнего сопротивление движению наименьшее). Минимальные скорости дрейфа наблюдаются при конвергенции плавучих льдов, когда большая часть энергии дрейфа не только теряется в момент столкновения льдин, но и расходуется на преодоление сил сопротивления перемещению льда.

Наибольшая повторяемость конвергенции и дивергенции дрейфа присуща переходному типу ветрового поля, при котором зоны конвергенции чаще всего возникают в центральной части полосы плавучих льдов или у побережья. Дрейф льда в пределах этих зон характеризуется неоднородностью поля скоростей и перемещением отдельных коагулированных участков льда под различными углами относительно направления ветра. Интенсивность изменения сплоченности и дрейфа в поясе плавучих льдов зависит от характера поля ветра, от внутренних сил взаимодействия между льдинами, от направления дрейфа относительно препятствия. Известно, что наибольшие флуктуации сплоченности характерны для дрейфа по нормали к берегу или встречному препятствию. Зоны отжима льда обычно приурочены к участкам изгиба берега, где нарушается прямолинейность дрейфа.

На участке от Махачкалы до Низовой Пристани увеличение сплоченности льда с последующим сжатием и нажимом его на берег происходит при ветрах двух взаимно противоположных румбов – северо-западном и юго-восточном. В первом случае сплочение льда и дрейф его на юг связаны с интенсификацией выноса тяжелых льдов из Северного Каспия вслед за усилением в зоне выноса ветров северных румбов (СЗ, С, СВ) до 16-20 м/с и более. Под напором на плавучие льды новых порций мощных льдов, поступающих из Северного Каспия, происходит не только ускорение дрейфа, но и увеличение сплоченности льда. Однако наиболее интенсивные сплочения и сжатия льда, сопровождающиеся торшением, отмечаются с установлением ветров восточных румбов (СВ, В, ЮВ) после штормовых северо-западных. Поворот дрейфа льда на северо-запад и последующее торосообразование у берега создают угрозу существованию гидротехническим сооружениям Дагестана.

Из совмещенного графика временной изменчивости скорости юго-восточного ветра и сплоченности льда в 20 км от берега у Дербента, построенного по участенным наблюдениям на ледовом разрезе 11-14 февраля 1969 г. (рис. 96), видно, что с увеличением скорости юго-восточного ветра сплоченность льда быстро возрастает. При стабилизации скоростей сплоченность сначала уменьшается, затем остается постоянной.

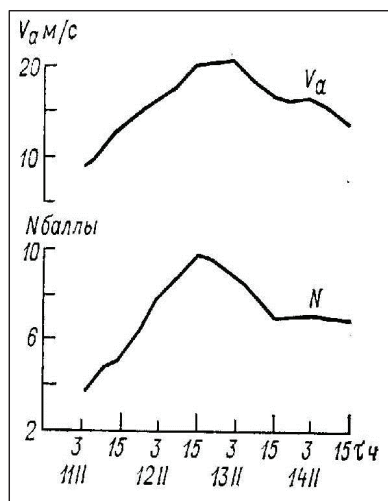


Рис. 96. Совмещенный график хода скорости ветра (V_a) и сплоченности льда (N) 11-14 февраля 1969 г. на траверзе Дербента.

Статистическое обобщение данных инструментальных наблюдений за распределением и дрейфом льда в зоне выноса тяжелых льдов в феврале 1969 г. и данных измерений скорости дрейфа вдоль побережья от Избербаша до Дербента только за зиму 1953-54 г. позволило получить некоторые эмпирические (качественные и графические) зависимости и сделать предварительные выводы о связях дрейфа льда с внешними и внутренними силами, обуславливающими пространственную неоднородность поля дрейфа.

Разработка надежных схем дрейфа льда для западного побережья Среднего Каспия и уточнение полученных в работе зависимостей требует постановки регулярных инструментальных ледовых и специализированных гидрометеорологических наблюдений на современном научно-техническом уровне по всей полосе тяжелых плавучих льдов, выносимых из северной части моря.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ

1. Атлас льдов Каспийского моря -Л.: Гидрометеиздат, 1961. - 85 с.
2. Веселова Л.Е. Ледяной покров Каспийского моря, условия его образования и развития, - Труды ГОИН, 1956, вып. 24, с. 56-146.
3. Валлер Ф.И., Егоров И.Г. О преобладающем переносе вод Северного Каспия в навигационный и ледовый периоды // Сборник работ Астраханской ГМО. 1980. Вып. 2. С. 73-92.
4. Веселова Л.Е. Гидрометеорологические условия выноса плавучих льдов вдоль западного побережья Среднего Каспия к району Апшерона // Пути изучения гидрометеорологического режима и освоения акваторий нефтяных промыслов Каспийского моря. - Баку, 1956. - С.90-94.
5. Веселова Л.Е., Ганиев Н.А. Дрейф льда у западного побережья Среднего Каспия // Тр. ЗакНИГМИ. - 1981, Вып. 78(84). - С.41-58.

6. Глаголева М.Г. Дрейф льда в прибрежных районах // Тр. ЦИП, Вып. 17, 1950. – С.159-166.
7. Гюль К.К. Ледовый режим Каспийского моря. — Труды ИГАН АзССР, 1955, т. 5. с. 72.
8. Дорони Ю.П., Хейсн Д.Е. Морские льды. - Л.: Гидрометеиздат, 1975. - 318 с.
9. Зубов Н. Н. Морские воды и льды. - М.: Гидрометеиздат, 1938. - 453 с.
10. Ивченко В.О., Хейсн Д.Е. Определение внутренних напряжений в ледяном покрове, возникающих при дрейфе льда. — Проблемы Арктики и Антарктики, 1974, вып. 43-44, с. 84-91.
11. Никифоров Е.Г., Гудкович З.М. и др. Основы методики расчета перераспределения льда в арктических морях в навигационный период под воздействием ветра. - Труды ААНИИ, 1967, т. 257, с. 5-25.
12. Рузин М.И. О ветровом дрейфе льдов в неоднородном поле давления-Труды ААНИИ. 1959, т. 226, с. 123-135.
13. Справочник по климату СССР, вып. 15, ч. 3. - Л.: Гидрометеиздат, 1966, - 218 с.
14. Справочник по климату СССР, вып. 13, ч. 3. - Л.: Гидрометеиздат, 1967. - 329 с.
15. Тимохов Л. А. К вопросу о динамике и кинематике льдов. - Труды ААНИИ, 1967. т. 1281, с. 130-136.
16. Тимохов Л. А. О динамике ледяного покрова и изменении его сплоченности. — Труды ААНИИ. 1967, т. 257, с. 125-134.
17. М.Яковлев В.Н. Обзор методов расчета дрейфа и сплоченности льда о море, -Труды ЦИП, 1965, вып. 146, с. 107-116.
18. Аполлов Б.А. Защита нефтяных промыслов Аншерона от льда // Пути изучения гидрометеорологического режима и освоения акваторий нефтяных промыслов Каспийского моря. — Баку, 1959. — С.88-89.
19. Бухарицин П.И. Расчет и прогноз толщины наслоенного льда в судоходных районах северо-западной части Каспийского моря // М и Г. 1986, №4. — С.87-93.
20. Бухарицин П.И. Особенности ледового режима и методы прогноза ледовых условий северной части Каспийского моря; Дис. на соискание уч. степ. канд. геогр. наук. — ААНИИ, Ленинград, 1987. 149с.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЛЕДОВОМ РЕЖИМЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

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. Температура воздуха, при всех типах зим в восточной части Северного Каспия всегда ниже, чем в западной.

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. лед отмечался в юго-восточной части побережья, между мысом Бурунчук и Балашовскими шалыгами.

Еще пример: 23 января 1948г., по данным авиаразведки, отмечено распределение льдов характерное больше для ноября, чем для января – вдоль берегов узкой полосой шириной 15 – 20 миль проходила зона припая. Западнее этой зоны, также в виде узкой полосы шириной 15-20 миль располагался плавучий лед.

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 – 90 см была отмечена 8 марта 1930 г. 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 наполнению ледяных полей на берег и проникновению льдин на несколько километров вглубь побережья.

При сильном ветре (7-8 баллов) скорость дрейфа сплоченных льдов достигает 0,5 м/с. Скорость дрейфа разреженных льдов уже при ветре силой 4-5 баллов 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.

Широкий диапазон колебаний температуры воздуха в пределах одной зимы и в многолетнем плане обуславливает многообразие видов термической стратификации ледяного покрова.

ТЕМПЕРАТУРА ЛЬДА

На поверхности ледяного покрова, как правило, снега нет или высота снежного покрова не превышает нескольких сантиметров. Поэтому суточный ход температуры на поверхности ровного льда повторяет температуру воздуха при сдвиге максимума на 2-3 часа (Гидрометеорология ... , 1992). Это подтверждается результатами синхронных наблюдений за температурой воздуха и температурой различных слоев льда.

Как следует из многолетних наблюдений, наиболее чувствительными к похолоданиям и потеплениям оказываются верхние слои льда. В приводной части льда вследствие теплообмена между льдом и водой преобладают значения температуры льда до -1 ... -2°C. Только после интенсивных похолоданий с понижением температуры воздуха до -18 ... -20 значение температуры в приводном слое льда может понизиться до -4....-8°C. (Гидрометеорология ... , 1992).

Большая изменчивость теплового баланса на поверхности льда, определяющая нестационарность тепловых потоков через лед и непостоянство теплофизических характеристик при структурных неоднородностях льда, обуславливает сложный характер и многообразие термической стратификации льда Северного Каспия.

Суточный ход температуры на поверхности гладкого льда в основном повторяет ход температуры воздуха со сдвигом максимума на 2-3 часа. В соответствии с результатами наблюдений суточные колебания температуры воздуха в 1,5-2 раза больше колебаний температуры в поверхностном слое льда, которая обычно отличается от температуры воздуха на 1 - 3°C, а при похолоданиях эта разница увеличивается до 8 - 9°C.

Широкий диапазон колебаний температуры воздуха в пределах одной зимы и в многолетнем аспекте обуславливает многообразие видов термической стратификации

ледяного покрова. Наиболее «чувствительными» к похолоданиям и потеплениям оказываются поверхностные слои льда. В приводной части льда вследствие контактного теплообмена на границе вода-лед преобладают значения температуры льда до $-1 \div -2^{\circ}\text{C}$. Только после интенсивных устойчивых похолоданий с понижением температуры воздуха до $-18 \div -20^{\circ}\text{C}$ и ниже значения температуры в приводном слое льда могут понижаться до $-4 \div -8^{\circ}\text{C}$.

При слабых морозах (до -5°C) преобладает распределение температуры льда, близкое к гомотермии. С понижением температуры до $-10 \div -20^{\circ}\text{C}$ и ниже в молодом льду создается резкий контраст температуры между верхней и приводными частями льда.

В серо-белом льду при похолоданиях в верхнем слое (от 0 до 15 см) формируется слой скачка температуры, а ниже наблюдается незначительное повышение температуры.

В белом льду толщиной более 50 см наибольшие колебания температуры отмечаются в слое 0 – 40 см. При резких похолоданиях (температура воздуха ниже $-18 \div -20^{\circ}\text{C}$) температура на поверхности льда понижается до $-13 \div -15^{\circ}\text{C}$; на горизонте 40 см до $-5 \div -7^{\circ}\text{C}$. Такого же порядка изменения температуры происходят на нижней границе льда.

Значительная изменчивость температуры поверхностного слоя льда и относительная стабильность термических условий в нижней части ледяного покрова сопровождаются термическими деформациями льда, что происходит не только из-за фазовых изменений в ячейках с рассолом, но и за счет нарушения его структуры и целостности (образование термических трещин) и изменения прочностных показателей льда.

Как следует из распределения температуры в ледяном покрове на 1 «вековом» разрезе (о. 3-В Шалыга – о. Кулалы), наиболее «чувствительными» к похолоданиям и потеплениям оказываются поверхностные слои льда. В приводной же части ледяного покрова, вследствие контактного теплообмена на границе вода – лед, преобладают значения температуры льда до $-1 \dots -2^{\circ}\text{C}$.

Только после интенсивных и устойчивых похолоданий, с понижением температуры воздуха до $-18 \dots -20^{\circ}\text{C}$ и ниже, значения температуры в приводном слое льда могут понижаться до $-4 \dots -8^{\circ}\text{C}$ (рис. 97). При слабых морозах (до -5°C) преобладает распределение температуры льда, близкое к гомотермии. С понижением температуры до $-10 \dots -20^{\circ}\text{C}$ и ниже в молодом льду создается резкий контраст (градиент) температуры между верхней и приводной частями льда. В серо – белом льду при таких похолоданиях в поверхностном слое (от 0 до 10 – 15 см) формируется слой температурного скачка, а ниже наблюдается незначительное повышение температуры льда. В белом льду толщиной более 50 см наибольшие колебания температуры отмечаются в слое 0 – 40 см. При более резких похолоданиях, ниже $-18 \dots -20^{\circ}\text{C}$, температура поверхности льда может понижаться до $-13 \dots -15^{\circ}\text{C}$, на горизонте 40 см до $-5 \dots -7^{\circ}\text{C}$. Такого же порядка изменения температуры происходят на нижней границе льда.

СОЛЕННОСТЬ ЛЬДА

Значительная изменчивость температуры поверхностного слоя льда и относительная ее стабильность в нижней части ледяного покрова сопровождаются термическими деформациями льда, что приводит к фазовым изменениям в ячейках с рассолом, нарушению его целостности (образованию термических трещин) и структуры, а, следовательно, и изменению прочностных характеристик льда.

Преобладающая соленость льда открытых районов Северного Каспия равна 1-2 ‰ (Гюль, Ганиев, 1973; Лукьянова, 1965). При приближении к северным берегам Каспия соленость льда по толщине не выходит за пределы 10‰. Соленость наслоенного и ровного льда находится в пределах 0,2 ‰ (верхний слой) – 0,8 ‰ (слой на глубине 40 см). Лед, образующийся из морской воды, состоит из трех элементов: пресного льда, твердых солей и рассола. Соленость морского льда зависит от трех основных факторов: солёности воды,

из которой образовался лед, величины и скорости понижения отрицательной температуры и возраста льда. Чем скорее понижалась температура воды (льда) при ледообразовании, тем большую соленость будет иметь образовавшийся лед. Каждой температуре льда соответствует строго определенная концентрация и состав рассола. Количество рассола, приходящегося на единицу веса льда, пропорционально его солености.

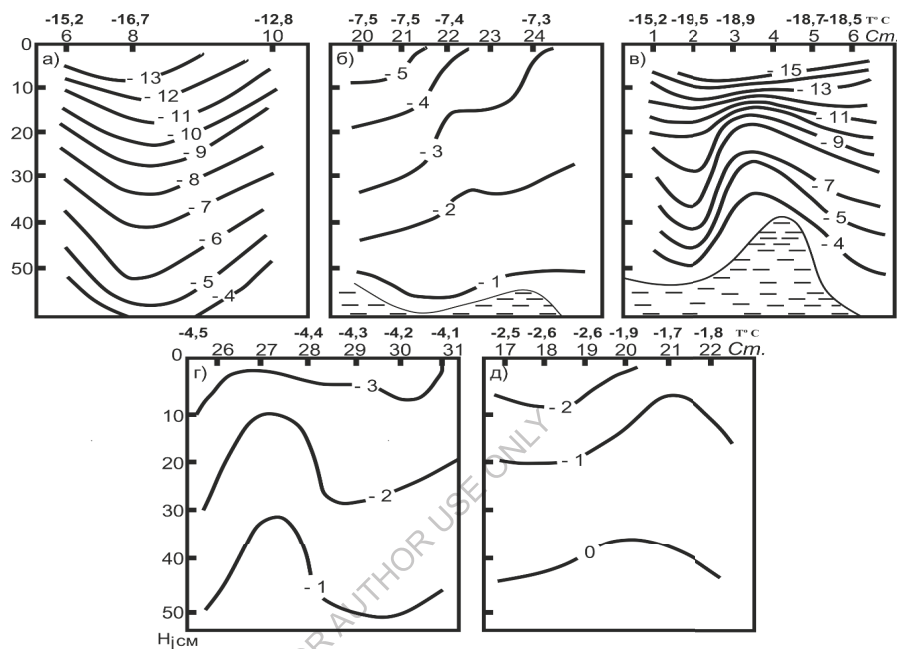


Рис. 97. Распределение по толщине температуры ледяного покрова (°C) на стандартных разрезах Северного Каспия: а) – разрез I, 31.01. - 01.02.1972 г.; б) – разрез II, 17.02.1972 г.; в) – разрез III, 23.01.1973 г.; г) – ВКМСК (морская часть), 01.03.1972 г.; д) – разрез II, 20-21.01.1974 г.

Процесс формирования ледяного покрова в Северном Каспии можно представить следующим образом. В придельтовой отмелой зоне взморья, где перед ледообразованием располагаются пресные воды, образуется однородный пресный лед. На остальной акватории формируется неоднородный по вертикали слоистый лед, происхождение которого обуславливается сменой условий ледообразования и в первую очередь соленостью воды. Лед состоит из нескольких слоев различной толщины: верхний слой из воды, характерной для этого района осенью, промежуточный - из почти пресной воды и третий, нижний слой, образующийся в конце процесса ледообразования – из очень распресненной воды.

Толщина промежуточного слоя льда к концу процесса ледообразования увеличивается по мере удаления от дельты реки Волги до кромки припая. Этот слой обычно может быть более тонким, чем верхний и нижний слой льда. В очень суровую зиму вся пресная речная вода, поступившая на взморье в ледовый период, может превращаться в лед.

Такой процесс ледообразования обуславливает вертикальное распределение солености льда. По данным ледохимических наблюдений в Северном Каспии в 1985-1986 гг. (Гидрометеорология и гидрохимия морей..., 1996) в прикромочной области наибольшую

соленость имели поверхностные слои льда (от 1,1 до 0,05 ‰), соленость промежуточного слоя колебалась от 0,2 до 0,04 ‰, соленость приводного слоя льда не превышала 1,0 ‰.

В различные годы соленость льда в разных районах Каспия значительно меняется. Так, соленость льда в дельте Волги в 1952 году была в два раза выше, чем в этом же районе в 1985–1986 гг.; соленость льда в прикромочной области в феврале 1960 г. составляла 0,05–3‰, а в феврале 1960 г. 3,9–5,0 ‰ (Гидрометеорология и гидрохимия морей..., 1996).

Столь значительные изменения солености льда во времени определяются в основном климатическими условиями, которые влияют на интенсивность ледообразования, гидрологические процессы, изменяющие соленость и химический состав замерзающей воды, структуру образующегося льда и т.д. Поэтому химический состав льда и его соленость должны уточняться для каждой из структур в ходе дальнейших ледовых изысканий.

Результаты натурных измерений температуры и солености льда, проведенных автором в феврале 2008 года, не отличаются от результатов, полученных ранее другими авторами.

Совместный анализ текстуры ледяного покрова и среднедекадных температур воздуха полученных в течение всего зимнего периода кернов льда позволяет с высокой степенью точности определить время прохождения этих процессов. Проведение такого анализа облегчается также и тем фактором, что интенсивное формирование ледяного покрова прошедшей зимой происходило в январе и феврале, когда среднедекадные и, соответственно, среднемесячные температуры воздуха были близки соответственно –20 и –10° С. При таких ее значениях максимальная толщина ровного льда к моменту выполнения исследований достигла значения 55–60 см.

Молодой лед, начавший формироваться после первой подвижки ледяного покрова, к моменту второго его взлома достигал толщины 13–14 см. Взаимодействуя с несколько более толстыми ледяными полями, обломки этого молодого льда образовывали надвиги, о чем свидетельствуют ярко выраженные текстурные границы в выбуренных кернах. К моменту исследований толщины такого наслоенного льда составляли 55–57 см.

В свою очередь молодой лед, образовавшийся после вторичного взлома и подвижки ледяного покрова, в конце февраля имел толщину 27–29 см.

Наслоенный лед с максимальными толщинами, составлявшими 80–86 см сформировался в результате процесса торошения ненарушенного ледяного покрова при его толщине 32–34 см в конце февраля.

Лед такой значительной толщины формировался в основном при надвигах этих обломков на трехслойные структуры, образовавшиеся после первых подвижек ледяного покрова. Молодой лед, начавший нарастать в этот период на открытых участках чистой воды в полыньях и разводах, к моменту проведения работ достигал толщины 23–24 см.

ПЛОТНОСТЬ ЛЬДОВ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Плотность льдов Северного Каспия, в пределах центральной и восточной части, колеблется от 830 до 970 кг/м³. Наибольшая изменчивость плотности льда приходится на верхние слои (до 83 кг/м³), которые чаще подвергаются термическим деформациям. Амплитуда изменений плотности льда постепенно уменьшается от верхних слоев к нижним.

Представляет интерес повторяемость плотности льда различной структуры в периоды его роста, разрушения и за зиму в целом. Наибольшие частоты в период развития льда (январь–февраль) приходятся на плотность льда 900 кг/м³, в период разрушения преобладают льды с плотностью 870–890 кг/м³, максимум частот смещается к 880 кг/м³. Для льда кристаллической и переходной структур резко выраженный максимум частот (35%) соответствует плотности льда 900 кг/м³. Для льда зернистой структуры распределение частот плотности льда более сглаженное (рис. 98).

Осредненные значения плотности льда по слоям и для льдины в целом для района Гурьевской бороздины показали, что диапазон изменчивости плотности в пределах слоя почти в 1,5–2 раза меньше, чем для отдельных образцов. Изменения средней для льдины плотности сравнительно невелики. Если плотность отдельных образцов льда изменялась от 829 до 926 кг/м³, то колебания плотности льдин в целом составляют 862–900 кг/м³.

Плотность льда влияет на его механические свойства, осадку и плавучесть ледяного покрова. Средняя плотность льдины является одним из показателей ее плавучести, выражаемой коэффициентом плавучести $P_0 = (\rho_w - \rho_i)$, которой характеризуется массой груза, заставляющего тонуть 1 м³ льда.

В таблице 41. приведены значения плавучести (P) льда, рассчитанные для льда различной плотности (ρ_i), толщины (H_i) и размеров (ℓ_i, S_i) по акватории Северного Каспия.

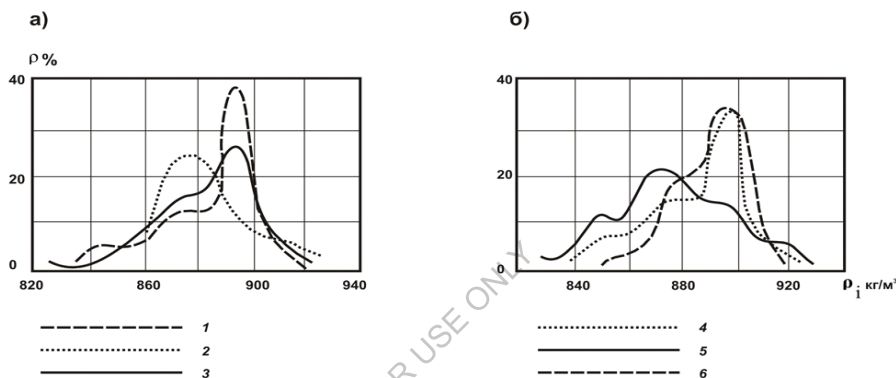


Рис. 98. Распределение частот P плотности льда ρ_i :

а) – в период развития (1), разрушения (2), и в целом за зиму (3); б) – для льда разной текстуры: кристаллической (4), зернистой (5) и переходной формы (6).

Мы видим, резкие и значительные колебания основных метеорологических параметров (температуры, давления, влажности воздуха, а также направления и скорости ветра) приводят к образованию неустойчивого ледяного покрова в открытых районах Северного Каспия:

1. На большей части акватории северного Каспия преобладает лед слоистой структуры, вероятность образования которого 60–70 %.

2. Наибольшая частота плотности льда приходится на интервалы 870–900 кг/м³.

3. Предел прочности при сжатии льда в отдельных случаях может достигать 5–6 МПа, а предел прочности при изгибе не превышает значения 2,2 МПа, наибольшие частоты приходится на диапазон 0,4–1,2 МПа.

4. Физическое состояние ледяного покрова обуславливается его охлаждением или прогревом, что привело к гомотермии при температуре льда близкой к 0°C. Слабо отрицательные температуры льда наблюдались лишь в поверхностных слоях. Соленость льда изменялась в пределах 0,1–0,4 ‰. Текстура характеризовалась слоистостью, лед состоял из изометрических и мелкозернистых кристаллов. Торосистые образования относились к блоковому или наслоенному типам.

5. Средние значения пределов прочности при изгибе образцов льда в виде круглых пластин изменялись в интервале 0,6–1,4 МПа (верхний предел был получен в 2003 г. для наслоенных льдов и в 2005 г. для торосистых образований).

6. Средние значения пределов прочности при изгибе консолей на плаву составили:

0,2 МПа в 2002 г. и 0,3 МПа - в 2003-2004 гг. (эти значения примерно в 3-4 раза меньше данных, полученных при испытаниях круглых пластин).

7. Значения пределов прочности при одноосном сжатии призматических образцов в направлении, параллельном поверхности льда, изменялись в пределах 1,0-2,1 МПа (для сравнения: максимальная прочность наслоенных льдов отмечалась в 2003 г., для торосистых образований в 2005 г. прочность достигала 1,8 МПа).

8. Наиболее интенсивные подвижки и наслоения льда и происходят при усилении ветра западной и восточной четверти. Это приводит к возникновению зон разрежений и образованию полыней и разводий в ледяном покрове с наветренной стороны и образованию зон сплочённых льдов и наслоений с подветренной стороны. Процессы торосообразования и экзорации (взаимодействия дрейфующего льда с донным грунтом), а также образование стамух усиливаются при резкой смене направления действия ветра (и подлёдных течений) на противоположное.

Таблица 41.

Значения плавучести (Р) льда, рассчитанные для льда различной плотности (ρ_i), толщины (Н_и) и размеров (ℓ_i , S_i) по акватории Северного Каспия.

ρ_w кг/м ³	1000				1005			
ρ_i кг/м ³	860	920	860	920	860	920	860	920
P ₀	140	80	140	80	145	85	145	85
H _и см	30		50		30		50	
Мелкобитый лед, $\ell_i=1\text{м}$, S _i =1м ²								
P кг....	42	20	70	40	44	26	72	42
$\ell_i=5\text{м}$, S _i =25м ²								
P кг....	1050	600	1750	1000	1100	650	1800	1050
$\ell_i=10\text{м}$, S _i =100м ²								
P кг....	4200	2400	7000	4000	4400	2600	7200	4200
Крупнобитый лед $\ell_i=50\text{м}$, S _i =2500м ²								
P т....	105	60	175	100	110	65	180	105
$\ell_i=100\text{м}$, S _i =10000м ²								
P т....	420	240	700	400	440	260	720	420
Ледяные поля $\ell_i=500\text{м}$, S _i =250000м ²								
P т....	10500	6000	17500	10000	11000	6500	18000	10500

Примечание: превышении указанных в таблице нагрузок лед теряет свою плавучесть. Более крупные по площади и толщине льды (или припай) выдерживают нагрузки, значительно превышающие значения, приведенные в таблице 2.1.1.

Центральные районы Северного Каспия характеризуется тем, что во все типы зим (суровые, умеренные и даже мягкие) здесь наблюдаются, как правило, сплочённые плавучие льды. Вследствие этого они малоподвижны, даже при воздействии сильного ветра. Малые глубины (от 4,5 до 9,0 м) способствуют интенсивному торосению и образованию большого числа стамух (торосистых образований, сидящих на грунте), что также существенно препятствует свободному дрейфу ледяных полей, так как энергия движущегося льда

расходуется на торошение, в заимодействие с грунтом и образованием застамушенных участков, непреодолимых для плавающих льдов. В результате выполненных авиаработ в зимний сезон 2015 г. установлено, что происходило два важных процесса, формирующие ледяной покров на данном участке акватории Северного Каспия.

Во первых, шло постепенное увеличение толщины ровного льда естественного (термического) нарастания. Наблюдённая толщина льда колеблется в пределах от 24 до 55 см.

Во вторых, под воздействием преобладающих ветров восточных направлений, в ледяном покрове происходили интенсивные подвижки, что вызвало процессы его наслоения и торошения. В результате, практически вся акватория моря была покрыта сплошным (10 баллов) плавающим, сильно наслоённым льдом. Толщина льда в наслоениях значительно превышала 1 метр, а количество слоёв достигало 5-8. На многих точках наслоенный лёд достигал дна (при глубине моря от 4 до 8 м).

Исследование каналов во льду, образовавшихся в результате взаимодействия дрейфующих льдов с неподвижными стамами, позволило определить преобладающее направление, среднюю скорость и суммарное расстояние, на которое переместился ледяной покров за весь период:

Преобладающее направление дрейфа – 270-300°;

Суммарное расстояние, на которое переместился ледяной покров за период с 13 января по 03 марта 2015г. составило от 400 до 2500 м. Средняя скорость движения ледяного массива за этот период составила от 10 до 50 м/сутки. Следует отметить, что в отдельные дни, при усилениях ветра до штормового, максимальная скорость дрейфа льда могла многократно превышать его среднюю скорость.

Исследования, выполненные на Северном Каспии в ледовый период 2014/2015гг. подтвердили ранее высказанные предположения об угнетающем влиянии ледовых процессов на условия формирования и развития биоценозов.

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 выпавиванию (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. Например, подводные исследования показали, что каспийские раки не строят своих нор на тех участках морского дна, которые эпизодически подвергаются выпавивающему воздействию льдов. В период весеннего разрушения ледяной покров может играть и положительную роль, очищая устьевое змзрье Волги, Урала и прибрежные мелководья от отмершей прошлогодней растительности, снижая тем самым вероятность возникновения здесь гипоксии и заморных явлений в теплый период года.

В связи с вышеизложенным, считаем целесообразным ходе последующих зимних исследований, и гидрологических работ в весеннее-летний период 2015 г. провести обследование морского дна в целях выявления его нарушений, в местах, обнаруженных в зимний период стамух.

Все изменения гидролого-гидрохимических показателей на станциях участка «Сатпаев» в январе, феврале 2015 г. носили природный характер и находились в пределах естественных колебаний изучаемых параметров.

Концентрация кислорода в значительной степени связана с интенсивностью протекания биохимических процессов в водной среде, температурой воды, атмосферным давлением и

уровнем инсоляции. Значения рН морской воды изменялись в диапазоне 7,87-8,14. Концентрация растворенного кислорода изменялась в диапазоне 8,0-10,2 мг/л.

Во время ледовых исследований 2015г. не зарегистрировано ни одного превышения ПДК по тяжелым металлам. В целом в ледовый период наблюдений 2015 г. концентрация всех определяемых показателей была на уровне средне многолетних показателей для данной территории Северного Каспия.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ

1. Веселова Л.Е., Цуриков В.Л. Плотность льдов Каспийского моря. – Тр. Зак НИГМИ, 19776 вып. 70.
2. Непоменко Л.Ф., Попова Н.В. Исследование экзарации морского дна торосистым льдом методами эхолотации и промеров со льда // Астраханский вестник экологического образования. 2018. Т. 46. №4. С. 35-49.
3. Непоменко Л.Ф., Попова Н.В., Зубанов С.А., Островская Е.В. Ледовые условия западной части Северного Каспия в современный период // Астраханский вестник экологического образования. 2020. Т. 60. №6. С. 4-17.
4. Огородов С.А., Архипов В.В. Экзарация дна Каспийского моря ледяными торосистыми образованиями // Доклады Академии наук. 2010. Т. 432. № 3. С. 403–407.
5. Огородов С.А., Мазнев С.В., Бухарицин П.И. Ледово-экзарационный рельеф на дне Каспийского и Аральского морей // Известия Русского географического общества. 2019. Т. 151. №2. С. 35-50. DOI 10.31857/S0869-6071151235-50.
6. Болгов М.В., Красножон Г.Ф., Любушин А.А. Каспийское море: экстремальные гидрологические события. – М.: Наука, 2007. – 381 с.
7. Бухарицин П.И. Опасные гидрологические явления на Северном Каспии // Водные ресурсы. 1994. Т 21. №№ 4-5. С. 444-452.
8. Бухарицин П.И. Особенности ледового режима и методы прогноза ледовых условий северной части Каспийского моря: Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. – Л.: ААНИИ, 1987. – 149 с.
9. Бухарицин П.И. Особенности процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря // Водные ресурсы. 1984. № 6. С. 115-123.
10. Бухарицин П.И. Сравнительные характеристики многолетней изменчивости ледяного покрова северной части Каспийского и Азовского морей // Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та. 2008. Т. 44. № 3. С. 207–213.
11. Бухарицин П.И., Огородов С.А., Архипов В.В. Воздействие ледяных образований на дно Северного Каспия в условиях колебаний уровня и ледовитости // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2015. № 2. С. 101-108.
12. Кошечкин Б.И. Следы деятельности подвижных льдов на поверхности дна мелководных участков Северного Каспия // Труды Лаборатории аэрометодов АН СССР. 1958. Т. 6. С. 227-234.
13. Мазнев С.В., Огородов С.А. Воздействие ледяных образований на берега и дно мелководных морей и крупных озер умеренных и субарктических широт // Лед и снег. 2020. Т. 60. № 4. С. 578-591.
14. Огородов С.А., Архипов В.В. Экзарация дна Каспийского моря ледяными торосистыми образованиями // Доклады Академии наук. 2010. Т. 432. № 3. С. 403–407.
15. Огородов С.А., Мазнев С.В., Бухарицин П.И. Ледово-экзарационный рельеф на дне Каспийского и Аральского морей // Известия Русского географического общества. 2019. Т. 151. №2. С. 35-50. DOI 10.31857/S0869-6071151235-50.

ДРЕЙФУЮЩИЕ ЛЬДЫ

Дрейф плавучих льдов на Каспийском море начинается под воздействием ветра и течений. Морфометрические особенности: мелководность его северной части, наличие островов, банок и отмелей, близость берегов и границы припая, большая их изрезанность, вносят существенные поправки в классические теории ветрового установившегося или нестационарного дрейфа льда. Поэтому в данном разделе приводятся результаты статистической обработки аэровизуальных, визуальных и инструментальных (с помощью волномера – персептометра) наблюдений за дрейфом льда с судов, а также на прибрежных и островных гидрометеостанциях Северного Каспия.

Общий вынос плавучего льда из Гурьевской бороздины и Мангышпакского залива, последующий дрейф его на запад, затем на юго-запад вдоль границы припая дает начало генеральному дрейфу льда. Направление генерального дрейфа в различные зимы сравнительно устойчиво. Изменяется лишь положение южной границы плавучих льдов, которая располагается южнее в суровые зимы и севернее - в теплые. Устойчивость генерального дрейфа по указанной схеме многократно подтверждена вынужденным дрейфом тюленебойных судов, вмерзших в лед; дрейфом зажатого льдами дебаркадера «Вера» зимой 1927/28г; дрейфующей станции ВНИРО и гидрометслужбы на льдине – «Каспий-1» в феврале 1971г. и др.

В конкретных гидрометеорологических условиях общая картина дрейфа льда усложняется в результате неустойчивости направления и скорости ветра и течений.

Лед, имеющий очень неоднородную шероховатость поверхности из-за многообразия возрастных характеристик, составляющих плавучие льды, а также различий их торосистости, заснеженности и размеров льдин, дрейфует с разной скоростью. Он увлекает за собой поверхностные слои воды и искажает подледные течения, что также влияет на характер дрейфа льда. На движение льда сказываются и ветровые нагоны, создающие уклоны уровней поверхности и искажающие дрейф льда.

Однако, скорость и направление дрейфа резко изменяется при смене полей ветра. В районе Гурьевской бороздины, за границей припая, в зоне плавучих льдов, неустойчивые ветры приводят к возвратно – поступательному и даже вращательному движению льдин. Так, в период с 5 по 19 февраля 1971г. в западной части Гурьевской бороздины ($\varphi=45^{\circ}40'$ с.ш., $\lambda = 50^{\circ}30'$ в.д.) на льдине с примерными размерами 2 x 4 км и толщиной льда от 32 до 72 см работала экспедиция биологов и гидрометеорологов.

7 и 8 февраля одиночная льдина, на которой размещался лагерь, дрейфовала со скоростью от 9 до 49 см/с сначала в юго-восточном (7,5 км), затем в обратном - северо-западном направлении (8,7 км), в соответствии с изменениями направления ветра.

С переходом ветра от северо-западного и северного к юго-восточному ветровой дрейф на юг ослабевает практически до нуля, ранее всего у берега (или границы припая), а затем в более мористых участках. В таких случаях может возникнуть вращательное движение отдельных льдин (или скопления плавучих льдов), и последующий за этим дрейф льда в противоположном ветру направлении. В массиве дрейфующих льдов возникают зоны дивергенции и конвергенции, отличающиеся разнонаправленным характером дрейфа, разреженностью и сплоченностью отдельных его участков, а следовательно и меньшей скоростью дрейфа. Поэтому нередко в зоне плавучих льдов переменной сплоченности наблюдается неоднородный по скорости дрейф и перемещение отдельных участков льда под различными углами относительно направления ветра. Образуются зоны сжатий и разрежений льдов. Коэффициент дрейфа льда на Каспийском море колеблется в широких пределах от 0 до 0,28 (отношение скорости дрейфа льда к скорости ветра $K_{др} = V_{др}/V_a$)

Согласно исследованиям, в северной части моря преобладает коэффициент дрейфа льда в значительно более узком диапазоне от 0,02 до 0,03. Величина $K_{др}$ зависит от направления и скорости ветра, а также от сплоченности льдов. Он больше у редких льдов и меньше у сплоченных.

При ветрах северных румбов значения $K_{др}$ больше (0,038-0,066), чем при противоположных южных ветрах (0,032-0,042). На мелководных участках восточного побережья Северного Каспия коэффициент дрейфа уменьшается с усилением ветра. Это объясняется влиянием на дрейф неровностей дна, при встрече с которыми скорость дрейфа уменьшается, а перемещение льдов сменяется их сжатием и торошением.

В районе Гурьевской бороздины наибольшие значения $K_{др}$ наблюдаются при юго-западных ветрах. При всех остальных направлениях ветра лед дрейфует медленнее.

Угол отклонения дрейфа льда от направления ветра ($\alpha_{др}$) для Северного Каспия изменяется от 0 до $\pm 150^\circ$. Наиболее часто (повторяемость 80 %) отклонения дрейфа от направления ветра большой силы (7 и более баллов) составляет $\pm 20^\circ$.

В таблице 42. приведены данные о повторяемости коэффициента дрейфа для льдов различной сплоченности.

Таблица 42.

Повторяемость (Р %) коэффициента дрейфа ($K_{др}$) различной сплоченности для Северного Каспия.

$K_{др}$.	Сплоченность, баллы			
	0 – 4	5 – 7	8 – 10	Общая 0 – 10
0 – 0,020	0,0	6,2	20,2	26,4
0,021 – 0,040	0,0	4,6	41,8	46,4
0,041 – 0,060	0,8	2,6	10,0	18,4
0,061 – 0,080	0,0	0,0	5,4	5,4
0,101 – 0,120	0,0	0,8	0,0	0,8
0,081 – 0,100	1,4	2,0	0,0	3,4
0,121 – 0,140	0,0	0,4	1,0	1,4
0,141 – 0,160	0,0	0,6	0,8	1,4
0,161 – 0,180	0,0	0,2	0,2	0,4
0,181 – 0,200	0,0	0,0	0,0	0,0
более 0,200	1,0	0,0	0,0	1,0

Дрейф плавучего льда наблюдается обычно в феврале и марте. Дрейф льда в районе работ может достигать 0,1-0,3 м/с. В районе структуры преобладающими в зимний период являются ветры восточных румбов, повторяемость которых составляет около 60% (западных и северо-западных $\approx 30\%$). Под воздействием этих ветров плавучий лед прижимается к кромке припая. Сильные ветры способствуют разломам и подвижкам льда. В период становления припая (при толщине 10-15 см) происходит его наслоение (подсоны) и образование торосов. В суровые и умеренные зимы в непосредственной близости от структуры идет интенсивное торосообразование. Если толщина ровного льда при нарастании может достигать 60 см (суровая зима), то вследствие наслоений и нагромождений могут образовываться торосы высотой до 2 м над уровнем воды, а местами – до 3 м.

Кроме торосов, в районе структуры характерно образование стамух. Это мощные торосистые образования, сидящие на мели, как в виде отдельных торосов, так и в виде барьеров, достигающих длины порядка одной мили, ширины десятков метров и высоты 10 м и более. Стамухи образуются в основном на глубинах до 5 м, но иногда наблюдаются и

на больших глубинах – вплоть до 10 метров. Стамухи и торосы могут образовывать борозды на дне моря, ориентированные, как правило, в направлении преобладающих ветров, длиной от десятка метров до километра и шириной от 50 до 100 м.

Стамухи, являясь, по сути, результатом дрейфа плавучих льдов, в то же время представляют и препятствие для этого дрейфа.

До установления припая часто происходят подвижки льда, связанные с изменением направления и скорости ветра. Ветры восточных румбов (В, ЮВ) вызывают его сплочение и торошение. Ветры западных, северо-западных и северных румбов способствуют отжиму плавучего льда от кромки припая, уменьшая его сплоченность в районе структуры.

Дрейф плавучих льдов в Северном Каспии происходит под воздействием ветра и течений. Морфометрические особенности – мелководность его северной части (рис. 99), а также наличие островов, банок и отмелей, близость берегов и границ припая, большая их изрезанность, вносят существенные поправки в классические теории ветрового установившегося или нестационарного дрейфа льда в море.

В зависимости от результирующего направления движения лед дрейфует:

- вдоль кромки припая (при этом вдоль кромки образуются пояса, гряды и барьеры торосов, протяженность которых может достигать нескольких километров, их ширина составляет 10 м и более, а высота до 2 м и более. Гряды торосов обычно бывают вытянуты параллельно морскому краю дельты);
- от кромки припая в сторону открытого моря (в таких случаях между кромкой припая и массивом дрейфующего льда образуются заприпайные полыньи, протяженность которых составляет десятки километров, а ширина - сотни метров. Длина некоторых гигантских полыней может достигать более 100 миль, а ширина – до 20 миль. При этом в ледяном массиве происходит общее разряжение и уменьшение сплоченности плавучих льдов);
- к кромке припая, перпендикулярно ее генеральному простираению (в этих случаях происходит взлом припая, его интенсивные подвижки, а в зоне морского бара образуются многочисленные стамухи – торосистые образования, сидящие на грунте. Происходит сплочение плавучих льдов, внутри ледяного массива образуются зоны сжатий);
- хаотический, беспорядочный, дрейф льда, при котором отдельные ледяные поля в массиве движутся каждое со своей скоростью и по своей траектории (при этом в ледяном массиве происходит интенсивное площадное наслоение и торошение льдов, образуются локальные зоны сжатия и разряжения).

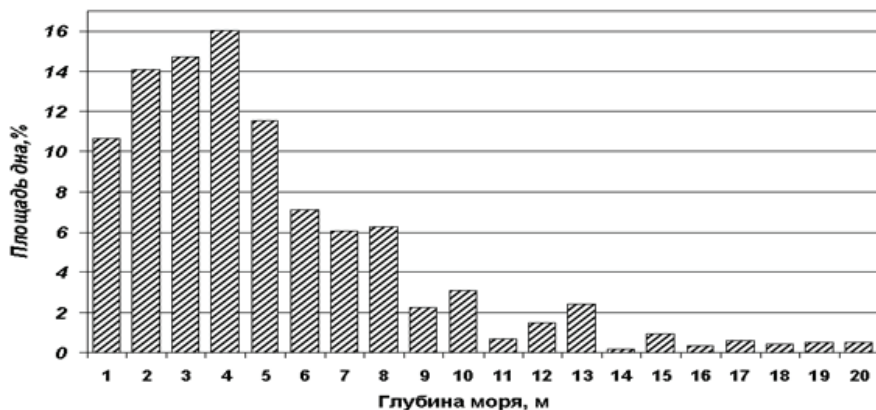


Рис. 99. Распределение глубин в Северном Каспии (Бухарицин, Огородов, Архипов, 2015).

В данном разделе приводятся результаты статистической обработки аэровизуальных, визуальных и инструментальных (с помощью волномера – персептометра) наблюдений за дрейфом льда с судов, а также на прибрежных и островных гидрометеостанциях и постах Северного Каспия. Общий вынос плавающего льда из Гурьевской Бороздины и Мангышлакского залива, последующий дрейф его на запад, затем на юго-запад вдоль границы припая дает начало генеральному дрейфу льда (рис. 100). Направление генерального дрейфа в различные зимы сравнительно устойчиво. Изменяется лишь положение южной границы плавающих льдов, которая располагается южнее в суровые зимы и севернее - в теплые. Устойчивость генерального дрейфа по указанной схеме многократно подтверждена вынужденным дрейфом тюленебойных судов, вмерзших в лед; дрейфом зажатого льдами дебаркадера «Вера» зимой 1927/28г; дрейфующей станции ВНИРО и Гидрометслужбы на льдине – «Каспий-1» в феврале 1971г. и др.

В конкретных гидрометеорологических условиях общая картина дрейфа льда усложняется в результате неустойчивости направления и скорости ветра и течений. Лед, имеющий очень неоднородную шероховатость поверхности из-за многообразия возрастных характеристик, составляющих плавающие льды, а также различий их торосистости, заснеженности и размеров льдин, дрейфует с разной скоростью. Он увлекает за собой поверхностные слои воды и искажает подледные течения, что также влияет на характер дрейфа льда. На движение льда сказываются ветровые нагоны, и сгоны, создающие уклоны уровня поверхности моря и искажающие дрейф льда.

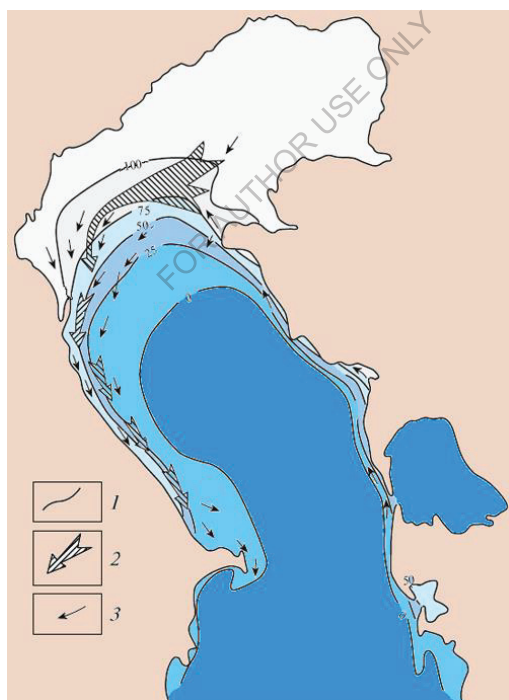


Рис. 100. Вероятность ледообразования и дрейф льда: 1 - изолиния вероятности, %; направления дрейфа: 2 – генеральное; 3 – преобладающее (Моря: монография - Том УІ, Каспийское море, вып.1, 1992).

Схема дрейфа плавучих льдов под воздействием преобладающих в зимний период (при всех типах зим) полей ветра приведены на рис. 101.



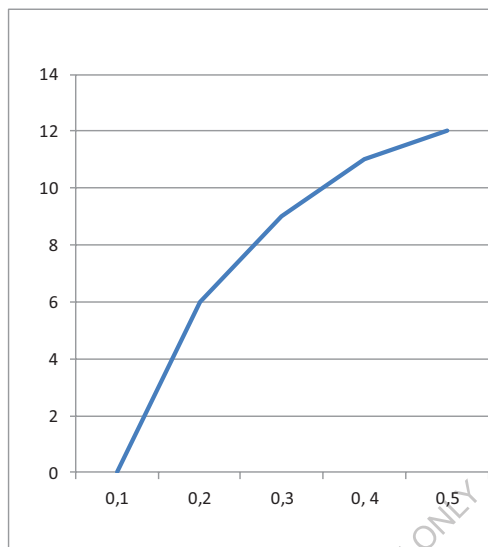
Рис. 101. Схема дрейфа плавучих льдов на Северном Каспии: а – при юго-восточном поле ветра; б – при северном поле ветра (Бухарицин, 1987).

Однако, скорость и направление дрейфа резко изменяется при смене полей ветра. В районе Гурьевской бороздины, за границей припая, в зоне плавучих льдов, неустойчивые ветры приводят к возвратно – поступательному и даже вращательному движению льдин. Так, в период с 5 по 19 февраля 1971г. в западной части Гурьевской бороздины ($\varphi = 45^\circ 40'$ с.ш., $\lambda = 50^\circ 30'$ в.д.) на льдине с примерными размерами 2 x 4 км и толщиной льда от 32 до 72 см работала экспедиция биологов и гидрометеорологов. 7 и 8 февраля одиночная льдина, на которой размещался лагерь, дрейфовала со скоростью от 9 до 49 см/с сначала в юго-восточном (7,5 км), затем в обратном - северо-западном направлении (8,7 км), в соответствии с изменениями направления ветра.

С переходом ветра от северо-западного и северного к юго-восточному, ветровой дрейф на юг ослабевает, практически до нуля, ранее всего у берега (или границы припая), а затем в более мористых участках. В таких случаях может возникнуть вращательное движение отдельных льдин (или скопления плавучих льдов), и последующий за этим дрейф льда в противоположном ветру направлению. В массиве дрейфующих льдов возникают зоны дивергенции и конвергенции, отличающиеся разнонаправленным характером дрейфа, разряженностью и сплоченностью отдельных его участков, а следовательно и меньшей скоростью дрейфа (рис. 102 а,б). Поэтому нередко в зоне плавучих льдов переменной сплоченности наблюдается неоднородный по скорости дрейф и перемещение отдельных участков льда под различными углами относительно направления ветра. Образуются зоны сжатий и разряжений льдов.

$V_a, \text{ м/с}$

а)

 $V_{др.}, \text{ м/с}$ $V_a, \text{ м/с}$

б)

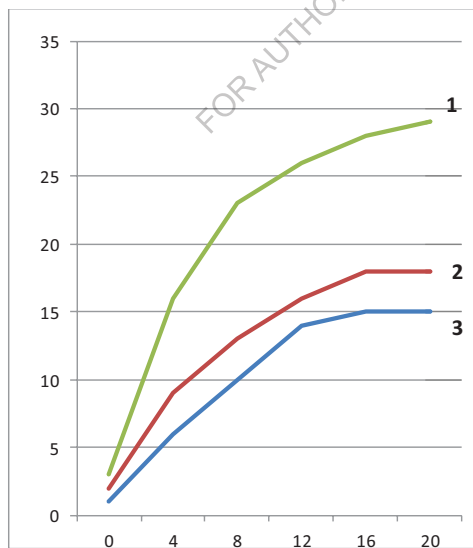
 $V_{др.}, \text{ м/с}$

Рис. 102 а,б. Зависимость скорости дрейфа ($V_{др.}$), от скорости ветра (V_a) в центральных районах Северного Каспия: а – при дрейфе сплоченных льдов; в – при различном характере движения скоплений льда: 1 – безвергентном, 2 – дивергентном, 3 – конвергентном.

Коэффициент дрейфа льда (отношение скорости дрейфа льда к скорости ветра $K_{др} = V_{др.}$) на Каспийском море колеблется в широких пределах от 0 до 0,28. Согласно исследованиям северной части моря преобладает коэффициент дрейфа льда в значительно более узком диапазоне от 0,02 до 0,03. Величина $K_{др.}$ зависит от направления и скорости ветра, а также от сплоченности льдов. Он больше у редких льдов и меньше у сплоченных. При ветрах северных румбов значения $K_{др.}$ больше (0,038-0,066), чем при противоположных южных ветрах (0,032-0,042). На мелководных участках восточного побережья Северного Каспия коэффициент дрейфа уменьшается с усилением ветра. Это объясняется влиянием на дрейф неровностей дна, при встрече с которыми скорость дрейфа уменьшается, а перемещение льдов сменяется их сжатием и торошением. В районе Гурьевской бороздины наибольшие значения $K_{др.}$ наблюдаются при юго-западных ветрах. При всех остальных направлениях ветра лед дрейфует медленнее. Зависимость $K_{др.}$ от сплоченности льда для Северного Каспия показана в таблице 43.

Угол отклонения дрейфа льда от направления ветра ($\alpha_{др.}$) для Северного Каспия изменяется от 0 до $\pm 150^\circ$. Наиболее часто (повторяемость 80%) отклонения дрейфа от направления ветра большой силы (7 и более баллов) составляет $\pm 20^\circ$ (рис. 103).

Таблица 43.

Повторяемость ($P\%$) коэффициента дрейфа ($K_{др.}$) различной сплоченности для Северного Каспия.

Кдр	Сплоченность, баллы			
	0 – 4	5 – 7	8 – 10	Общая 0 – 10
0 – 0,020	0,0	6,2	20,2	26,4
0,021 – 0,040	0,0	4,6	41,8	46,4
0,041 – 0,060	0,8	2,6	10,0	18,4
0,061 – 0,080	0,0	0,0	5,4	5,4
0,101 – 0,120	0,0	0,8	0,0	0,8
0,081 – 0,100	1,4	2,0	0,0	3,4
0,121 – 0,140	0,0	0,4	1,0	1,4
0,141 – 0,160	0,0	0,6	0,8	1,4
0,161 – 0,180	0,0	0,2	0,2	0,4
0,181 – 0,200	0,0	0,0	0,0	0,0
более 0,200	1,0	0,0	0,0	1,0

Дрейф льда может достигать 0,1-0,3 м/с. Преобладающими в зимний период являются ветры восточных румбов, повторяемость которых составляет около 60% (западных и северо-западных 30 %). Под воздействием этих ветров плавучий лед прижимается к кромке припая. Сильные ветры способствуют разломам и подвижкам льда. В период становления припая (при толщине 10-15 см) происходит его наслоение (подсовы) и образование торосов. В суровые и умеренные зимы в непосредственной близости от структуры идет интенсивное торосообразование. Если толщина ровного льда при нарастании может достигать 60 см (суровая зима), то вследствие наслоений и нагромождений могут образовываться торосы высотой до 2 м над уровнем воды, а местами – до 3 м (рис.104).

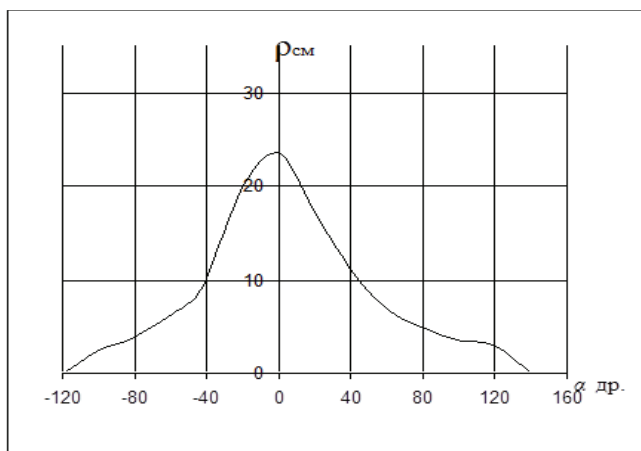


Рис. 103. Повторяемость углов отклонения дрейфа льда от направления ветра в центральных районах Северного Каспия.



Рис. 104. Мощная гряда торосов, образовавшаяся в результате подвижек на стыке двух ледяных полей (фото автора).

ВЫПАХИВАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ЛЬДА

По многочисленным наблюдениям летчиков – наблюдателей, ведущих ледовую авиаразведку в северной части Каспийского моря, на мелководьях восточной части Северного Каспия часто встречается специфический рисунок поверхности морского дна.

Этот рисунок представляет собой взаимно пересекающиеся борозды и «шрамы» светлого тона на фоне более темной поверхности дна. Иногда отмечаются целые серии таких борозд, строго параллельных друг другу и имеющих в плане вид «ребенки». Как правило, такой рисунок приурочен к мелководным участкам акватории, которые в зимнее время покрываются льдом. Наиболее характерен такой рисунок для районов ограниченных, с одной стороны береговой линией, с другой стороны 3-х метровой изобаты. Образование борозд и «шрамов» связано с выпахивающим действием дрейфующих льдов в период интенсивных весенних подвижек. Торосистые ледяные поля и их обломки, движутся в направлении господствующих ветров и течений, задевая своими киллями дно. При этом они сдирают поверхностный слой илстых отложений, битой ракушки и покров водорослей, и образуют за собой борозды, длина которых достигает 2 – 3 км. По мере таяния льдины ее масса, и как следствие, ее способность механически воздействовать на грунт уменьшается, а затем льдина всплывает на воде. Этот процесс находит свое отражение и в морфологии борозд. Каждая борозда имеет четко выраженное начало – резкую границу в месте отрыва льдины от кромки припая. В процессе дрейфа ширина борозды постепенно сужается и, наконец, исчезает полностью. Дешифрование шрамов выпахивания в районе мелководной зоны Мангышакского залива (восточнее о. Кулалы) производилось на полигоне с таким расчетом, чтобы там было возможно большее число борозд, а ширина полигона выбиралась не короче самого длинного из шрамов. На полигонах выбирались наиболее характерные шрамы, легко определяемые на аэрофотоснимке и с борта судна.

Аэрофотосъемка выполнялась весной 1953 г. и весной 1954 г. в тот короткий период времени, когда льда уже нет, а вода еще не взмучена весенними штормами. Во время летних экспедиционных работ на судне производились водолазные спуски в районах моря с координатами «реперных» шрамов. Во время водолазного спуска выполнялись работы по описанию шрама, отбирались образцы грунта в шраме и вблизи него. Производились замеры направления и скорости течения. Было выяснено, что борозды выпахивания слабо выражены в рельефе дна. Даже самые крупные из них имели глубину 3–4 см относительно средней поверхности дна. Четкая выраженность шрамов на снимках обусловлена тем, что они хорошо оттеняются водорослевым покровом на тех участках, которые не затронуты выпахиванием. При старении шрамов на дне образуется система эллипсовидных пятен тертой ракушки (песка), которые на аэрофотоснимке, все равно, изображаются сплошной линией. Цвет их, однако, темнее, чем у свежих борозд, благодаря появлению водорослей. Сравнение образцов отложений, взятых внутри борозд с образцами, взятыми за их пределами, показывает близость их механического состава. Однако, в свежих бороздах отмечается отсутствие фракций <0,1 мм, отвечающих илам (в старых образцах фракция илов вновь восстанавливается благодаря трансседиментационным процессам). Таким образом, илистые фракции (их наличие или отсутствие в шраме) могут служить индикатором возраста шрама. Ежегодно на поверхности дна появляются новые шрамы, исчезают старые. Продолжительность жизни шрамов исчисляется двумя – тремя годами. Хорошо просматривается на снимках зависимость густоты шрамов от батиметрии дна. Так, наиболее мелководные участки, прилегающие к островам и побережью, бедны шрамами или вовсе лишены их. Зона их наибольшего распространения имеет своим верхним пределом метровую, нижним – трехметровую изобаты. Таким образом, густота сети шрамов на единицу расстояния (или площади) может служить косвенным показателем глубин. Это находит свое объяснение в том, что лед, расположенный на малых глубинах, не может совершать большой работы по выпахиванию грунта. И наоборот, льды, находящиеся на участках с большими глубинами, не достигают своими киллями дна. Таким образом, становится очевидным, что причиной выпахивания могут быть только наслоенные, с большой осадкой льды. Надводная часть ледяных полей в конце зимы достигает, в среднем, высоты 35–40 см. Зная плотность льда и плотность морской воды, можно подсчитать осадку льдов. Приблизительный подсчет по формулам (Зубов, 1938г.) дает нам величину – 3,28 м, что хорошо согласуется с данными фактических наблюдений –

Зм. Борозды выпаживания характерны для мелководий Северного Каспия с ровным дном и очень малыми (10–20 до 1-3 см/км) его уклонами. Борозды имеют вид длинных, часто прямолинейных борозд протяженностью от нескольких десятков метров до нескольких километров. Борозды образуются при воздействии на дно торосистых дрейфующих льдов, ориентированы в направлении преобладающих в эти периоды восточных, юго–восточных и северо–западных ветров и представляют собой, как бы проведенные по дну, векторы дрейфа льда (рис. 105). Все борозды заканчиваются валами, образованными из выпажанного льдом донного грунта. Высота некоторых таких валов превышает глубину моря, и они выходят на дневную поверхность в виде эфемерных островков.

Светлые на фоне более темного дна борозды выпаживания хорошо различимы с самолета и судна. Большое количество борозд наблюдается в весенний период, после очищения ото льда районов островов Тюленьего архипелага, а также мелководий северного и восточного побережий Северного Каспия до 3-х метровых глубин, где густота их достигает 20–50, а местами 100 и более борозд на 1 километр пути.

Выпаживающее действие дрейфующих льдов характерно также (существенное отличие от мнения Б.И. Кошечкина, считающего, что дрейфующие льды не подходят к берегу на глубину менее 1 метра) для береговой зоны моря и островов Северного Каспия. Во время нагонов дрейфующие льды с моря, попадая на сушу, выпаживают верхний слой почвы, оставляя борозды глубиной до 20 см и длиной до нескольких километров. На островах Кулалы, Морской, Зюйд – Вестовой Шалыга образуются мощные навалы льда. Через небольшие плоские острова - шалыги большие ледяные поля переползают по верху, не разламываясь и не торосясь, образуя над таким островом нечто похожее на гигантский ледяной пузырь.



Рис. 105. Борозды выпаживания (вид с вертолета). В нижнем правом углу видна впадина, продавленная в грунте стамухой (фото автора).

Изучению процессов экзорации посвящены диссертационные исследования научных сотрудников МГУ (Огородов, «Рельефообразующая деятельность морских льдов», 2019; Мазнев, «Ледово-экзорационный рельеф на дне Аральского и Каспийского морей», 2021).

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

ТЕКСТУРА И СТРУКТУРА РОВНОГО И НАСЛОЕННОГО ЛЬДА

Пресноводный лед Северного Каспия относится к шести типам льда распресненных водоемов группы А: А1 - прозрачный лед, А2 - лед мелкозернистой текстуры, А3 - четко слоистый лед и А5 - лед со значительным количеством включений, А8 - рыхлый непрозрачный мелкозернистый лед и А9 - лед, образующийся из снега.

Тип льда А1 - текстура монолитная. Лед прозрачен. Включения преимущественно цилиндрические редкие. Включения - диаметром от 0,5-1,0 мм до 5,0-10,0 мм. Кристаллы имеют вид крупных блоков с очень сложной извилистой поверхностью граней. В физических свойствах льда резко выражена анизотропность.

Тип льда А2 - первичный слой льда неориентированной мелкозернистой структуры. По текстуре лед прозрачен. Включения смешанной формы: цилиндрические поры и сферические пузырьки диаметром 1-10 мм. Длина пор достигает 10-20 см. Сечение кристаллов составляет 10-120 мм, редко 150 мм и более. По физическим свойствам лед анизотропен.

Тип льда А3 - лед прозрачен. Небольшое количество включений смешанной формы: мелкоцилиндрические сечением 1-2 мм и сферические 1-5 мм. В расположении включений часто проявляется слоистость. Размеры кристаллов в поперечнике 1-3 см в верхних слоях ледяного покрова и до 5-10 см - в нижних. По физическим свойствам лед анизотропен.

Тип льда А5 - текстура льда, как правило, имеет четко выраженную слоистость, где прозрачные и полупрозрачные слои сменяют друг друга. Размеры кристаллов в поперечнике 20-40 мм. По физическим свойствам лед изотропен (рис. 106).



Рис. 106. Керн из слоистого льда.

Тип льда А8 - образуется при смерзании плотных скоплений снежуры и шуги в период осеннего ледообразования. Из-за большого количества включений лед имеет молочный цвет. Форма включений большей частью сферическая, размер - 0,5-3,0 мм. Расположены они главным образом по границам кристаллов. Структура мелко кристаллическая с размером кристаллов 1-7 мм. По физическим свойствам лед изотропен.

Тип льда А9 - имеет ярко выраженный молочный цвет. Наблюдается обилие различных по форме и размеру включений (30-50%) от мелких 1-2 мм до крупных 10-15 мм и более. По физическим свойствам лед изотропен.

ПРОЧНОСТЬ ЛЬДА

Прочность льда, как и его толщина, является одной из главных характеристик ледяного покрова, определяющей степень его опасности для гидротехнических сооружений и ледовых плаваний. Для характеристики прочности льда в ледоведении используется терминология теории сопротивления материалов, в частности, рассматриваются воздействия внешних условий, таких как: растяжение, сжатие, изгиб и скалывание (срез).

Сила, приходящаяся на единицу площади поперечного сечения, называется напряжением. Напряжения, соответствующие моменту разрушения, называются «разрушающими напряжениями», - это «предел прочности» испытываемого материала.

Для льда, в отличие от других материалов, «предел прочности», который мы в дальнейшем будем называть прочностью - величина, в известной мере условная, т.к. его разрушение не определяется только достижением определенного предела напряжения. Она зависит и от скорости приложения нагрузки, величины испытываемого образца, условий его деформации, температуры воздуха, места в ледяном покрове, откуда взят образец, солености льда и других факторов.

Для характеристики прочности льдов Северного Каспия использовались значения сопротивления льда на изгиб. Эта характеристика для льда наиболее устойчива. Отбор образцов льда для испытаний производился в разных районах моря, куда исследователи доставлялись вертолетом. Образцы отбирались при помощи кольцевого бура с внутренним диаметром 18см, разработанного в ААНИИ. При бурении льда этим буром из ледяного покрова извлекается цилиндрическая ледяная колонка - керн. Керн затем распиливается на круглые пластины толщиной 2-3см.

Напряжение в центре круглой, свободно опертой пластины постоянной толщины, равномерно нагруженной в центре, может быть определено по формуле:

$$\sigma_{\max} = \frac{3P}{2\pi mh^2} \left[m + (m+1) \ln \frac{r}{r_o} - (m-1) \frac{r_o^2}{4r^2} \right]$$

где $\sigma_{\max}$ - сжимающее напряжение (на что указывает знак минус);

P – нагрузка;

m - величина, обратная коэффициенту Пуассона и равная примерно 3;

h - толщина пластины;

r - радиус пластины;

r_o - радиус распределения нагрузки.

При испытании на полевой испытательной машине ПИМ - 100 пластин, приготовленных из ледяного керна диаметром 18см, внутреннем диаметре подставки 15,5см ($r = 7,75$ см) и диаметре упорного цилиндра 1см ($r_o = 0,5$ см):

$$\sigma_{\max} = -2.23 \frac{P_{\text{раз}}}{h^2}$$

где $P_{\text{раз}}$ - разрушающая нагрузка (кг);

h - толщина пластины, см.

В литературе обычно приводятся сведения о прочности на изгиб, полученные при испытании призматических балочек. Для сравнения этих сведений с данными, полученным и при испытаниях на ПИМ-100, по результатам многочисленных опытов в ААНИИ получен коэффициент перехода K от прочности льда на изгиб по испытаниям пластин к прочности льда на изгиб по испытаниям балочек:

$$K \frac{\sigma_b}{\sigma_{пл}} = 0,65$$

Таким образом, σ_b : балочки равна 0,65 $\sigma_{пл}$ пластины. В дальнейшем прочность льда будет указываться по результатам испытания пластин.

Известно, что результаты испытаний образцов льда на прочность зависят от двух групп факторов:

- особенностей условий эксперимента по определению прочности;
- собственных характеристик льда, являющихся следствием процесса теплообмена между атмосферой и морем в период образования льда и его дальнейшего существования до момента взятия образца.

Множество факторов, влияющих на прочность льда, порождает большой диапазон значений прочности, которая известна в литературе. Использование на Северном Каспии одних и тех же приборов, теми же исследователями, использующими одну методику работ, позволяет рассчитывать на уменьшение разброса результатов испытаний и получение более однородных данных о прочности, зависящих только от объективных характеристик ледяного покрова. Схема многолетних работ дана на рис. 107.

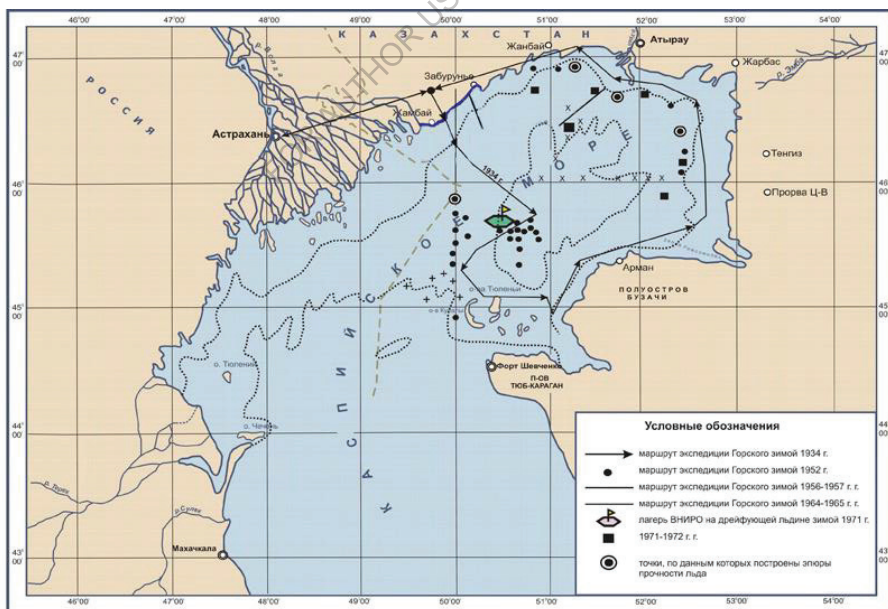


Рис. 107. Схема экспедиционных работ по определению физико-механических свойств льда.

Систематические исследования прочностных характеристик льда в восточной части Северного Каспия с помощью вертолета начаты в зимний сезон 1970/71г. Определенные структуры и прочности льда было выполнено на разрезе Гурьевская бороздина - о. Укатный – Карайский банк 6 и 9 марта 1971г. Толщины льда на разрезе составляли 27-42 см. Испытания пластин, полученных путем распиливания цилиндрических ледяных кернов показали зависимость величины разрушающего напряжения льда на сжатие с температурой льда и его соленостью (хлорностью). В среднем по всем образцам она оказалась порядка 10-16 кг/см.

29 января 1972г., на вертолете, были выполнены работы по отбору ледяных кернов и определению прочности каспийского льда в районах: Гогольской косы, свала глубин этой же косы, Балашовских, Суендыковских и Колхозных шалыгах - всего в 5 точках крайнего востока Северного Каспия. Температура воздуха на момент измерений была -19° мороза, высота снега на льду 0-5 см, глубина моря в трех точках составила 60-70 см, в двух - лед лежал на грунте - 32-38 см. Лед малоструктурный, однородный по всей толщине, матовый - замерзла мутная вода. В нижних слоях пузырьки воздуха. Температура снега составила $-14,5^{\circ}$, воды подо льдом $-0,4^{\circ}$ - $(-0,3^{\circ})$. Было установлено, что температура льда в кернах растет от поверхности в глубину. Так, на поверхности она была -13° - (-14°) , а внизу всего -5° , причем, с поверхности увеличение температуры льда идет быстрее. Разница между первыми 10 см керна равна 3° , затем 2° , $1,5^{\circ}$, и в самых нижних слоях $1,0-0,5^{\circ}$.

Хлорность льда исследуемых образцов увеличивалась по мере углубления в лед. На поверхности она составляет 700-900 мг/л, в нижних слоях - 1300-1500 мг/л. Разрушающая нагрузка испытываемых на ПИМ-100 образцов пластин равна: верхних слоев льда 40-50 кг, нижних – 30 кг. Прочность льда колеблется в пределах от 7 до 3-4 кг/см.

В январе 1973 г. авиаработы по определению прочности льда в восточной части Северного Каспия были продолжены. Съёмка была выполнена 27 января примерно в тех же точках, что и в январе 1972 г. На момент работ температура воздуха была 7° мороза, толщина снега на льду 4-5 см, его температура $-5,5^{\circ}$, температура верхнего слоя льда $-4,8^{\circ}$, температура льда в приводном слое $-1,5^{\circ}$, температура воды $-0,2^{\circ}$. Распределение температуры в толще льда в январе 1973 г. существенно отличался от предыдущего года. Градиент увеличения температуры льда по всей толщине не превышал $1,0^{\circ}$ (в 1972 г. он достигал $3,0^{\circ}$). Хлорность разных слоев льда колебалась от 320 до 1540 мг/л (табл. 44).

Таблица 44.

Сравнительная характеристика хлорности льда восточных районов Северного Каспия за 1972, 1973 и 2008 гг., мг/л.

Средние по слоям	Годы		Средние значения
	1972	1973	
Из поверхностных проб льда	826	585	665
Из нижних проб льда	1405	890	1062
Из всех проб льда	1085	685	835

Такая разница в величинах хлорности льда по годам объясняется особенностями условий образования льда. Так, в зимний сезон 1971/72гг. льдообразование происходило быстро. Вода, замерзая, захватывала много солей, которые в виде ячеек с рассолом заполнили

промежутки между кристаллами пресного льда, увеличивая, тем самым, хлорность льда. Зимой же 1972/73гг. похолодание происходило медленно. Образование льда шло постепенно, и солевой рассол успевал стекать в воду, увеличивая соленость подледной воды. Хлорность при этом становилась меньше.

Аналогично хлорности, средняя прочность льда в 1973 г. оказалась существенно выше, чем в 1972 г. и составила 14,4 кг/см. Такая же, примерно, и средняя прочность верхних и нижних слоев. Средняя прочность льда за два года (1972-1973 гг.), по всем горизонтам, равна 10,7 кг/см, средняя прочность поверхностного слоя - 12,1 кг/см.

Следующим этапом ледовых исследований было определение пределов прочности льда в различных районах всего Северного Каспия. Работы проводились в период с 27 декабря 1973 по 3 февраля 1974 г., в 30 точках Северного Каспия, равномерно расположенных по всей акватории. Температура воздуха в точках отбора кернов колебалась от $-1,5^{\circ}$ до $-18,1^{\circ}$, толщина льда от 11 до 43 см, высота снега на льду от 0 до 4 см, температура воды подо льдом от $0,85^{\circ}$ до $-0,26^{\circ}$.

Соленость воды на поверхности (подо льдом) колебалась в больших пределах - от практически пресной на устьевых взморьях Волги и Урала, до 20, 52 ‰ в прибрежной зоне на крайнем востоке моря. Измеренная хлорность проб льда изменялась от 3мг/л в центральной части взморья Волги до 1800-4450 мг/л на крайнем востоке и юго-западе. Средняя хлорность льда по данным всех определений составила 350мг/л.

Была определена прочность 86 пластин льда. Она колебалась от 3,3 до 27 кг/см. Как правило, наибольшая прочность отмечена в верхних слоях ледовых кернов, наименьшая - в нижних. Только к концу января - началу февраля прочность льда стала выравниваться по всей длине керна. Распределение прочности поверхностного слоя льда по акватории моря зависит от расположения мест отбора проб льда относительно устьев Волги и Урала. Наибольшая прочность соответствует точкам в районах устьев рек. По мере удаления от устьев и приближения к границе между припаем и плавучим льдом, как правило, уменьшается толщина льда и снижается его прочность. На схеме (рис. 108) показаны основные пункты отбора кернов льда и значения средней прочности льда в них.

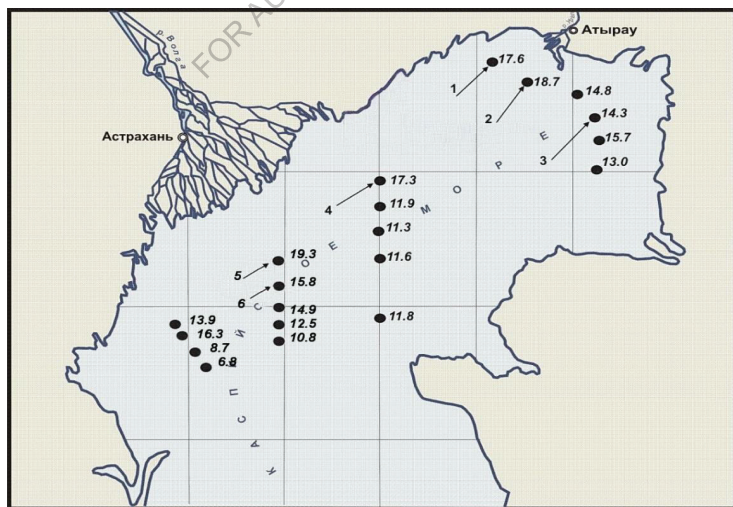


Рис. 108. Пункты отбора кернов льда на гидрологических разрезах Северного Каспия: числа у точек – средняя прочность льда в кернах, кг/см³. Стрелками указаны точки, по данным которых построены эпюры прочности льда.

Средняя прочность поверхностного слоя льда по всей акватории моря оказалась равной 15,1 кг/см, нижнего слоя - 10,7 кг/см. Средняя из всех определений за зимний сезон 1973/74 г. (86 пластин) составила 12,8 кг/см.

При пересчете на призматические балочки приведенные на схеме значения прочности льда составят 4,4 - 12,5 кг/см. Прочность отдельных пластин после пересчета составит 2,1 - 17,5 кг/см. По результатам многолетних измерений прочности льда, его температуры и хлорности построен график связи (рис. 109).

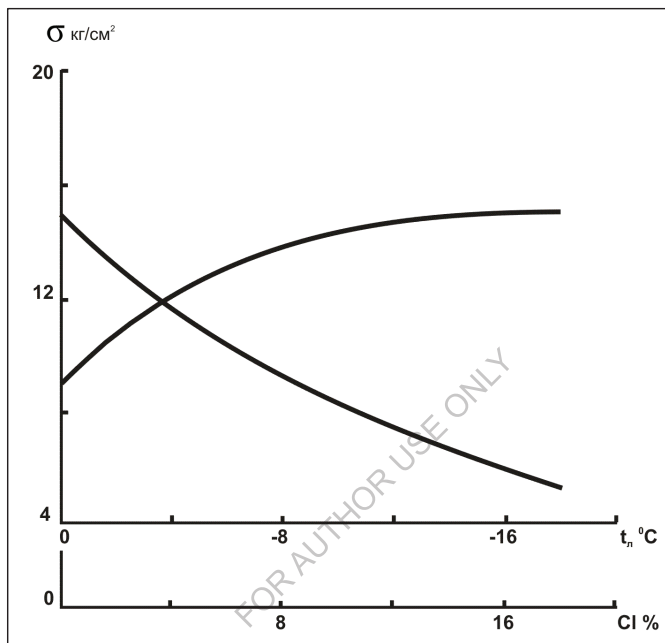


Рис. 109. Зависимость осредненных значений прочности льда Севарного Каспия от его температуры и хлорности.

Наглядным изображением изменений толщины льда и его прочности во времени являются эпюры прочности льда. Площадь эпюры характеризует возможное воздействие льда на внешние силы (рис. 110 а,б,в).

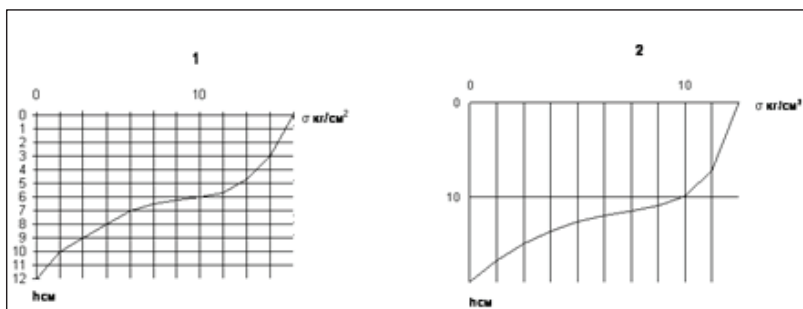
Все приведенные выше значения прочности - это разрушающие пределы прочности конкретных образцов льда. В практической же деятельности необходимо знать прочность реального ледяного покрова. Переход от предела прочности на изгиб по призматическим балочкам к прочности реального ледяного покрова осуществляется по формуле:

$$\sigma_2 = \sigma_1 \frac{l_1 h_2}{l_2 h_1} \sqrt{\frac{l_1}{l_2}} \text{ кгс/см}^2$$

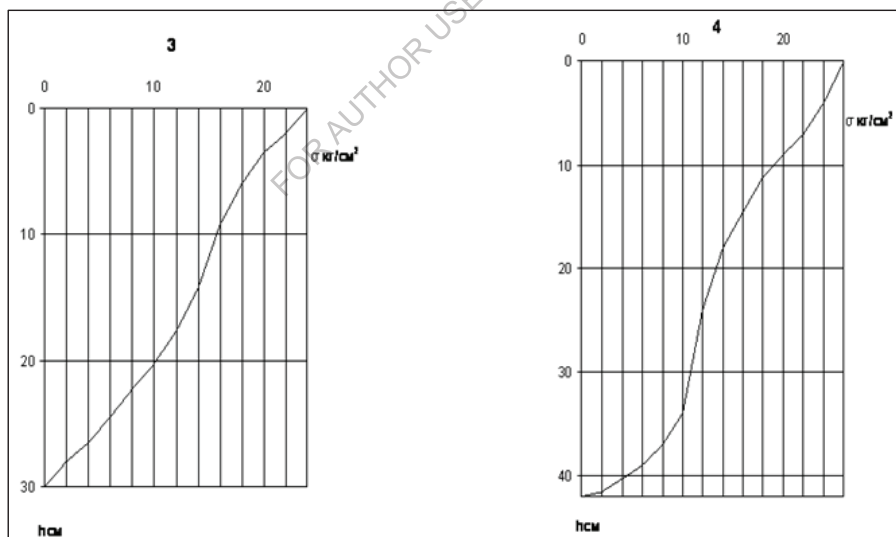
где σ_1 , h_1 , и l_1 - соответственно предел прочности, толщины и длина образца льда;

σ_2 , h_2 и ℓ_2 - те же значения балки, условно вырезанной из ледяного покрова на всю его толщину. Значение σ_2 такой балки, если бы она была испытана, и принимается за прочность реального ледяного покрова на изгиб.

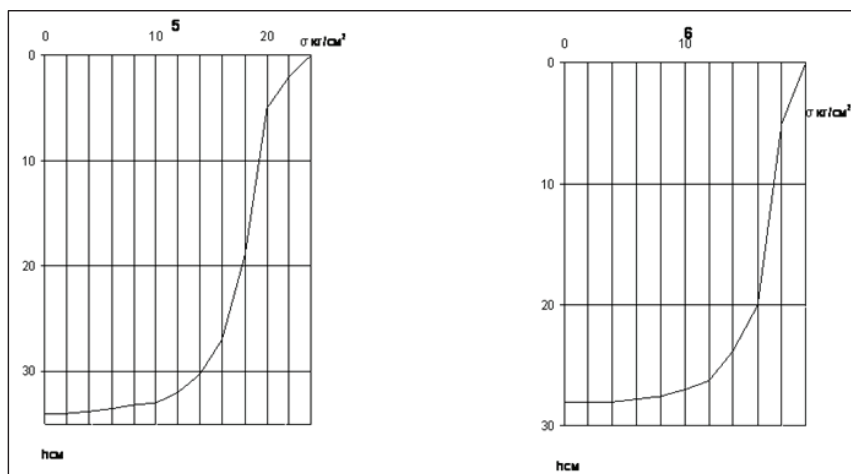
Прочность ледяного покрова, рассчитанная по данной формуле, оказалась примерно втрое меньше средней прочности керна по образцам, и составляет для восточной части Северного Каспия 3,5 - 5,7 кг/см. Для сравнения, средняя прочность ледяного покрова для всего Северного Каспия (по наблюдениям зимой 1973/74 г.) равна 3,9 кг/см.



а) - 1 – 27.12.1973г.; 2 – 05.01.1974г.;



б) - 3 – 10.01.1974г.; 4 – 20.01.1974г.;



в) - 5 – 25.01.1974г.; 6 – 26.01.1974г.

Рис. 110 а,б,в. Эпюры прочности льда в точках Северного Каспия.

Как уже упоминалось ранее в тексте, определение прочности льда на изгибе выполнялось на полевой испытательной машине ПИМ - 100 начиная с 1971г. (рис. 111). До этого измерения временного сопротивления льда при изгибе в экспедиционных условиях производились, так же, как и определение прочности льда на сжатие, с помощью гидравлического прессы (рис. 112).

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЧНОСТИ ЛЬДА

Предел прочности льда при изгибе. Согласно исследованиям (Морской лёд....1997), предел прочности льда при изгибе зависит от скорости действия прилагаемой нагрузки, размера образцов, их структуры, солёности плотности и температуры. Наиболее прочным при изгибе является пресный и распреснённый лёд. Самыми прочными являются прозрачные образцы льда в верхней и средней частях льдины, где средние значения $\sigma_{из}$ составляют около 1,3 МПа, а максимальные значения достигают 1,88-2,17 МПа (табл.45). Наименее прочным оказывается матовый лёд зернистой структуры, разрушающийся при нагрузке до 1,5 МПа в поверхностном слое, около 1,0 МПа - в среднем слое, и до 1,0 МПа - в нижнем слое.

Испытанию подвергались балочки размером 5 x 5 x 20 - 23см или 3 x 5 x 16см.



Рис. 111. Полевая испытательная машина ПИМ-100.
Подготовка к работе (фото из архива автора).

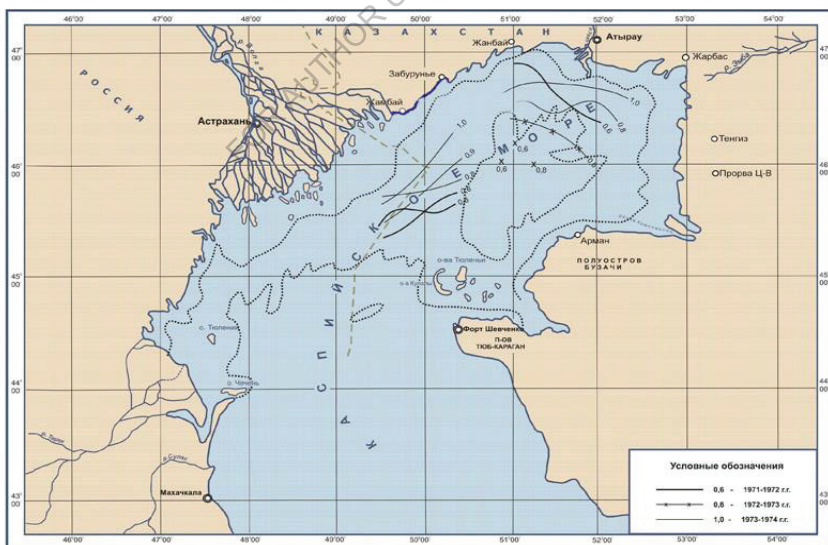


Рис. 112. Схема распределения прочности льда на изгиб ($\sigma_{с.}$, МПа) на востоке Северного Каспия по результатам полевых испытаний.

Таблица 45.

Прочность при изгибе образцов льда из его слоев различной текстуры ($\sigma_{\text{изг}}$), МПа.

Слой	Характеристика	Прозрачный лед		Полупрозрачный лед		Матовый лед	
		кол-во из-мерений	$\sigma_{\text{изг}}$	кол-во из-мерений	$\sigma_{\text{изг}}$	кол-во из-мерений	$\sigma_{\text{изг}}$
Верх	По образцам:	19		18		17	
	среднее		1,34		1,01		0,53
	максимум		2,17		1,65		1,44
	минимум		0,55		0,12		0,06
	Слой в среднем:	6		5		4	
	среднее		1,27		0,97		0,62
Середина	максимум		1,88		1,74		0,98
	минимум		0,67		0,12		0,41
	По образцам:	20		10		25	
	среднее		1,36		0,79		0,35
	максимум		1,74		1,35		1,07
	минимум		0,95		0,26		0,01
Низ	Слой в среднем:	8		5		15	
	среднее		1,34		0,76		0,33
	максимум		1,60		1,14		0,78
	минимум		1,05		0,63		0,02
	По образцам:	20		12		20	
	среднее		1,04		0,54		0,35
	максимум		1,51		1,17		0,72
	минимум		0,26		0,06		0,01
	Слой в среднем:	6		4		8	
	среднее		1,08		0,56		0,21
	максимум		1,35		0,95		0,72
	минимум		0,38		0,23		0,02

Диапазон изменений предела прочности при изгибе, как показывают исследования льдов Северного Каспия, значителен - от 0,01 МПа до 2,17 МПа (табл. 46).

Сравнительно высокие частоты значения прочности льда при изгибе для Северного Каспия приходятся на 0,4-1,2 МПа (табл. 47). Максимум предела прочности отдельных образцов достигает 2,16-2,17 МПа, а осредненных по слоям $\sigma_{\text{изг}}$ - 1,70-1,93 МПа.

Предел прочности льда при сжатии. Предел прочности образцов льда при сжатии изменяется в Северном Каспии в значительных пределах (от 0,14 МПа до 8,0 МПа), что объясняется разнообразием структур, различием солёности, вариациями температуры, а также особенностями эксперимента.

Таблица 46.

Средние и экстремальные значения прочности льда при изгибе ($\sigma_{изг}$) в Северном Каспии, 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

Таблица 47.

Повторяемость пределов прочности льда при изгибе ($\sigma_{изг}$) в Северном Каспии, %

$\sigma_{изг}$ МПа	По отдельным образцам				Осредненные по слоям			Льдина в целом
	верх	середина	низ	все слои	верх	середина	низ	
0,41-0,60	6,3	5,2	13,0	8,0	6,2	6,2	14,5	3,6
0,61-0,80	11,0	10,3	16,6	12,5	8,9	15,2	13,6	14,3
0,81-1,00	21,5	26,0	16,0	21,4	33,1	25,9	24,7	22,3
1,01-1,20	23,0	22,8	17,4	21,1	22,3	27,6	18,2	26,8
1,21-1,40	11,0	15,0	14,2	13,4	13,4	14,3	12,7	19,6
1,41-1,60	8,4	3,1	5,6	6,1	6,2	2,7	4,5	8,0
1,61-1,80	4,7	5,2	1,8	4,0	4,5	4,5	1,8	0,9
1,81-2,00	2,6	1,6	1,8	2,0	1,8	0,9	2,7	1,8
2,01-2,20	1,0	1,0	-	0,7	0,9	-	-	-
Количество измерений	1,6	0,5	-	0,7	-	-	-	-
	191	193	169	553	112	112	110	112

Результаты многолетних экспедиционных исследований показали, что наиболее прочным при сжатии является прозрачный лед кристаллической структуры. Максимальные значения пределов прочности как отдельных образцов, так и в целом слое приходятся на среднюю часть льдины (табл. 4). Здесь средние и максимальные значения $\sigma_{сж}$ (боковое сжатие) составляют соответственно 2,79-5,95 МПа и 2,74-3,85 МПа (для слоя в среднем). Наименее прочными в монолитном льду кристаллической структуры являются нижние слои льдины, в которых средние значения $\sigma_{сж}$ составляют 1,9-2,0 МПа, а максимум не превышает 2,6-3,3 МПа (табл. 48). Очень слабым при сжатии является матовый лед зернистой структуры, особенно в верхней части льдины, более подверженной колебаниям температуры воздуха, где $\sigma_{сж}$ (0,6-0,7 МПа), что в два раза меньше, чем в средней и нижней частях (1,25-1,37 МПа). В полупрозрачном льду отмечается последовательное понижение прочности при сжатии от верхних слоев (1,37 МПа) к нижним (1,18 МПа).

Таблица 48.

Прочность при сжатии образцов и слоев льда различной текстуры ($\sigma_{сж}$), МПа (боковое сжатие).

Слой	Характеристика	Прозрачный лед		Полупрозрачный лед		Матовый лед	
		кол-во измерений	$\sigma_{сж}$	кол-во измерений	$\sigma_{сж}$	кол-во измерений	$\sigma_{сж}$
Верх	По образцам:	23		26		20	
			среднее		1,38		0,6
			максимум		3,48		1,7
			минимум		0,60		0,1
	Слой в среднем:	7		10		6	
			среднее		1,32		0,8
			максимум		2,10		1,6
Середина	По образцам:	21		35		10	
			среднее		1,20		1,26
			максимум		3,22		1,87
			минимум		0,50		0,41
	Слой в среднем:	7		13		3	
			среднее		1,21		1,37
			максимум		2,35		1,67
Низ	По образцам:	36		25		10	
			среднее		1,25		1,25
			максимум		1,91		1,97
			минимум		0,66		0,54
	Слой в среднем:	11		8		4	
			среднее		1,18		1,33
			максимум		1,56		2,12
			минимум		0,83		0,69

Средние и экстремальные значения $\sigma_{сж}$ для прикомочной зоны плавучего льда гораздо выше значений ($\sigma_{сж}$ для пресноводного и более прочного льда (табл. 49). Для плавучего льда в прикомочной зоны наибольшую нагрузку при сжатии выдерживают поверхностные слои льда с более прочными кристаллическими связями, чем в приводных слоях льда, контактирующих со сравнительно более теплой водой. При боковом сжатии средние и максимальные значения прочности льда убывают от поверхности к нижним слоям с 2,94 до 1,92 и с 5,94 до 2,28 (МПа соответственно). Наибольшие колебания пределов прочности льда при сжатии свойственны поверхностным и средним слоям льда. В нижней части льда амплитуда колебаний прочности льда при сжатии составляет 0,27 МПа.

При продольном сжатии (нагрузка прилагается перпендикулярно поверхности льда вдоль осей кристаллов) наблюдается противоположное распределение показателей прочности льда при сжатии – рост средних значений $\sigma_{сж}$ от верхних слоев к нижним с 1,89 МПа до 2,76 МПа. Минимальные значения $\sigma_{сж}$ сравнительно стабильны во всей толще льда (0,20-0,54 МПа).

Таблица 49.

Средние и экстремальные значения прочности льда при сжатии в
Северном Каспии (б_{сж}), Мпа.

Характеристика	По отдельным образцам				Осредненные по слоям			льдина в целом
	верх	середина	низ	все слои	верх	середина	низ	
Лед пресный, б _{сж} (боковое)								
Среднее значение	1,47	1,72	1,58	1,59	1,45	1,70	1,37	1,51
Максимум	3,83	5,95	3,26	5,95	3,27	3,085	2,59	2,79
Минимум	0,14	0,41	0,54	0,14	0,27	0,61	0,69	0,42
Количество изме- рений	69	66	71	206	23	23	23	23
Прикромочная зона, б _{сж} (боковое)								
Среднее значение	2,94	2,32	1,92	2,62	-	-	-	-
Максимум	5,94	5,82	2,28	5,94				
Минимум	0,32	0,79	1,65	0,32				
Количество изме- рений	14	11	4	29				
Прикромочная зона, б _{сж} (продольное)								
Среднее значение	1,89	2,41	2,76	2,21	-	-	-	-
Максимум	5,16	4,56	4,95	5,16				
Минимум	0,20	0,54	0,33	0,20				
Количество изме- рений	42	37	34	113				

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 (рис. 113).

Проведён комплекс работ по испытанию прочности ровного и наслоенного льда и льда из торосистых образований. В полевых работах определялись прочность образцов льда при изгибе и при сжатии, а также прочность при сжатии льда *in situ* (в точке наблюдения). Физическое состояние ледяного покрова определялось, как правило, слабо отрицательными значениями температуры воздуха, часто переходящими через 0. Поэтому отрицательная температура льда -1,1 -4,5°C наблюдалась только в поверхностном слое ледяного покрова. Соленость льда колебалась в пределах 0,1-0,4 ‰. Миграция жидкой фазы из поверхностного слоя ледяного покрова заметно влияет на плотность льда, уменьшая её значения в этом слое до величин 830-850 кг/м³. В среднем и нижнем его слоях, где отмечается ярко выраженная текстурная слоистость, в зависимости от содержания воздушных включений значения плотности льда изменяются в пределах 870-900 кг/м³ (рис. 114 и 115).



Рис. 113. Измерение температуры по слоям в керне слоистого льда, состоящего из чередующихся полупрозрачных и непрозрачных слоев.



Рис. 114. Кольцевым буром вырезан керн.



Рис. 115. Испытание очередного образца льда на прочность.

При полном стекании жидкой фазы из поверхностного слоя льда он становится рыхлым и приобретает молочно-белый цвет. Анализ структуры показывает, что лед образуется из разнотермических изометрических кристаллов размером 2-10 мм, характерных для льда типов А6 и Б6 (Морской лед ... , 1997). В период наиболее устойчивого ледообразования происходит вертикальное развитие мелковолокнистых кристаллов вдоль базисной плоскости, в результате чего формируются слои льда типа А4 и Б4.

ОЦЕНКИ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ (ВРЕМЕННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ) ЛЬДА НА СЖАТИЕ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПО ЛИТЕРАТУРНЫМ ИСТОЧНИКАМ

Прочность льда зависит от его физических характеристик: структуры льда, температуры, солёности, плотности, пористости. Результаты наблюдений за прочностью льда при боковом сжатии $\sigma_{\text{сж}}$ в районе Уральской бороздины показали, что наиболее прочен при сжатии прозрачный лед кристаллической структуры. Максимальные значения пределов прочности, как отдельных образцов, так и в целом слое приходятся на среднюю часть льдины. Здесь средние и максимальные значения $\sigma_{\text{сж}}$ составляют соответственно 2,79-5,95 МПа (по образцам) и 2,74-3,85 МПа (для слоя в среднем). Наименее прочными в монолитном льду кристаллической структуры являются нижние слои льдины, в которых средние значения $\sigma_{\text{сж}}$ составляют 1,9-2,0 МПа, а максимум $\sigma_{\text{сж}}$ не превышает 2,6-3,3 МПа. Очень слабым при сжатии является матовый лед зернистой структуры, особенно в верхней части льдины, подверженной колебаниям температуры воздуха. Здесь средняя прочность (0,6-0,7 МПа) в 2 раза меньше, чем в средней и нижней частях (1,25-1,37 МПа). Более низки

и максимальные значения $\sigma_{сж}^{\perp}$ в этом слое по отношению к максимальным значениям $\sigma_{сж}^{\perp}$ в нижележащих слоях. В полупрозрачном льду отмечается последовательное понижение прочности при сжатии от верхних слоев (1,32 МПа) к нижним (1,18 МПа).

В ледяном покрове с четко выраженной слоистой структурой наблюдается своеобразное вертикальное распределение $\sigma_{сж}^{\perp}$. Очень устойчивыми к нарушению структуры оказываются прослойки прозрачного льда в средней части льдины. Максимальные значения $\sigma_{сж}^{\perp}$ в них могут достигать 5,0-5,9 МПа. Прозрачный лед кристаллической структуры на всех стадиях развития не разрушается при нагрузках менее 0,9-1,0 МПа.

Минимальная прочность при сжатии характерна для матового льда зернистой структуры, изобилующего дефектами кристаллической решетки и разрушающегося при нагрузках 0,14-0,54 МПа. Предельная нагрузка, выдерживаемая этим льдом, ~ 2,0 МПа.

Для плавучего льда в прикомочной зоне наибольшую нагрузку при сжатии выдерживают поверхностные слои льда с более прочными кристаллическими связями, чем в приводных слоях льда, контактирующих со сравнительно более теплой водой. При боковом сжатии средние и максимальные значения прочности льда убывают от поверхности к нижним слоям с 2,94 до 1,94 и с 5,95 до 2,64 МПа соответственно.

При продольном сжатии ($\sigma_{сж}^{\perp}$ - нагрузка прикладывается перпендикулярно поверхности льда) наблюдается противоположное распределение показателей прочности льда – рост средних значений $\sigma_{сж}^{\perp}$ от верхних слоев к нижним с 1,9 до 2,8 МПа. Минимальные значения $\sigma_{сж}^{\perp}$ сравнительно стабильны по всей толще льда 0,20-0,54 МПа (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992).

Прочность при сжатии смерзшихся ледяных полей на акватории Уральской бороздины сравнительно однородна по вертикали (1,47-1,72 МПа). Максимум $\sigma_{сж}^{\perp}$ приходится на средние слои. В них отмечен и наибольший диапазон изменчивости значений $\sigma_{сж}^{\perp}$ отдельных образцов ($\sigma_{сж}^{\perp} = 5,54$ МПа), в то время как в прикомочной зоне наибольшая изменчивость значений $\sigma_{сж}^{\perp}$ наблюдается в верхних слоях.

Статистические обобщения значений $\sigma_{сж}^{\perp}$ выполнены только для Уральской бороздины, где длина ряда наблюдений за боковым сжатием льда составила 206 членов.

В таблице 50. приведены средние и экстремальные значения прочности льда при сжатии в Северном Каспии в районе Уральской бороздины и в прикомочной зоне, т.е. в области плавучего льда, которая отделяет припай от чистой воды.

Таблица 50.

Средние и экстремальные значения прочности (временного сопротивления) льда при сжатии $\sigma_{сж}$ (МПа) в Северном Каспии.

Характер истика	По отдельным образцам				Осреднение по слоям			Льдина в целом
	верх	середина	низ	все слои	верх	середина	низ	
Гурьевская бороздина, $\sigma_{сж}''$ (боковое)								
Средн.	1,47	1,72	1,58	1,59	1,45	1,70	1,37	1,51
Макс.	3,83	5,95	3,26	5,95	3,27	3,85	2,59	2,79
Мин.	0,14	0,41	0,54	0,14	0,27	0,61	0,69	0,42
N	69	66	71	206	23	23	23	23
Прикомочная зона, $\sigma_{сж}''$ (боковое)								
Средн.	2,94	2,32	1,92	2,62	-	-	-	-
Макс.	5,94	5,82	2,28	5,94	-	-	-	-
Мин.	0,32	0,79	1,65	0,32	0,32	1,16	1,65	1,84
N	14	11	4	29	6	4	2	4
Прикомочная зона, $\sigma_{сж}^+$ (продольное)								

Средн.	1,89	2,41	2,76	2,21	-	-	-	-
Макс.	5,16	4,56	4,95	5,16	-	-	-	-
Мин.	0,20	0,54	0,33	0,20	0,45	0,86	1,53	1,39
N	42	37	34	113	12	10	10	10

ПРОЧНОСТЬ ЛЬДА ПРИ СЖАТИИ ОБРАЗЦОВ, ВЗЯТЫХ В ХОДЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

Пределы прочности образцов при сжатии σ_c рассчитывались по формуле:

$$\sigma_c = \frac{F}{S} \text{ (Па),}$$

где F - разрушающая сила (Н); S - площадь поперечного сечения образца (м²).

Испытаниям подвергались образцы из верхних, средних и нижних слоев льда. Расчеты показали, что максимальное различие средних значений пределов прочности в этих слоях с учетом температуры льда и направления нагружения не превышало 17 %, что указывает на достаточно однородное распределение прочности при сжатии по толщине ледяного покрова. Поэтому полученные данные были сгруппированы по направлениям нагружения и двум температурным диапазонам без разделения по слоям ледяного покрова.

В таблице 51 приведены результаты статистической обработки значений прочности образцов льда при сжатии.

Таблица 51.

Результаты статистической обработки значений прочности
образцов льда при сжатии.

Средняя температура льда, °С			- 0,45		- 1,45	
Направление нагружения				⊥		⊥
Количество испытаний			50	25	50	35
Среднее значение, МПа			1,28	1,74	2,93	3,38
Стандартное отклонение, МПа			0,26	0,30	1,19	1,10
Коэффициент вариации			0,20	0,17	0,41	0,33
Минимальное значение, МПа			0,85	1,26	1,20	1,12
Максимальное значение, МПа			1,76	2,30	5,60	5,44
Доверительный интервал 95 % обеспеченности для среднего значения	Нижняя граница, МПа		1,20	1,61	2,59	3,00
	Верхняя граница, МПа		1,35	1,86	3,27	3,76

Примечание: Значки ||, ⊥ – направление нагружения параллельно и перпендикулярно поверхности льда, соответственно.

Значения коэффициентов вариации оказались несколько ниже прошлых годов и не превышали 0,41, что считается нормальным для серий испытаний льда на прочность (Методическое письмо, 1983). Это подтверждает правомочность объединения полученных результатов в группы для их статистической обработки.

Предел прочности образцов на сжатие, в восточной части Северного Каспия в период зимних экспедиционных работ, по определениям на гидравлическом прессе (до 1970г.), изменяется в очень широком диапазоне от 0,14 до 6-8,0 МПа. Столь большая изменчивость значений $\sigma_{сж}$ объясняется разнообразием структур, различием солености и плотности

исследуемых образцов, значительными вариациями температуры льда и окружающей среды, а также особенностями проведения работ.

Многолетние результаты экспедиционных (натурных) наблюдений за прочностью льда при боковом сжатии $\sigma_{сж}$ в районе Гурьевской бороздины (I «вековой» разрез) показали, что наиболее прочным при сжатии является лед прозрачный, кристаллической структуры. Максимальные значения пределов прочности отдельных образцов и слоев приходится на среднюю часть льдины. Здесь средние и максимальные значения $\sigma_{сж}$ (боковое сжатие) составляют соответственно 2,79-5,95 МПа (по образцам) и 2,74-3,85 МПа (для слоя в среднем).

Наименее прочными в монолитном льду кристаллической структуры являются нижние слои льдины, в которых средние значения $\sigma_{сж}$ составляют 1,9-2,0 МПа, максимум не превышает 2,6-3,3 МПа.

Очень слабым при сжатии является матовый лед зернистой структуры, особенно в верхней части льдины, более подверженной колебаниям температуры воздуха. В верхней части льда средняя прочность при сжатии (0,6- 0,7 МПа) в два раза меньше, чем в средней и нижней частях (1,25-1,37 МПа). Более низкими являются и максимальные значения в этих слоях.

В ледяном покрове с четко выраженной слоистой структурой наблюдается своеобразная зональность в распределении $\sigma_{сж}$. Очень устойчивыми к нарушению структуры и возникновению дефектов являются прослойки прозрачного льда в средней части льдины. Максимальные значения $\sigma_{сж}$ здесь достигают 5,0-5,9 МПа. Прозрачный лед кристаллической структуры на всех стадиях развития и разрушения ледяного покрова не разрушается, как правило, при нагрузках менее 0,9-1,0 МПа.

Минимальная прочность при сжатии характерна для матового льда зернистой структуры, с большим количеством дефектов кристаллической решетки и разрушается при нагрузках 0,14-0,54 МПа, предельная не превышает 2,0 МПа.

Прочность смерзшихся ледяных полей в районе Гурьевской бороздины при боковом сжатии сравнительно однородна по вертикали (1,47-1,72 МПа).

Максимум приходится на средние слои и равен 5,95 МПа. Здесь же отмечается и наибольшая изменчивость значений отдельных образцов - до 5,54 МПа.

Повторные наблюдения при испытаниях образцов льда, взятых из одного слоя льдины, показали различия в значениях прочности, достигающие 0,5-1,0 МПа. Видимо, эти значения можно принять за точность метода в целом.

В марте - апреле, с повышением температуры воздуха и льда, происходит ослабление межкристаллических связей в ледяном покрове. В результате лед разрушается при небольших внешних условиях, при величинах бокового сжатия равных 0,8-1,0 МПа.

Статистическое обобщение рядов многолетних наблюдений за пределом прочности льда на сжатие на акватории Гурьевской бороздины ($n = 206$) показывает, что наибольшая частота (P , %) пределов прочности льда при сжатии для акватории бороздины для образцов и слоев льда приходится на значения в интервале от 0,81 до 2,0 МПа (50,1 %). На тот же диапазон приходится максимальная частота и для льда в целом (60 %).

Одной из важных оценок состояния ледяного покрова является его динамическая твердость. Пределы динамической твердости льда в районе Гурьевской бороздины находятся между значениями $\sigma_{дт} = 0,34...3,68$ МПа.

Изменчивость динамической твердости во времени припайных льдов невелика. С началом весеннего таяния значения $\sigma_{дт}$ резко уменьшаются сначала на поверхности, затем, во всей толще льда.

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, кратко изложенных в данной работе, 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 льдов (рис. 116).



Рис. 116. Навалы льда вокруг Казахской буровой платформы.

Попутные биологические исследования, выполненные в период ледовой экспедиции, подтвердили предположения об угнетающем влиянии ледовых процессов на условия формирования и развития биоценозов.

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 г. в районе структуры «Кашаган». Толщина ровного льда к 22 декабря составила 10-15 см, в наслоениях 15-25 см. Лед при подвижках двигался с запада на восток, при этом с западной

стороны образовалось мощное торосистое поле площадью 4-6 км, с высотой торосов до 1,2 м. С восточной стороны от структуры образовалось обширное пространство чистой воды (водяная тень). В дальнейшие несколько недель процессы ледообразования активизировались. Толщина льда увеличилась до 30-40 см и продолжала расти.

Ситуация достигла критической 16 января 2008 г., когда в результате шпормового ветра и интенсивных подвижек льда был полностью блокирован битым льдом толщиной до 1,5 м подходной канал. При этом эвакуационные суда оказались парализованными на несколько недель, что привело к вынужденной эвакуации персонала

В январе 2013 г. в северо-восточной части Каспийского моря (рис. 117) проводилась международная ледоисследовательская экспедиция, в состав которой входили представители России (ФГУП «Крыловский государственный научный центр»), Казахстана (AGIP KCO), Финляндии (Aker Arctic) и Италии (Navalprogetti). Целью экспедиции было исследование прочностных свойств ледяного покрова, знание которых необходимо при проведении морских операций.



Рис. 117. Расположение станций при проведении исследований прочности льда.

В ходе экспедиции решалась задача нахождения соответствия между данными о прочности льда на изгиб и сжатие, полученными методами разрушения консольных балок на плаву и сжатия цилиндрических образцов льда, с данными определения этих же характеристик косвенным методом по результатам измерения температуры и солёности льда. Были выполнены исследования прочности ледяного покрова на изгиб также путем разрушения балок небольших размеров, выпиленных из ледяного покрова, методом трехточечного изгиба. Кроме этого проводилось измерение распределения температуры и солёности льда путем измерения этих характеристик на кернах, добываемых из ледяного покрова. На последней станции вместо измерения прочности балок притрехточечном изгибе были выполнены измерения прочности льда на смятие.

Экспериментальные данные, полученные по малым балкам, были сопоставлены с результатами ранее выполненных исследований и показали хорошее совпадение. Так, среднее значение прочности для матового льда составило 0,44 МПа, а по данным работы (Болгов, Красножон, Любушин, Бухарицин, 2007) эта величина лежит в пределах 0,35–0,6

Мпа. Уравнение регрессии по всей совокупности полученных данных, в результате исследований 2013 г. для пресного льда дало оценку 1,38 МПа, по данным указанной работы это значение составляет примерно 1,3 МПа., т.е. результаты практически совпадают.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей. том VI, Каспийское море. Вып. 1 гидрометеорологические условия, С-П, 19926 с. 171 - 177.
2. Цуриков В.Л., Веселова Л.Е. О динамической твердости льда Каспийского моря. Исследование льдов южных морей СССР, издательство <Наука>, М., 1973, с.68 - 81.
3. Руководство по изучению физико - механических свойств льда. Под редакцией Г.Н. Яковлева - Л.: Изд-во ААНИИ, 1971. - 45с.
4. Богородский В.В., Гаврило В.П. Лед. Физические свойства. Современные методы в гляциологии. Л.: Гидрометеониздат, 1980. 384 с.
5. Болгов М.В., Красножон Г.Ф., Любушин А.А., Бухарицин П.И. Каспийское море: экстремальные гидрологические события. М.: Наука, 2007. 381 с.
6. Крупина Н.А., Кубышкин Н.В. Прочность при изгибе дрейфующего ровного однолетнего морского льда в Баренцевом море // Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. 2007. № 34 (318). С. 139–159.
7. Огибалов П.М., Мирзаджанзаде А.Х. Механика физических процессов. М.: Изд-во МГУ, 1976. 370 с.
8. Dykins I. Tensile and flexural properties of saline ice / Proc. Int. Symp. on Physics of Ice. Munich, 1968. P. 9–14.
9. IAHR – Recommendations on Testing Methods of Ice Properties. Second Report from IAHR - Working Group on Standardizing Testing Methods in Ice / Schwarz Joachim ed. // Bulletin Series A. Research Report. Division of Water Resources Engineering, University of Luleå, Sweden. 1979. Vol. 24. 26 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ К РАЗДЕЛУ: - ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА

Сплоченность льда

Сплоченностью льда называется отношение площади льдин в зоне, где они распределены сравнительно равномерно, к общей площади этой зоны, выраженное в десятых долях по 10-ти бальной шкале (таблица 52).

Таблица 52.

Шкала сплоченности льда.

Баллы	Характеристика	Площадь, занятая льдинами, %
0	Чистая вода, единичные льдины	0
1 – 3	Редкие льды	10 – 30
4 – 6	Разряженные льды	40 – 60
7 – 8	Сплоченные льды	70 – 80
9 – 10	Очень сплоченные льды	90 – 100
10	Сплошной дрейфующий лед	100

Формы ледяных образований

Формы ледяных образований являются важной характеристикой ледяного покрова. Фиксация их изменений во времени имеет большое значение для оценки сезонной изменчивости ледяного покрова, расчета таяния льда и т.д.

Оценка формы неподвижного льда обычно не вызывает затруднений. Припай в начальной стадии развития обычно формируется из ниласа или серого льда и называется ледяным заберегом. В этот период он неустойчив и легко взламывается. Установившийся припай отличается от дрейфующего льда своей монолитностью. В нем отсутствуют разводья, каналы, участки молодого льда, свежие торосы. Трещины в припае в основном термического происхождения и, как правило, не бывают широкими.

Снежный покров на установившемся припае обычно более мощный, чем на заприпайном дрейфующем льду, а его рельеф более однообразен (заструги и надувы повсеместно вытянуты в направлении преобладающих ветров).

В тех случаях, когда под действием прижимного ветра и низких температур дрейфующие льды смерзаются и становятся неподвижными, граница припая скачкообразно перемещается на большие расстояния.

К формам неподвижного льда относится припай, подошва припая, донный лед и льдины (торосы), севшие на мель - стамухи.

Формы дрейфующего льда выделяют, в основном, в зависимости от их горизонтальных размеров. Различают: ледяные поля - гигантские (более 10 км в поперечнике), обширные (от 2 до 10 км), большие (500 – 2000 м), обломки полей (от 100 до 500 м), к которым относятся также и крупнобитый лед (от 20 до 100 м), битые льды (менее 20 м), блинчатый лед и ледяную кашу, или тертый лед.

Для приобретения навыков визуальной оценки размеров льдин можно воспользоваться вспомогательной таблицей, которую составляют для того или иного типа летательного аппарата (таблица 53).

Таблица 53.

Оценка размеров льдин с самолета Ил-14 (путевая скорость 250 км/час).

Форма льда	Горизонтальные размеры	Время пролета
Гигантские поля	Более 10 км	Более 2 минут
Обширные поля	2 – 10 км	29 сек. – 2,5 минуты
Большие поля	500 – 2000 м	7 – 29 сек.
Обломки полей	100 – 500 м	4 – 7 сек.
Битый лед	до 100м	1 сек.

Торосистость льда

Торосистость льда оценивается по 5-ти бальной шкале (таблица 54), где ровному льду соответствует 0 баллов, а сплошному торосистому льду 5 баллов.

Таблица 54.

Шкала торосистости льда.

Балл торосистости	Характеристика поверхности льда	Площадь льда, покрытая торосами (% от наблюдаемой)
0	Ровный лед	0
1	Редкие торосы на ровном льду	0 – 20
2	Ровный, частично торосистый лед	20 – 40
3	Лед средней торосистости	40 – 60
4	Сильно торосистый лед	60 – 80
5	Сплошь торосистый лед	80 – 100

Разрушенность льда

Оценка степени разрушенности льда основана на учете внешних признаков, характеризующих изменения поверхности ледяного покрова в результате его таяния, а именно: появление снежиц и степень их развития, наличие снежного покрова, количество и размеры проталин и промоин, размеры и формы ледяных образований и т.д.

Дополнительными признаками являются: цвет поверхности льда, осадка льдин и форма их краев, наличие подводных таранов и т.д.

Таяние льдов разных возрастных категорий начинается не одновременно и протекает с различной интенсивностью в зависимости от его толщины, высоты и структуры, характера деформаций, солёности и т.д. (таблица 55).

Таблица 55.

Шкала разрушенности льда.

Балл разрушенности	Внешние признаки разрушенности льда
1. Молодые льды	
0	Признаки таяния отсутствуют.
1	Поверхность льда потемнела. Снег стаял. Наблюдаются единичные проталины и промоины.
2	Сильно разрушенный лед. Повсюду проталины. Происходит распад льдин на мелкие формы.
3	Ровный лед растаял. Остались глубоко сидящие в воде торосистые образования.
2. Старые однолетние льды	
0	Признаки таяния отсутствуют.
1	На поверхности льда отдельные снежицы в виде темных пятен и луж. Начался распад сморозей.
2	Поверхность льда потемнела. Снег частично растаял. Повсюду большие лужи и отдельные озёрки на льду. У наветренных берегов припай покрыт сплошным слоем воды. Местами образовались водяные забереги.

3	Озерки на всей поверхности льда. Снег полностью растаял. Местами проталины. Появились трещины, у берегов сплошные забереги. Лед в стадии обсыхания. Цвет льда белесый.
4	Сильно разрушенный лед. Повсюду проталины и промоины, закончен распад сморозей. Среди битого льда - грибовидные льдины с подводными таранами. Припай взломан.
5	Преобладает битый лед в виде сильно обтаявших глыб, глубоко сидящих в воде. Лед сильно пропитан водой, имеет темно - серый цвет.

Сжатость льда

В процессе сплочения дрейфующих льдов наступает момент, когда пространства чистой воды между льдинами исчезают. При достижении сплоченности льда 9-10 баллов этот процесс приводит к сжатию льдов, которое проявляется в образовании подсовов, торосов и набивного льда.

В зонах, где преобладают крупные ледяные поля, сжатие льда может начаться уже при сплоченности 7- 8 баллов (таблица 56).

Таблица 56.

Шкала сжатости льдов.

Балл сжатости	Характеристика
0	Лед не сжат («на расплыве»). Среди сплоченных льдов каналы, не закрывающиеся трещины и разводья. На стыках полей отсутствуют свежие торосы и выпучивания тертого льда.
1	Лед слабо сжат. Наблюдаются отдельные разводья и свежие трещины. Ледяная каша между льдинами уплотнена. Среди ниласовых и серых льдов повсеместно наслоения. Среди серо - белых льдов торосы взлома.
2	Лед заметно сжат. Сохранились редкие небольшие разводья и узкие трещины, свидетельствующие о сдвигах льдин относительно друг друга. Тертый лед частично выжат на края льдин. Молодые льды среди старых в основном выторошены. На стыках полей свежие торосы.
3	Лед сильно сжат. Пространства чистой воды и открытые трещины полностью отсутствуют. Молодой лед среди старого полностью выторошен, ледяная каша выжата; на краях льдин - валы. На стыках полей гряды и барьеры торосов. На мелководьях, банках - набивной лед.

Загрязненность льда

Поверхность ледяного покрова, под воздействием различных факторов, подвергается естественному и искусственному загрязнению.

Степень загрязненности льда оценивается по трехбалльной шкале (таблица 57), причем, в журнале наблюдений записывается и цвет загрязнения, и (по возможности), его состав: пыль, песок, нефть и т.д.

Таблица 57.

Шкала загрязненности льда.

Балл загрязнен- ности	Характеристика
0	Лед чистый, наблюдаются лишь незначительные следы загрязненности.
1	Лед мало загрязнен. Площадь загрязненного льда менее 30 % площади наблюдаемой поверхности.
2	Лед средней загрязненности. Площадь загрязненного льда составляет от 30 до 70 % площади наблюдаемой поверхности.
3	Лед сильно загрязнен. Более 70 % площади наблюдаемой поверхности льда загрязнено.

Заснеженность льда

Снежный покров на морских льдах распределяется очень неравномерно, в зависимости от времени выпадения и условий накопления. При визуальных наблюдениях с самолета заснеженность ледяного покрова оценивается по трехбалльной шкале (таблица 58).

Таблица 58.

Шкала заснеженности льда.

Балл Заснежен- ности	Характеристика
0	Снега на льду нет, или наблюдаются отдельные снежные пятна.
1	Тонкий равномерный снежный покров толщиной до 5 см, или чередование равномерного снежного покрова с участками оголенного льда, составляющего от 30 до 70 % площади наблюдаемой поверхности.
2	Снежный покров толщиной от 5 до 20 см с небольшими застругами и надувами, без пятен оголенного льда, или снежный покров с резко выраженными застругами, надувами и участками оголенного льда, составляющими от 10 до 30 % площади наблюдаемой поверхности. Сугробы закрывают торосы высотой до 50 см.
3	Значительный снежный покров в среднем высотой более 20 см, без пятен оголенного льда, с большими надувами и сугробами, иногда закрывающими торосы до 1,5 м.

Примечание: Оценки состояния ледяного покрова (сплоечность, форма, торосистость, разрушенность, сжатость, загрязненность и заснеженность) взяты из книги: Руководство по производству ледовой авиаразведки, Л., Гидрометеиздат, 1981. 240с.

ПОДЛЁДНЫЕ ТЕЧЕНИЯ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Наблюдения над течениями подо льдом до 1963 г. производились весьма редко из-за сложности доставки наблюдателей на лёд. Это были разрозненные разовые наблюдения, чаще визуальные, производившиеся попутно при профилных ледовых наблюдениях на взморье Волги. Наиболее значительные работы были выполнены в 1934 г. санной экспедицией ВНИРО под руководством Н.Н. Горского (см. раздел). Эта экспедиция дважды пересекла восточную часть Северного Каспия с севера на юг и в обратном направлении, выполнив при этом 26 океанографических станций. В связи с падением уровня Каспия эти наблюдения в значительной степени устарели.

С 1963 г. Астраханская гидрометеорологическая обсерватория начала применять для исследования режима подледных течений самописцы течений БПВ-2, подвешивая их на тросе, закрепленном на поверхности льда. Зимняя установка обеспечивает наилучшие условия для работы самописца и получение достоверных сведений о течениях, так как исключает влияние волнения и обрастание прибора. Установка БПВ-2 на автономную работу, их периодическая подзаводка и снятие производились с помощью вертолетов Ми-1, а в 1974 г. на Ка-26. В 1963-1974 гг. в 10 пунктах Северного Каспия было произведено более 5 тыс. наблюдений (табл. 59) с дискретностью наблюдений 1 ч. (рис.118).

Таблица 59.

Наблюдения над течениями в зимний период и средней результирующий вектор переноса водных масс (горизонт наблюдений – половина глубины).

№ станции	Период наблюдений	Количество наблюдений (серий)	Вектор течения		Примечание
			Направление, °	Величина, см/с	
31	21.01-13.02.1974г.	462	145	1,4	На вертолётe Ка-26
32	20-25.01.1963г. 13-18.02.1965г.	386	195	0,2	На вертолётe Ми-1
33	12.01-18.02.1964г. 24-27.02; 4-7.03.1968г.	860	105	2,6	На вертолётe Ми-1
34	18-19.02.1964г. 10-22.02.1968г. 8-16.02.1969г.	487	60	2,5	На вертолётe Ми-1
35	11-17.02.1965г.	140	65	1,4	На вертолётe Ми-1
36	18-19.02.1964г.	13	-	-	Ледовый лагерь ВНИРО и АГМО: на льдине 45°40'с.ш. 50°30'в.д.
37	19-21.01.1974г.	47	-	-	На вертолётe Ка-26
38	6-10.02.1971г. 6-19.02.1972г.	362	110	0,6	На вертолётe Ми-1

39	3-13.0.2.1964г.	495	240	2,5	На вертолѣте Ми-1
40	15-20.02.1964г. 16.12.1968г.- .25-01.1969г. 24.01- 01.02.1970г. 24.01- 01.02.1972г.	1954	115	2,0	На вертолѣте Ми-1
ИТОГО:		5206			



Рис. 118. Гидрологические работы на льду Каспия. Измерение подледных течений с помощью самописцев течений БПВ-2.

Пункты наблюдений над характеристиками подледных течений выбирались в тех районах моря, где продолжительность ледового периода была наибольшей. С одной стороны, это гарантировало в большей мере сохранность прибора, с другой - выявляло наибольшую степень влияния ледяного покрова, а и речного стока на характер течений. В связи с этим наблюдения над подлѣдными течениями были сосредоточены в основном в восточных районах взморья Волги, на устьевом взморье Урала и на Бузачинском пороге (табл. 1, рис. 119). Так как наблюдения над течениями производились преимущественно в январе и феврале, ниже дана характеристика факторов, влияющих на режим течений в эти месяцы.

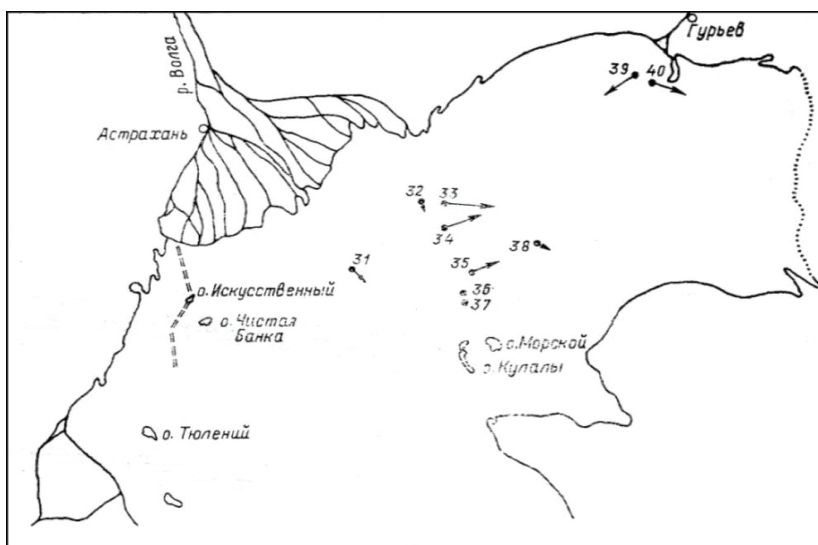


Рис. 119. Средние результирующие векторы переноса вод Северного Каспия в ледовый период.

Ветер. Характеристика ветра дана по данным многолетних (20 лет) наблюдений РМС о. Кулалы (табл. 60). В январе, феврале преобладают ветры восточной четверти (суммарная повторяемость более 55 %) довольно часты западные и северо-западные ветры (повторяемость более 20 %). Ветровой режим в январе и феврале соответствует в основном среднегодовому, однако преобладающие в Северном Каспии ветры восточной четверти в эти месяцы наиболее устойчивы и продолжительны. Повторяемость ветров со скоростью 15 м/с в январе составляет 3,2 %, в феврале 2,8 %, а за год в среднем 2,6 %.

Таблица 60.

Средняя месячная и годовая повторяемость ветра по направлениям.

С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Январь								
6,6	12,7	31,1	11,9	3,8	3,9	11,8	12,7	5,5
5,6	5,4	7,0	6,0	5,2	5,7	8,5	7,4	
Февраль								
8,7	16,1	31,6	10,2	2,4	4,3	9,3	11,9	5,5
6,3	6,7	7,1	5,8	5,8	5,7	7,9	7,8	
Год								
9,0	15,1	24,4	10,4	4,0	5,8	10,6	12,9	7,8
5,6	6,1	6,8	6,0	6,1	5,4	7,2	7,4	

Примечание: 1-я строка повторяемость, %; 2-я строка – средняя скорость, м/с.

Ветровой режим района о. Кулалы в общих чертах характерен для всего Северного Каспия, тем более что остров расположен вблизи акватории моря зимой свободной ото льда или занятой плавучим льдом и в большей степени подверженной дрейфовым течениям, так что ветер в этом районе оказывает существенное воздействие на характер течений.

Сток рек. Средний максимальный и минимальный расходы воды, характеризующие сток Волги и Урала за январь, февраль и год, представлены в табл. 61.

Таблица 61.

Характеристика средних многолетних расходов воды (м³/с) Волги
у с. В. Лебяжье и Урала у с. Тополи.

Характеристика	с. В. Лебяжье			с. Тополи		
	Январь	Февраль	Год	Январь	Февраль	Год
Средний	4850	5610	6986	89	82	251
Максимум	6090	7060	8740	135	128	472
Минимум	3200	4210	4210	38	39	96

Расходы воды Волги в зимний период примерно на треть меньше среднегодовой, а Урала - почти в 3 раза. Экстремальный среднемесячный расход воды Волги в январе-феврале менялся от 3200 до 7060 м³/с, Урала - от 38 до 135 м³/с. Около 40% зимнего стока Волги сосредоточено в восточной части дельты Волги и 60% в западной.

Ледовый режим. Наблюдения за режимом подледных течений производились только в средние и суровые зимы. Число дней со льдом по району о. Кулалы изменялось от 24 в зиму 1967/68 г. до 97 в зиму 1970/71 г. Наблюдения за подледными течениями производились в те периоды, когда вся восточная часть Северного Каспия и западная до свала глубин были заняты неподвижным льдом. Толщина льда в месте установок приборов была 30-60 см на устьевом взморье Волги и Бузачинском пороге и 30-80 см - на устьевом взморье Урала.

Водная растительность. По данным визуальных авианаблюдений КаспНИРХа и Астраханской гидрометеообсерватории зарастаемость устьевого взморья Волги в среднем увеличилась с 1963 по 1973 г. почти на 30 %. Показателем зарастания устьевого взморья служит выраженное в процентах отношение площади акватории, занятой растительностью, ко всей акватории устьевого взморья. Водной растительностью зарастает не только устьевое взморье Волги, но и почти все мелководье Северного Каспия у берегов и островов до 1-2-метровой изобаты. К зиме большая часть водной растительности отмирает и стирается льдом при интенсивных подвигах в период установления и разрушения припая, поэтому влияние ее на режим подледных течений ослабевает, но полностью не исключается.

По материалам наблюдений над течениями произведен детальный анализ с сопоставлением результатов зимних наблюдений с летними. Для этого удобнее рассматривать режим течений по районам.

РАЙОН БУЗАЧИНСКОГО ПОРОГА

В северной части порога (ст. 32 и 33, табл. 4) хорошо заметно влияние волжского стока. Преобладают юго-западные (ст. 32, 29,0 %) и юговосточные течения (ст. 23, 57,3 %). Ближе к о. Укатному (ст. 32) скорость течения едва регистрируется прибором (повторяемость течений со скоростью 0-4 см/с составляет 100%). В 7 милях восточнее - на ст. 33-повторяемость течений со скоростью 0-4 см/с уже составляет около 96 %, южнее - на ст. 34 (табл. 4) преобладают северо-восточные (28,3%) и юго-западные течения (18,0 %), а повторяемость слабых течений (0-4 см/с) составляет только 49,1 %. На ст. 32 течений со скоростью более 4 см/с не отмечалось, на ст. 33 повторяемость течений со скоростью 10-14 см/с составила 1,3 %, а на ст. 34 уже 26,5 %. Увеличивается и средняя скорость по модулю от 3,1 см/с на ст. 32 до 6,7 см/с на ст. 34. Если сравнить результаты наблюдений в зимний период с навигационными, то окажется, что с приближением к устьевому взморью Волги различие в режиме течений вследствие влияния льда становится все более ощутимым. Летом на станции, расположенной на устьевом взморье Волги к югу от о. Укатного, преобладали северо- восточные (37,5 %) и юго-западные (30,6 %) течения, тогда как зимой на станциях 32 и 33, расположенных в этом же районе, преобладали юго-восточные и юго-

западные течения (табл. 62).

Таблица 62.

Повторяемость подлёдных течений по грациям скорости и направлениям (ст.32,33,34).

Скорость, см/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	%
Ст. 32., 386 серий									
0-4	5,7	23,8	6,2	7,8	14,5	29,0	10,1	2,9	100
%	5,7	23,8	6,2	7,8	14,5	29,0	10,1	2,9	100
Средняя	3,0	3,4	3,0	3,0	3,0	3,1	3,0	3,0	
Максимальная	3	4	4	3	3	4	3	3	
Ст.33., 860 серий									
0-4	0,9	9,1	23,5	57,3	3,6	0,1	-	1,3	95,8
5-9	-	2,9	-	-	-	-	-	-	2,9
10-14	-	1,3	-	-	-	-	-	-	1,3
%	0,9	13,3	23,5	57,3	3,6	0,1	-	1,3	100
Средняя	3,0	4,6	3,1	3,3	3,0	2,0	-	3,0	
Максимальная	3	13	4	4	3	2	-	3	
Ст. 34., 487 серий									
0-4	2,2	11,0	10,7	4,3	4,7	13,5	2,1	0,6	49,1
5-9	5,8	5,8	2,2	1,4	2,1	2,9	-	-	20,2
10-14	7,2	9ж.3	1,4	3,5	2,5	1,2	0,6	0,8	26,5
15-19	0,6	2,2	0,4	-	0,4	0,4	0,2	-	4,2
%	15,8	28,3	14,7	9,2	9,7	18,0	2,9	1,4	
Средняя	9,0	7,7	5,1	6,8	6,5	4,7	5,9	8,7	
Максимальная	16	14	15	14	16	16	15	14	

Средняя скорость по модулю в навигацию (9,4 см/с) была в 3 раза больше, чем зимой на станциях 32 и 33 (3,1 и 3,3 см/с). Влияние льда сказывается на усилении роли стокового течения, которое прослеживается практически в чистом виде, не искаженное влиянием ветра. Зимний режим течений на ст. 34 уже более соответствует навигационному - значительна повторяемость типичных для этих районов северо-восточных и юго-западных течений (28,3 и 18,0 %); имеет место увеличение скорости по модулю до 6,7 см/с и соответствие результирующего вектора течений зимой (направление 60°, величина 2,5 см/с) навигационному в районе о. Укатного (направление 102°, величина 2,1 см/с) и в районе ст. 34 (направление 82°, величина 3,6 см/с).

В центральной части Бузачинского порога (ст. 35) зимой преобладают восточные и юго-восточные течения (32,9 и 14,3 %), средняя по модулю скорость составляет 7,2 см/с, максимальная скорость 20 см/с (табл. 63). Южнее, на ст. 36 за время относительно непродолжительных наблюдений (13 ч) преобладали северные и северо-восточные течения (23,0 и 15,4 %), повторяемость течений трех румбов западной четверти по 15,4 %, всего 46,2 %. Преобладали течения со скоростью 10-14 см/с (53,9 %), средняя скорость по модулю составила 9,4 см/с (результирующий вектор течения на станциях 36 и 37 не вычислялся из-за малого числа наблюдений).

Таблица 63.

Повторяемость подлёдных течений по грациям скорости и направлениям (ст.35,36,37).

Скорость, см/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	%
Ст. 35., 140 серий									
0-4	13,6	3,6	20,9	8,0	-	-	5,0	3,6	53,8
5-9	-	3,0	2,9	0,7	-	-	0,7	1,4	8,7
10-14	-	5,7	9,3	2,8	2,1	0,7	6,4	2,1	29,1

15-19	-	-	0,7	2,8	1,4	0,7	1,4	0,7	7,7
20-24	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,7
%	13,6	12,3	32,9	14,3	3,5	1,4	13,5	8,5	100
Средняя	3,2	8,5	6,1	7,8	14,2	14,0	8,5	8,8	
Максимальная	4	14	19	19	17	15	17	20	
Ст.36., 13 серий									
0-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-9	23,0	7,7	-	-	-	-	15,4	-	46,1
10-14	-	7,7	7,7	-	7,7	15,4	-	15,4	53,9
%	23,0	15,4	7,7	-	7,7	15,4	15,4	15,4	100
Средняя	8,0	8,5	11,0	-	14,0	10,0	8,0	19,0	
Максимальная	8	10	11	-	14	14	9	10	
Ст. 37., 47 серий									
0-4	-	2,1	2,1	-	2,1	-	-	-	6,3
5-9	-	32,0	17,1	-	2,1	-	-	-	51,2
10-14	-	36,1	6,4	-	-	-	-	-	42,5
%	-	70,2	25,6	-	4,2	-	-	-	100
Средняя	-	9,8	7,3	-	5,5	-	-	-	
Максимальная	-	14	10	-	8	-	-	-	

В южной части Бузачинского порога (ст. 37) за период наблюдений (47 ч) преобладали северо-восточные и восточные течения (70,2 и 25,6 %), почти 94 % течений со скоростью 5-14 см/с.

Восточнее порога и в южной части Гурьевской бороздины (ст. 38) у поверхности преобладали течения юго-восточной четверти {суммарная повторяемость 55,4 %}, в придонном слое - восточной (52,2 %) (табл. 64). В этом районе наиболее часты течения со скоростью 0-4 см/с (95,8 % у поверхности и 83,5 % у дна).

Таблица 64.

Повторяемость подлёдных течений по грациям скорости и направлениям (ст.38).

Скорость, см/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	%
90 серий, поверхность									
0-4	1,4	15,3	16,7	19,4	13,9	-	6,9	22,2	95,8
5-9	-	-	-	-	4,2	-	-	-	4,2
%	1,4	15,3	16,7	19,4	18,1	-	6,9	22,2	100
Средняя	3,0	3,0	2,8	3,0	4,0	-	3,0	3,2	
Максимальная	3	3	3	4	8	-	3	4	
312 серий, дно									
0-4	5,9	13,1	19,0	12,4	6,2	7,6	4,1	15,2	83,5
5-9	1,3	0,3	0,3	1,4	1,7	1,2	0,4	0,7	7,2
10-14	-	0,7	0,3	0,8	1,4	0,3	-	1,0	4,5
15-19	-	-	0,7	0,3	-	-	-	-	1,0
20-24	-	0,3	1,1	1,7	-	-	-	-	3,1
25-29	-	-	-	0,3	0,4	-	-	-	0,7
%	7,2	14,4	21,4	16,9	9,7	9,0	4,5	16,9	100
Средняя	2,9	3,1	3,4	5,7	5,2	3,1	2,4	2,8	
Максимальная	8	22	20	28	27	10	8	14	

Направление преобладающих векторов течения в этом районе и их средняя величина (направление 110°, величина 0,6 см/с у поверхности и 115° и 1,7 см/с у дна) в общих чертах

соответствуют течениям на Бузачинском пороге. В районе ст. 38 средние по модулю скорости течений (3,2 см/с) более чем в 2 раза меньше, чем в центральной (7,2 см/с) и южной (8,1 см/с) частях порога.

Таким образом, зимой в северной части порога преобладают слабые стоковые течения: с удалением на юг скорости течений возрастают, характер распределения течений приближается к безлёдному периоду. В южной части Бузачинского порога при устойчивом ледяном покрове продолжают преобладать течения северных и северо-восточных румбов (табл. 5), тогда как в среднем за навигацию этом районе преобладают юго-западные течения (повторяемость 21,8 % у поверхности и 24,6 % у дна). Очевидно, схема преобладающих течений в районе Бузачинского порога в ледовый период соответствует аналогичной схеме в безлёдный период полученной при малом стоке Волги в весеннюю или осеннюю межень. В эти периоды наблюдается распространение соленых вод на юг Гурьевской бороздины и к устьевому морскому бару Волги. Косвенным подтверждением преобладающего зимой северо-восточного переноса водных масс в южной части порога является наличие в этом районе в ледовом массиве полыней или разводий, образующихся в результате затока более теплых и соленых среднекаспийских вод. Положение средних кромок плавучего и неподвижного льда в этом районе также отражает эту особенность.

УСТЬЕВОЕ ВЗМОРЬЕ УРАЛА

В ледовый период устьевое взморье Урала - это акватория с устойчивым ледяным покровом, наиболее удаленная от кромок льда. Скорости подледных течений здесь очень малы: они возрастают по мере удаления от устья. Если на станции 39 повторяемость течений со скоростью 5-9, см/с составила 7,3 %, а со скоростью 10-14 см/с 4,1 %, то на станции 40, расположенной в 5 милях к юго-востоку от ст. 39, повторяемость течений составила соответственно 3,9 и 0,1 % (табл. 65).

Таблица 65.

Повторяемость подледных течений по градациям скорости и направлениям (ст.39,40).

Скорость, см/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	%
Ст. 39., 495 серий									
0-4	5,6	0,2	-	-	0,4	56,8	12,9	12,7	88,6
5-9	-	-	-	-	-	7,3	-	-	7,3
10-14	-	-	-	-	-	4,1	-	-	4,1
%	5,6	0,2	-	-	0,4	68,2	12,9	12,7	100
Средняя	2,0	2,0	-	-	2,0	3,4	2,6	2,7	
Максимальная	2	2	-	-	2	14	4	4	
Ст.40., 1954 серии									
0-4	15,2	8,7	30,0	32,3	2,5	3,5	1,4	2,5	96,0
5-9	0,0	-	0,5	3,3	-	-	-	-	3,9
10-14	-	-	-	0,1	-	-	-	-	0,1
%	15,2	8,7	30,5	35,6	2,5	3,5	1,4	2,6	100
Средняя	2,1	3,8	3,2	2,9	2,5	2,0	2,0	2,0	
Максимальная	6	4	7	10	4	3	2	2	

В районе ст. 39 преобладают обусловленные стоком Урала западные течения (68,2 %, к юго-востоку от выхода канала (ст. 40) - юго-восточные и восточные течения (35,6 и 30,5 %), что соответствует течениям в период навигации. Средние скорости по модулю в районе обеих станций в ледовый период в несколько раз меньше средних скоростей, вычисленных за навигационный период.

Режим течений Северного Каспия обусловлен в основном режимом ветра, стоком Волги и Урала, рельефом дна, конфигурацией берегов, различием в плотности разных водных масс, а также положением и ориентированностью кромки льда, и его толщиной. Главным фактором, формирующим режим течений всего моря, является ветер, вызывающий ветровые течения разных направлений. Среднегодовая же результирующая атмосферная циркуляция создает результирующий перенос вод.

Как уже отмечалось выше, на взморье Волги зимой, как правило, преобладают стоковые течения. До однометровой глубины их скорость порядка 15 см/с, в проранах каналов уклоны дна и, следовательно, скорости течения резко возрастают, достигая 80-100 см/с. За морским баром на глубинах 1,5-3 м стоковые течения продолжают преобладать, хотя их скорость падает до 2-4 см/с, изменяясь в зависимости от величины стока. Здесь изредка отмечались и более высокие скорости течения (до 20-30 см/с). На взморье Урала также преобладают стоковые течения, но средняя скорость их еще меньше (порядка точности определения её прибором, т. е. 1-2 см/с). От 4 до 10% случаев она достигает 5-10 см/с, изредка до 15 см/с. В остальных районах Северного Каспия стоковые течения мало заметны.

В восточной половине акватории преобладающий антициклонический перенос вод обусловлен стоком восточных рукавов и протоков дельты Волги, а также стоком Урала, и значительным испарением с обширных мелководий, расположенных в восточной части моря. По исследованиям И. Г. Егорова (1972), в восточную часть Северного Каспия через северную и центральную часть Бузачинского порога вода в среднем поступает, а через южную его часть вытекает, что и поддерживает результирующий перенос по часовой стрелке (рис.120). Необходимо, все время помнить, что этот перенос, как и всякий другой на Каспийском море, не существует в любой момент времени, он прослеживается лишь как среднее за достаточно продолжительный период.

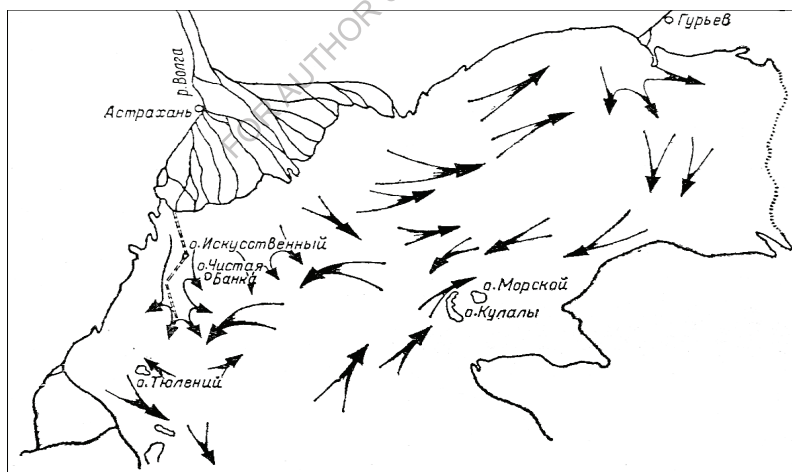


Рис. 120. Схема преобладающего переноса вод Северного Каспия в ледовый период.

В западной половине Северного Каспия основная масса холодной и пресной волжской воды из Волго-Каспийского канала направляется вдоль западного берега моря на юг. В районе Астраханского морского рейда и южнее его волжские воды сливаются с результирующим средним каспийским циклоническим переносом вод, идущим вдоль западных берегов Среднего Каспия к Апшеронскому порогу и затем на север вдоль восточного берега

Среднего Каспия. Отклоняясь к западу берегами п-ова Тюб-Караган северная часть этого переноса занимает зону свала глубин Северного Каспия. Теплые соленые с пониженным содержанием кислорода среднекаспийские воды распространяются на север в виде языка с ядром вблизи восточного берега. В дальнейшем часть этих тяжелых вод опускается в придонные слои средне каспийской котловины, другая часть смешивается с северо-каспийскими водами (Косарев А.Н., 1973).

В зависимости от степени суровости зимы акватория Северного Каспия либо полностью покрыта льдами, либо частично лишена ледяного покрова. Общий характер переноса вод в обеих частях Северного Каспия в обоих случаях в принципе остается одинаковым, однако на свободной ото льда части акватории преобладают более сильные ветровые течения, а подо льдом более слабые, сложного происхождения. Здесь сочетаются стоковые, плотностные и другие градиентные течения. Течения подо льдом более устойчивы по направлению, так как на них существенно меньше сказывается искажающее влияние ветра (ветер над открытой поверхностью моря сказывается подо льдом в виде стонно-нагонных колебаний уровня и соответствующих градиентных и компенсационных течений), скорость же течения подо льдом существенно меньше, так как скорость ветровых течений больше подледных, кроме того, влияет шероховатость ледяного покрова и стесненность русла в каналах. Средняя скорость подледных течений в среднем на 30 % меньше, чем в безледный период в том же районе.

Конечно, при полном отсутствии льда скорости ветровых течений должны быть больше, чем при частичном закрытии акватории льдами, ибо в этом случае для ветров, дующих с части моря, покрытой льдом, уменьшается длина пути ветра над открытым морем, т. е. уменьшается количество энергии, передаваемой ветром на тыловую поверхность волн (образование ветрового волнения предшествует образованию ветрового течения), однако эта разница, по-видимому, не всегда заметна. Так, Косарев А.Н. (1971), приводит результаты наблюдений над течениями в прикромочной зоне в феврале 1971 г. Юго-восточные компенсационные течения при слабом ветре оказались со скоростью 15-30 см/с, а западные, юго-западные и северо-западные течения при восточных и северо-восточных ветрах от 3-4 баллов с усилениями до 6 баллов - скоростью 10-20 см/с. Таким образом, наличие ледяного покрова сказывается на характере переноса вод Северного Каспия и на скоростях течений. Это влияние наиболее заметно в районах, значительно удаленных от кромки льда. С приближением к кромке льда скорости подледных течений возрастают, но остаются на треть меньше, чем в безледный период. В районах, расположенных южнее устьев морского бара Волги, слабые, но устойчивые стоковые течения способствуют в ледовый период распространению пресных вод до трехметровой изобаты. А в периоды развития мощного и устойчивого ледяного покрова в районе Астраханского рейда пресные воды тонким слоем распространяются до 7-10-метровых глубин. Схема преобладающего переноса водных масс в зимний период (рис. 3) соответствует в общих чертах аналогичной схеме в весеннюю или осеннюю межень Волги и Урала, а зимний результирующий средний перенос водных масс немного меньше, чем летом, вследствие большей стабильности (по направлению) подледных течений.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ

1. Андреев В.В., Добрынина Т.А. и др. Рельеф и донные отложения Мангышлакского порога // Комплексные исследования Каспийского моря. Изд-во МГУ. 1971. Вып. 2. С. 75-89.
2. Атлас льдов Каспийского моря» 1961.» Гидрометеиздат, Л., 85с.
3. Бадюкова Е.Н., Варушенко А.Н., Соловьева Г.Д. О генезисе рельефа дна Северного Каспия // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1996. Т. 71. Вып.5. С. 80-89.
4. Бородачев В.Е., Гаврило В.П., Казанский М.М. Словарь морских ледовых терминов. СПб.: Гидрометиздат. 1994, 127 с.

5. Бухарицин П.И. Особенности ледового режима и методы прогноза ледовых условий северной части Каспийского моря: Дис. на соискание уч. степ. канд. геогр. наук. – ААНИИ, Ленинград, 1987. 149с.
6. Бухарицин П.И. Особенности процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря // Водные ресурсы. - 1984. - № 6. - С. 115-123.
7. Бухарицин П.И. Опасные гидрологические явления на Северном Каспии // Водные ресурсы. 1994. Т. 21. № 4-5. С. 444-453.
8. Бухарицин П.И., Огородов С.А., Архипов В.В. Воздействие ледяных образований на дно Северного Каспия в условиях колебаний уровня и ледовитости // Вестник Московского университета. Серия 5. География, №2, 2015 (март-апрель). Издательство Московского университета, 2015. С.101-108.
9. Бухарицин П.И. Характерные особенности ледовых процессов в мелководной северной части Каспийского моря // Комплексные исследования морей России: оперативная океанография и экспедиционные исследования. Материалы молодежной научной конференции, г. Севастополь, 25-29 апреля 2016 г. [Электронный ресурс]. – Севастополь: ФГБУН МГИ. 2016. С.13-20. – Режим доступа: http://mhi-ras.ru/news/news_201605201055.html, свободный.
10. Бухарицин П.И. Исследования каспийских льдов. Ледовый режим Каспия, процессы льдообразования, характеристики ледяного покрова, методы расчета и прогноза ледовых явлений // Монография. Verlag / Издатель: Palmarium Academic Publishing, 2019. 122с.
11. Огородов С.А., Мазнев С.В., Бухарицин П.И. Ледово-экзарационный рельеф на дне Каспийского и Аральского морей // DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-6071151235-50> «Известия Русского географического общества». — 2019. — Т. 151, № 2. — С. 35–50.
12. Валлер Ф.И. Прочность ледяного покрова Северного Каспия (по результатам работ зимой 1973-74 гг.) // Сборник работ Астраханской ГМО. 1980. Вып. 2. С. 102-108.
13. Валлер Ф.И., Егоров И.Г. О преобладающем переносе вод Северного Каспия в навигационный и ледовый периоды // Сборник работ Астраханской ГМО. 1980. Вып. 2. С. 73-92.
14. Веселова Л.Е., Ледяной покров Северного Каспия, условия его образования и развития. Труды ГОИН, вып.24, Гидрометеиздат» N., 1956, с. 56-146.
15. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том IV, Каспийское море. Выпуск 1, Гидрометеорологические условия. Под ред. Ф.С. Терзиева и др. СПб.: Гидрометеиздат. 1992. 360 с.
16. Горский Н.Н. Течения Северного Каспия. Сталинград, 1936.
17. Горский Н.Н. 37 дней на дрейфующих льдах Каспия. – М., Л.: Издательство АН СССР, 1953. – 184с.
18. Жигарев Л.А. Океаническая криолитозона. М.: Изд-во МГУ. 1997, 320 с.
19. Игнатов Е.И., Огородов С.А. Морфодинамика берегов Каспийского моря в условиях колебаний его уровня // Известия РГО. 1998. Т. 130. Вып. 6. С. 27-38.
20. Клите Р.К. Варианты прогнозов положения уровня Каспийского моря. Геоэкологические изменения при колебаниях уровня Каспийского моря. Ред. Каплин П. А., Игнатов Е. И. Геоэкология Прикаспия. Вып. 1. Гл. ред. Касимов. Н. С. М.: МГУ. 1997. С. 14-27.
21. Косарев А.Н., Иванов В.А., Ширяев В.Н. О связи гидрологических условий с ледовой обстановкой в Северном Каспии в феврале 1971 года // Исследования льдов южных морей СССР. – М., 1973. – С.113-124.
22. Кошечкин Б.И. Следы деятельности подвижных льдов на поверхности дна мелководных участков Северного Каспия // Труды Лаборатории аэрометодов АН СССР. – М. – Л. 1958. Т. 6. С. 227-234.

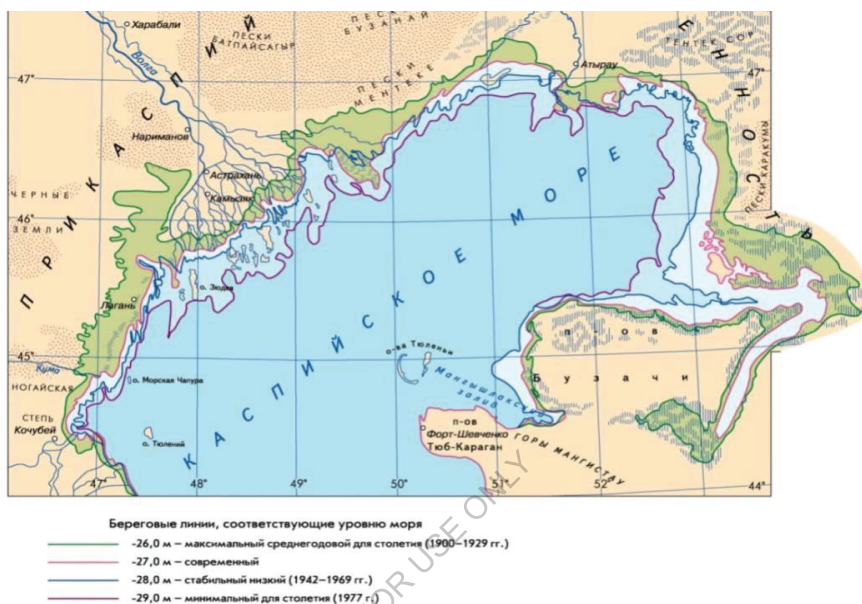
23. Леонтьев О.К. Основы геоморфологии морских берегов. М.: Изд-во МГУ. 1961, 214 с.
24. Лукьянова Л.В. Соленость и плотность каспийских льдов // Гидрометеорология Азербайджана и Каспийского моря. Баку. 1965. С. 197-201.
25. Огородов С.А. Роль морских льдов в динамике береговой зоны арктических морей // Водные ресурсы. 2003. Том. 30. № 5. С. 555-564.
26. Огородов С.А. Роль морских льдов в динамике рельефа береговой зоны. М.: Изд-во Московского университета. 2011. 173 с.
27. Огородов С.А., Архипов В.В. Экзарация дна Каспийского моря ледяными торосистыми образованиями // Доклады Академии наук. 2010. Том 432. № 3. С. 403-407.
28. Buharitsin P., Ayazbayev E. The role of drifting ice in building the bottom landscape and sediment composition in the shallow waters of north Caspian sea // ISSN 0376-6756. Material of the 22nd International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (June 9-13, 2013, Espoo, Finland). Finland, Helsinki 2013. - 4с.
29. Buharitsin P.I. Role of drifting ice in bottom relief formation of freezing shallow waters of the south of Eurasia // Материалы 23RD IAHR International Symposium on Ice, 31 May-03 June 2016, Ann Arbor, Michigan. (США). (электронный вариант, на флэш-карте). – С.1-9.
30. Marchenko, A.V., Ogorodov S.A., Shestov A.V., and Tsvetsinsky, A.S. Ice gouging in the Baydaratskaya Bay: Field studies and numerical simulations // Recent development of Offshore Engineering in Cold Regions. Yue (ed). AC-07, Dalian, China. June 27-30, 2007. Dalian University Press, Dalian. P. 747-759.
31. Bukharitsin P. Studies Caspian ice // Монография. Werlag / Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. 89с.
32. Stepan Maznev, Stanislav Ogorodov, Alisa Baranskaya, Aleksey Vergun, Vasilii Arkhipov, Peter Bukharitsin Ice-Gouging Topography of the Exposed Aral Sea Bed // Remote Sens. 2019, 11, 113; doi:10.3390/rs11020113. – С.1-25.
33. Marchenko A.V., Ogorodov S.A., Shestov A.V., Tsvetsinsky A.S. Ice gouging in the Baydaratskaya Bay: Field studies and numerical simulations // Recent development of Offshore Engineering in Cold Regions. Yue (ed.). AC-07, Dalian, China. June 27-30, 2007. Dalian University Press, Dalian. P. 747-759.
34. Непоменко Л.Ф., Попова Н.В. Исследование экзарации морского дна торосистым льдом методами эхолокации и промеров со льда // Астраханский вестник экологического образования. 2018. Т. 46. №4. С. 35-49.
35. Непоменко Л.Ф., Попова Н.В., Зубанов С.А., Островская Е.В. Ледовые условия западной части Северного Каспия в современный период // Астраханский вестник экологического образования. 2020. Т. 60. №6. С. 4-17.
36. Огородов С.А., Архипов В.В. Экзарация дна Каспийского моря ледяными торосистыми образованиями // Доклады Академии наук. 2010. Т. 432. № 3. С. 403-407.
37. Огородов С.А., Мазнев С.В., Бухарицин П.И. Ледово-экзарационный рельеф на дне Каспийского и Аральского морей // Известия Русского географического общества. 2019. Т. 151. №2. С. 35-50. DOI 10.31857/S0869-6071151235-50.
38. Болгов М.В., Красножон Г.Ф., Любушин А.А. Каспийское море: экстремальные гидрологические события. – М.: Наука, 2007. – 381 с.
39. Бухарицин П.И. Сезонный прогноз торосистости льдов уровня Северного Каспия. Тр ГМЦ СССР, вып. 292, 1988, с. 130 - 135.
40. Бухарицин П.И. Опасные гидрологические явления на Северном Каспии // Водные ресурсы. 1994. Т 21. №№ 4-5. С. 444-452.

41. Бухарицин П.И. Особенности ледового режима и методы прогноза ледовых условий северной части Каспийского моря: Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. – Л.: ААНИИ, 1987. – 149 с.
42. 20. Бухарицин П.И. Особенности процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря // Водные ресурсы. 1984. № 6. С. 115-123.
43. Бухарицин П.И. Сравнительные характеристики многолетней изменчивости ледяного покрова северной части Каспийского и Азовского морей // Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та. 2008. Т. 44. № 3. С. 207–213.
44. Бухарицин П.И., Огородов С.А., Архипов В.В. Воздействие ледяных образований на дно Северного Каспия в условиях колебаний уровня и ледовитости // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2015. № 2. С. 101-108.
45. Кошечкин Б.И. Следы деятельности подвижных льдов на поверхности дна мелководных участков Северного Каспия // Труды Лаборатории аэрометодов АН СССР. 1958. Т. 6. С. 227-234.
46. Мазнев С.В., Огородов С.А. Воздействие ледяных образований на берега и дно мелководных морей и крупных озер умеренных и субарктических широт // Лед и снег. 2020. Т. 60. № 4. С. 578-591.
47. Огородов С.А., Архипов В.В. Экзарация дна Каспийского моря ледяными торосистыми образованиями // Доклады Академии наук. 2010. Т. 432. № 3. С. 403–407.
48. Огородов С.А., Мазнев С.В., Бухарицин П.И. Ледово-экзарационный рельеф на дне
49. Каспийского и Аральского морей // Известия Русского географического общества. 2019. Т. 151. №2. С. 35-50. DOI 10.31857/S0869-6071151235-50.
50. P. Buharitsin, Anton Sigitov, Sergey Vernyayev, Yevgeniy Kadranov, Andrey Bukharitsin. Marine Operations in Channels through Shallow Ice-Covered Waters // Материалы of the 25th International Conference on Port and Ocean Engineering under Frctic Conditions POAC, 2019, Delft, the Netherlands, June 09-13, 2019. (электронный вариант, на флэш-карте). – С.1-15.
51. Peter Bukharitsin. Studies Caspian ice // ISBN-978-613-9-47332-8. Монография. Werlag / Издатель: LAP LAMBERT Academic Publisng, 2019. 89с.
52. Петр Бухарицин. Исследования каспийских льдов. Ледовый режим Каспия, процессы льдообразования, характеристики ледяного покрова, методы расчета и прогноза ледовых явлений // ISBN-978-620-2-38272-4. Монография. Werlag / Издатель: Palmarium Academic Publisng, 2019. 122с.
53. Stepan Maznev, Stanislav Ogorodov, Alisa Baranskaya, Aleksey Vergun, Vasilii Arkhipov, Peter Bukharitsin. Ice-Gouging Topography of the Exposed Aral Sea Bed // Remote Sens. 2019, 11, 113; doi:10.3390/rs11020113. – С.1-25.
54. Бухарицин П.И., Бухарицин А.П. Морские операции в мелководной морской части Волго-Каспийского судоходного канала в ледовых условиях // ISSN 2411-1899. 47я Международная научная конференция Евразийского Научного Объединения (январь 2019) Наука и современность 2019, часть 7. 47th International Scientific Conference of Eurasian Scientific Association (January 2019). Science and modernity 2019. – С.409-415.
55. Бухарицин П.И., Ушивцев В.Б. Оценка воздействия дрейфующих льдов на дно Северного Каспия // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность» (Севастополь, 201824 – 27 сентября 2018 г.) / под ред. Л. И. Лукиной, Н. А. Бежина, Н. В. Ляминой / . – Севастополь: СевГУ, 2018. – С. 208-212/1315с.
56. Buharicin P.I., Buharicin A.P. The Bottom Ice in the Northern Caspian Sea // ISSN 2414-6331. Материалы 24th IAHR International Symposium on Ice Vladivostok, Russia, June 4–9, 2018 (электронный вариант, на флэш-карте). – С.111-117.

57.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I.



Динамика береговой линии Северного Каспия при различных отметках уровня моря.

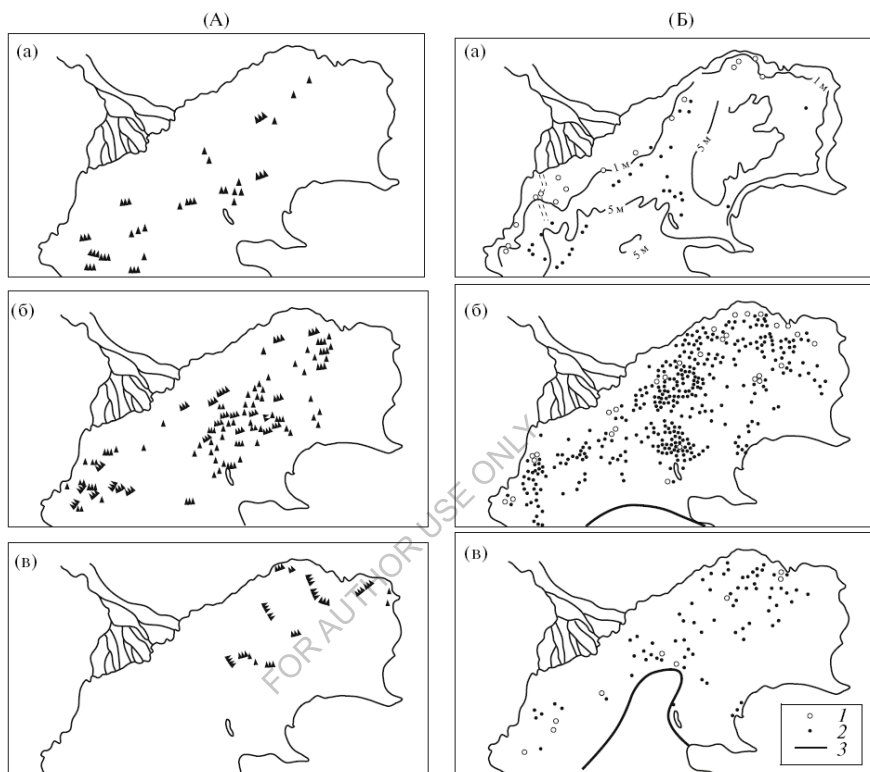
Приложение II.

СУММЫ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА ЗА ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА ПО ДАННЫМ м/с АСТРАХАНЬ С 1984 ПО 2017 гг.

Таблица 1.

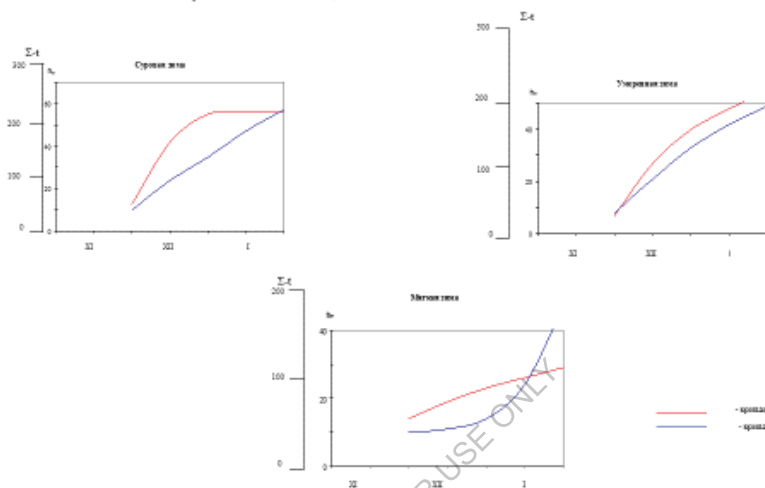
Годы	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	Сумма
1984-1985	с 01.11 - 50,6	-224,4	-172,0	-178,7	до 21.03 -99,5	-725,2
1985-86	с 18.11 -31,5	-89,8	-71,1	-153,3	до 25.03 -32,6	-378,3
1986-87	с 15.11 -37,2	-81,2	-253,3	-187,3	до 29.03 -102,0	-661,0
1987-88	с 11.11 -28,3	-86,4	-206,4	-223,8	до 11.03 -5,8	-550,7
1988-89	с 03.11 -15,7	-60,3	-76,6	до 20.02 -41,8	-	-194,4
1989-90	с 19.11 -9,5	-49,5	-120,5	-98,3	до 16.03 -1,3	-279,1

1990-91	-	с 10.12 - 93,6	-108,6	-162,9	до 11.03 -24,4	-389,5
1991-92	с 02.11 -7,6	-111,7	-92,6	-86,6	до 17.03 -13,1	-311,6
1992-93	с 26.11 -3,0	-122,1	-113,9	-139,7	до 16.03 -52,8	-431,5
1993-94	с 08.11 -209,2	-116,6	-113,6	-149,7	до 15.03 -53,8	642,5
1994-95	с 06.11 -30,9	-147,8	-29,2	-14,4	до 17.03 -26,6	-248,9
1995-96	с 14.11 -1,4	-121,4	-228,3	-134,0	до 29.03 -31,6	-516,7
1996-97	-	-100,8	-205,2	-133,0	до 8.03 -0,8	-439,8
1997-98	с 06.11 -17,7	-140,8	-198,5	-201,6	до 26.03 -9,7	-568,3
1998-99	с 10.11 -59,5	-88,4	-70,2	-31,1	-3,9	-253,1
1999-2000	с 08.11 -95,8	-17,1	-27,8	-12,0	-	-152,7
2000-01	с 11.11 -21,8	-41,6	-88,8	-68,6	-2,8	-223,6
2001-02	с 06.11 -3,7	-117,6	-61,7	-13,0	-	-196,0
2002-03	-11,6	-289,3	-74,5	-155,5	-29,1	-560,0
2003-04	-	с 02.12 -21,0	-58,7	до 22.02 -18,7	-	-98,4
2004-05	с 23.11 -18,5	-7,7	-35,9	-116,5	-	178,6
2005-06	-	с 22.12 -10,9	-346,7	-129,1	-	-486,7
2006-07	с 19.11 -34,9	-37,1	-7,9	-84,7	-1,4 по 17.03	-166,0
2007-08	с 7.11 -28,7	-100,3	-274,9	-141,0 по 22.02	-	-544,9
2008-09	-	с 14.12 -142,3	-1,3	-60,0	-13,5	-217,1
2009-10	-	-26,8	-203,7	-155	-	-385,5
2010-11	-	-	-118,9	-187,2	по 10.03 -33,9	-340,0
2011-12	с 11.10 -44,5	-35,7	-161	-346,0	по 17.03 -26	-613,2
2012-13	-	-174,0	-74,5	-	-	-248,5
2013-14	-	-45,3	-130,6	-106,7	-	-282,6
2014-15	с 19.11 -40,4	-33,9	-125,6	-70,8	-	-270,7
2015-16	-	с 27.12 -12,7	-109,3	-	-	-122,0
2016-17	с 24.11 -43,9	-119,0	-90,6	-130,7	-	-384,2

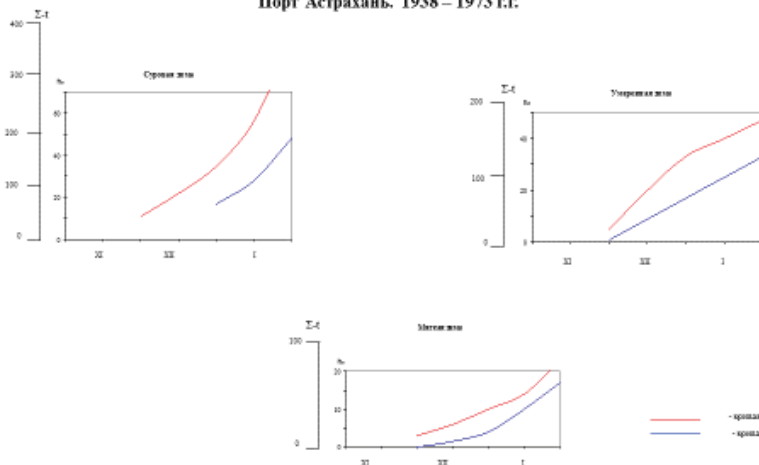


Расположение гряд торосов (слева) и стамух (справа) на Северном Каспии в суровые (а), умеренные (б) и мягкие (в) зимы; стамухи: 1 – осеннего и 2 – зимнего происхождения, 3 – максимальное положение кромки льда [по Бухаричину, 1984].

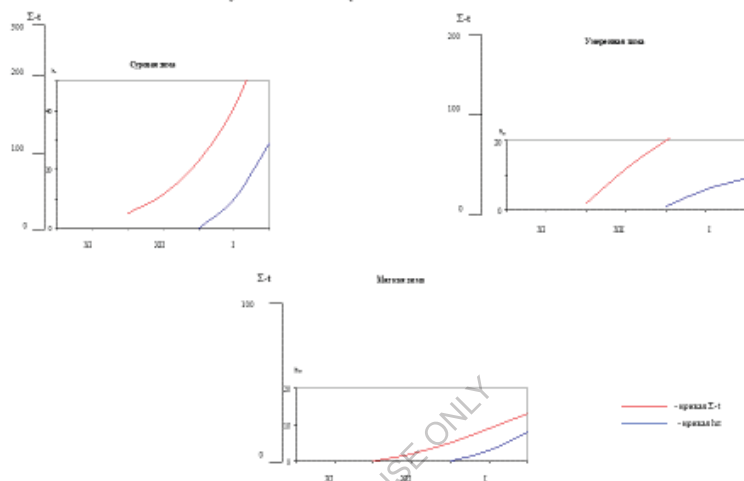
**Зависимость средней толщины ровного льда ($h_{\text{рл}}$)
от суммы градусодней мороза ($\Sigma-t$) по месяцам
Пункт РМС о. Зюйдвестная Шалыга. 1956 – 1964 г.г.**



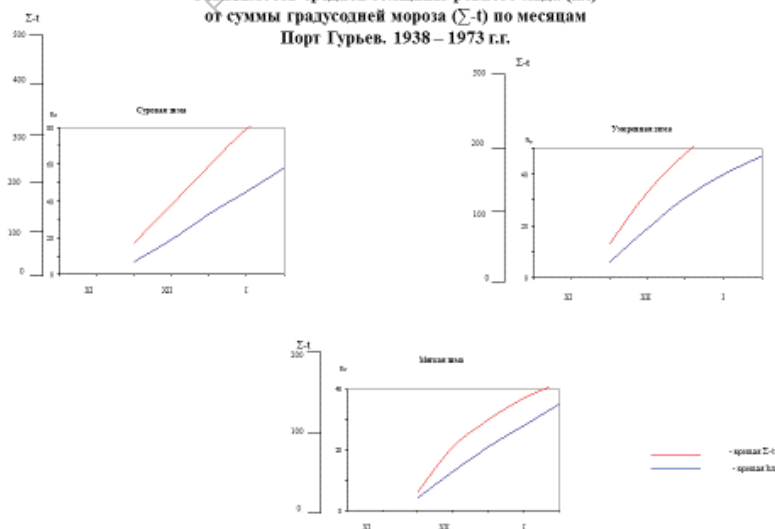
**Зависимость средней толщины ровного льда ($h_{\text{рл}}$)
от суммы градусодней мороза ($\Sigma-t$) по месяцам
Порт Астрахань. 1938 – 1973 г.г.**

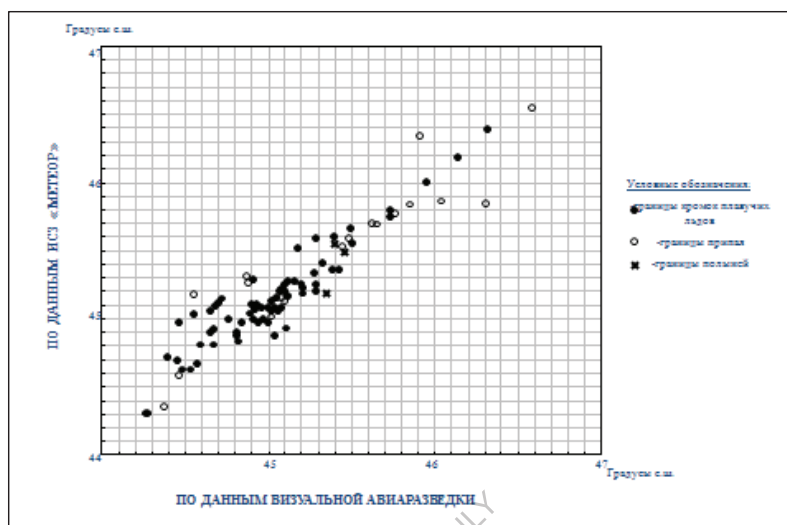


**Зависимость средней толщины ровного льда (h_л)
от суммы градусо-дней мороза ($\Sigma-t$) по месяцам
Пункт РМС о. Кулалы. 1957 – 1973 г.г.**



**Зависимость средней толщины ровного льда (h_л)
от суммы градусо-дней мороза ($\Sigma-t$) по месяцам
Порт Гурьев. 1938 – 1973 г.г.**



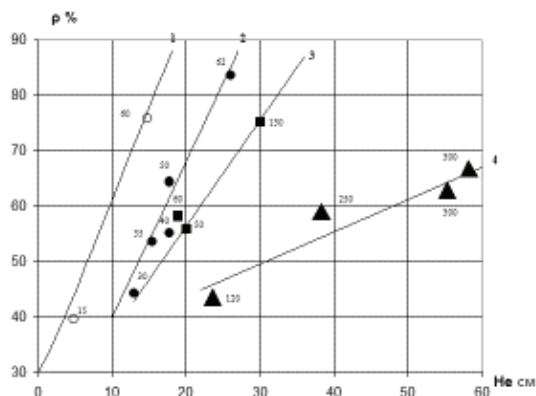


Оценка точности определения координат положения главных элементов ледяного покрова различными методами.

Зависимость толщины наслоенного льда (H_n) от повторяемости ветра ($p\%$) со скоростью 8 м/с и более и толщины ровного льда (H_e) в разные по суровости зимы:

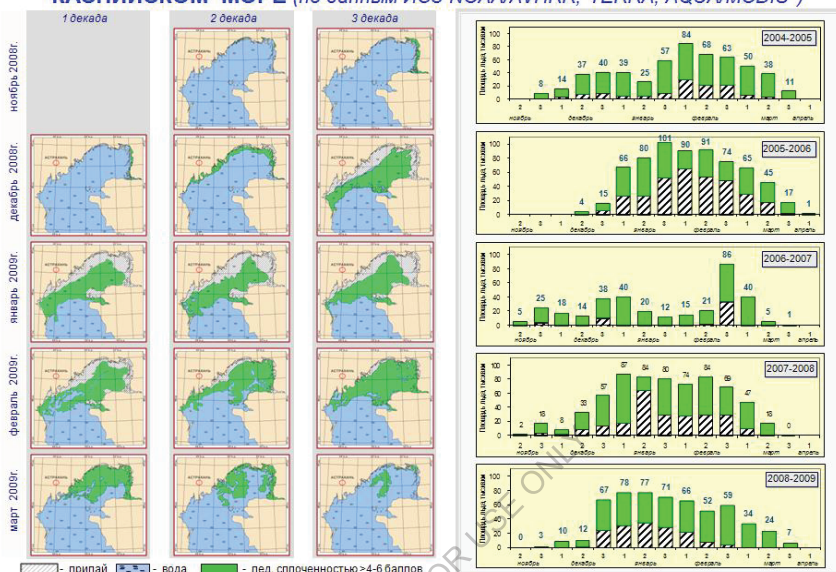
1- в мягкие; 2- в умеренные; 3- в суровые; 4- в очень суровые.

Числа у точек – толщина наслоенного льда (H_n), см



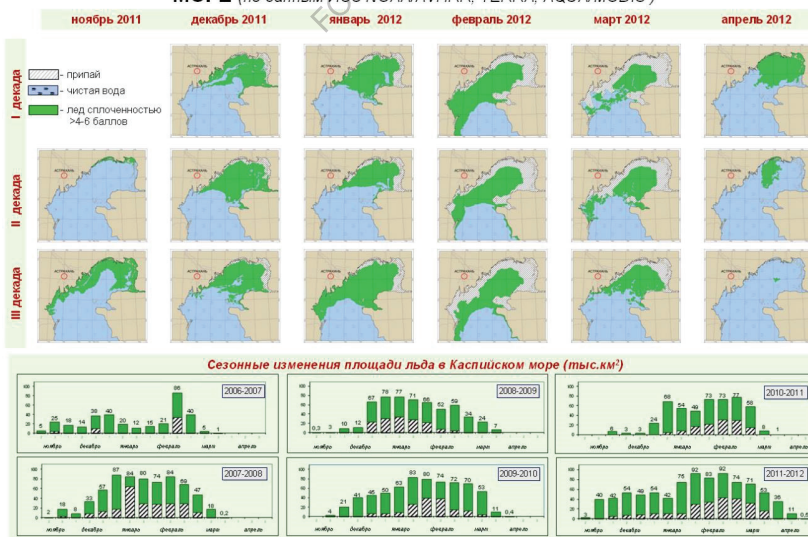
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ФГБУ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КОСМИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ «ПЛАНЕТА»

СЕЗОННЫЕ И МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИПАЯ И ПЛАВУЧЕГО ЛЬДА В КАСПИЙСКОМ МОРЕ (по данным ИСЗ NOAA/AVHRR, TERRA, AQUA/MODIS)



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ФГБУ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КОСМИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ «ПЛАНЕТА»

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИПАЯ И ПЛАВУЧЕГО ЛЬДА В КАСПИЙСКОМ МОРЕ (по данным ИСЗ NOAA/AVHRR, TERRA, AQUA/MODIS)



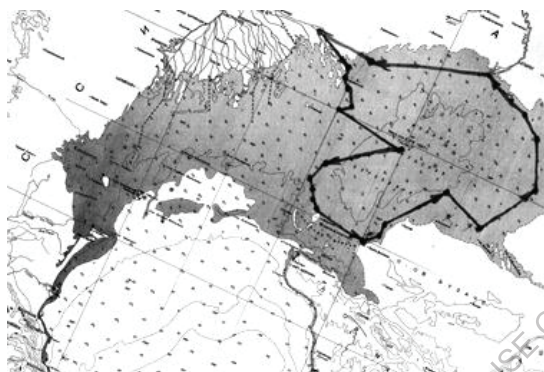
ЛЕДОВЫЕ ХРОНИКИ

НА ЛОШАДЯХ ПО ДРЕЙФУЮЩИМ ЛЬДАМ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ



В начале февраля 1934 г., на Северном Каспии началась первая широкомасштабная научная экспедиция. Ее исследования должны были ответить на вопросы, связанные с более интенсивным ведением морского промысла и развитием зимнего судоходства. Возглавил ее научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) Н.Н. Горский.

О Николае Николаевиче Горском мало что известно. После экспедиции было выпущено



несколько книг и брошюра «Во льдах Северного Каспия». Сделано было еще несколько научных публикаций, которые стали сегодня библиографической редкостью [1-3]. Известно лишь, что он москвич и немало лет плодотворно трудился гидрологом во ВНИРО. Кстати, и научный костяк экспедиции составляли москвичи. Это гидролог Бернштейн, биолог Весёлкина, гидрохимик Федосов. Из сотрудников Астраханской

Маршрут экспедиции Н.Н. Горского во льдах
Северного Каспия.

рыбохозяйственной станции — прародительницы КаспНИРХа — в состав экспедиции вошли

молодые ихтиологи Савинов и Гаврилов. Проводниками стали шестеро рыбаков из приморского села Джамбай. Села этого уже нет на карте. Оно находилось примерно в сорока километрах восточнее с. Ганюшкино. В тридцатые годы в период интенсивного подъема уровня моря село было переселено.

Итак, 7 февраля 1934 г. Экспедиция уходит во льды древнего Хазара. Откровенно говоря, уходит в неизвестность. Многие опытные морские рыбаки отговаривали Горского от столь небезопасного предприятия. Время было выбрано верно. Начало февраля, лед крепкий. Но ученые еще недостаточно знали особенности каспийских льдов. Они таят в себе постоянную опасность взлома и отрыва от берега в открытое море. Об этом как раз и предупреждали рыбаки. Риск был велик. К счастью для исследователей, Каспий тех лет был достаточно густо заселен... Это острова, на которых жили рыбаки-поморы. Там находились рыбозаводы. На эти острова приезжали зимой ловцы с побережья. Где на саях, где на буерах, под парусами. Зимний промысел был прибыльным. Хотя и очень небезопасным.

Вот так, на лошадях, рискуя жизнью, уходила экспедиция Н.Н. Горского в неизвестность.



В середине тридцатых годов остров Чистая Банка на зимний промысел собирал до четырех сот рыбаков и добытчиков тюленя. Там находились радиостанция и даже несколько самолетов ледовой разведки Ш-2. Они базировались в форте Шевченко. Оттуда они вылетали и помогали заготовителям тюленя. Рыбаки называли самолёты «шаврушками». Это были летающие лодки, которые могли садиться на ровные ледяные поля и на воду... И экспедиция в случае чего могла воспользоваться ими, в случае необходимости, так же, как и островной радиостанцией. Расчет был и на это. На этот остров достаточно часто летали самолеты. Они доставляли почту, газеты, журналы.

Именно это служило одной из гарантий выживания и благополучного исхода экспедиции, если уж что случится. По крайней мере, на это очень рассчитывали. Экспедиция — это семь повозок с сеном, овсом для лошадей, камышовыми матами, дровами и восьмая повозка с лабораторией. Лед у побережья был надежным, и ученые довольно-таки быстро шли по нему. Встречались на пути торосы двух-трехметровой высоты — топорами, пешнями прорубались проходы. На ночевках приходилось устраивать так называемые камышовые коши. Посередине, прямо на льду, разводился костер, готовилась пища. Утром на этой стоянке во льду прорубались лунки, и ученые вели исследования. Опускались на морское дно приборы, измерялась глубина, температура воды. Определялись скорость и направление течений. Отбирались пробы грунта (таблица).

Таблица.

Материалы океанографической ледовой экспедиции Горского в восточную часть Северного Каспия на лошадях в период с 07.02. по 08.03.1934 г.			
Дата	Координаты	Глубина, м	Характеристика льда
07.02.34г.	46° 42' с.ш. 49° 48' в.д.	2,5	Припай, толщина льда 58 см.
08.02.34 г.	46° 36' с.ш. 49° 48' в.д.	0,85	Лед торосистый.
10.02.34 г.	46° 24' с.ш. 50° 04' в.д.	2,3	Лед торосистый.
12.02.34 г.	46° 07' с.ш. 50° 29' в.д.	5	Лед торосистый, толщина 50 см.
14.02.34 г.	45° 45' с.ш. 50° 57' в.д.	10,1	Лед торосистый, толщина 45 см.

17.02.34 г.	45° 27' с.ш. 50° 10' в.д.	6	Дрейфующий 9 баллов, торосистый
19.02.34 г.	45° 19' с.ш. 50° 02' в.д.	5	Дрейфующий 9 баллов.
20.02.34 г.	45° 13' с.ш. 50° 08' в.д.	5,5	Дрейфующий 8 баллов.
21.02.34 г.	45° 10' с.ш. 50° 13' в.д.	5,5	Дрейфующий, торосистый
22.02.34 г.	45° 05' с.ш. 50° 21' в.д.	4,1	Дрейфующий 7 баллов, толщина 35 см.
24.02.34 г.	45° 06' с.ш. 51° 02' в.д.	4,5	Дрейфующий 8 – 9 баллов, толщина 20 см.
25.02.34 г.	44° 56' с.ш. 51° 04' в.д.	0,62	Припай, толщина 10 см.
27.02.34 г.	45° 19' с.ш. 51° 22' в.д.	1,8	Припай, толщина 40 см.
	45° 23' с.ш. 51° 17' в.д.	4,25	Припай, толщина 50 см.
28.02.34 г.	45° 32' с.ш. 52° 37' в.д.	3,0	Дрейфующий 10 баллов, толщина 50 см.
01.03.34 г.	45° 44' с.ш. 51° 41' в.д.	3,7	Дрейфующий 10 баллов.
02.03.34 г.	46° 04' с.ш. 52° 42' в.д.	3	Дрейфующий 10 баллов.
03.03.34 г.	46° 42' с.ш. 52° 35' в.д.	5,25	Дрейфующий 10 баллов.
06.03.34 г.	46° 48' с.ш. 52° 10' в.д.	1,93	Дрейфующий 10 баллов.
07.03.34 г.	46° 54' с.ш. 51° 40' в.д.	1,9	Дрейфующий 10 баллов.
08.03.34 г.	47° 00' с.ш. 51° 43' в.д.	1,7	Припай 61 см.

Когда заканчивалась научная работа, лагерь сворачивался, и экспедиция шла дальше. На седьмые сутки она оказалась у границы дрейфующих льдов, об опасности которых предупреждали морские рыбаки. Дул неблагоприятный северо-восточный ветер. Он постоянно приводил в движение льды на Гурьевской бороздине. Начались сильные подвижки их на юго-восток. И все попытки экспедиции попасть на полуостров Бузачи оказались безуспешными. Льды усилившимся ветром постоянно уносило в открытое море. Тревога была большая. По указанию Н.Н. Горского, в случае крайней опасности, предлагалось разбивать сани и собирать из них плоты. Под них предполагалось подвести ящики с пустыми бутылками. Ситуация была критическая. Каждую ночь происходил взлом и интенсивные подвижки льда. Сама льдина, на которой находилась экспедиция, буквально лопалась под ногами. Приходилось перетаскивать оборудование, переправлять лошадей, повозки на другую льдину. Иногда это делалось в сильный мороз, в метель...

Есть богатейший материал этой экспедиции, свидетельствующий о состоянии Каспийских льдов. Материал уникален и может сослужить добрую службу сегодняшним морякам - транспортникам. На Гурьевской Бороздине лед, как правило, появляется уже в октябре-ноябре и исчезает в конце марта-начале апреля. Раньше были попытки ледокольного плавания. На Северном Каспии в 20-е годы работал ледокол «Егор Сазонов».

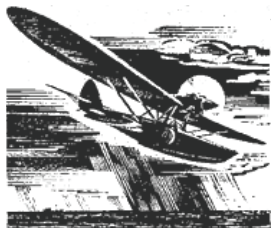
Он осуществлял проводку судов из Астрахани за кромку льда. Эти данные из материалов экспедиции, и по сей день не утратили своего значения.

Экспедиция Горского находилась во льдах 65 суток. Прошла тысячу с лишним километров. Из них более двухсот в условиях дрейфующих и торосящихся льдов. Николай Николаевич Горский — это пример бескорыстного служения науке. Ведь пойти на дрейфующие льды Каспия без надежной связи и технического обеспечения — было равносильно пойти на верную смерть (надежды на радиосвязь и помощь авиации в случае возникновения критической ситуации не оправдались). Страшные лишения пришлось пережить членам экспедиции. Не было пресной воды — таяли лед, не хватало корма для лошадей — приучили их есть рыбу. А потом — жить эти шестьдесят с лишним суток среди движущихся льдов, в постоянной тревоге, что вот сейчас лопнет лава (большая льдина) и весь лагерь окажется в воде... Это мужество, отвага. Самопожертвование, если хотите, ради науки. Ведь и в Астрахани, и в Ганюшкино, и в Джамбае, уже, откровенно говоря, считали экспедицию погибшей. С ней не было связи...

Когда после всех этих испытаний и лишений в середине апреля экспедиция вышла в полном составе на берегу у с. Ганюшкино, их приняли за выходцев с того света. Честное слово, это была уникальная экспедиция. И после нее еще долго никто не мог повторить подобного ледового похода. В 70-е годы ученые не раз отправлялись на дрейфующие льды. С вертолетов, на неделю-две высаживались на льдины. Эти исследования также уникальны. Но подвиг экспедиции Горского пока не повторил никто. Это и впрямь научный подвиг.

ЛИТЕРАТУРА: 1. Горский Н.Н. Гидрологический режим Северного Каспия. - В сб.: Исследование морей СССР, Л., 1936, вып. 24, с. 86-99; 2. Горский Н.Н. О зимнем режиме Северного Каспия. - Проблема физической географии. М. - Л., 1936, вып. 3, с. 89-99; 3. Горский Н.Н. Во льдах Каспия. - Молодая гвардия, 1937, 155 с.

П.И. Бухарицин



*Посвящается памяти командира
Астраханского объединенного авиаотряда
Пилюгина Виктора Германовича*

КРЫЛЬЯ НАД КАСПИЕМ

(Из истории авиационных исследований на Каспийском море)

Предисловие

В течение многих десятилетий гражданская авиация служит надежным средством для сбора сведений о состоянии природной среды. С ее помощью осуществляются наблюдения за состоянием ледяного покрова океанов, морей, рек, озер, водохранилищ, за изменениями положения береговой черты, заливанием и зарастанием побережий, за температурой, течениями, химическим и радиоактивным заражением вод и т.д. Информация собирается как в научных целях, так и для нужд народного хозяйства.

Еще на заре авиации, в начале века, предпринимались первые попытки по использованию аэропланов в интересах науки. В те годы шло полное героических и драматических событий освоение Арктики. Исполнилось 86 лет с тех пор, как в небе Арктики появился первый самолет, предназначенный для ледовой разведки. Необходимость использования авиации при выборе пути для судов, идущих во льдах, обосновал в свое время начальник гидрографической экспедиции

Северного Ледовитого океана Б.А. Вилькицкий, располагавший опытом арктической навигации 1913 г. на ледоколах «Вайгач» и «Таймыр». Вилькицкому удалось убедить Морское министерство приобрести весной 1914 года гидроплан типа «Фарман».

В августе того же года этот самолет был испытан пилотом Д.Н. Александровым в бухте Провидения. В это же время пилот Я.И. Нагурский совершил несколько полетов у западных берегов Новой Земли в Карском море для поиска пропавших экспедиций Г.Я. Седова, Г.Л. Брусилова и В.А. Русанова. И хотя поиски оказались безуспешными, полеты продемонстрировали принципиальную возможность применения самолетов в сложных арктических условиях.

Разразившаяся вскоре империалистическая война, революции, гражданская война и послевоенная разруха отодвинули на задний план начатые исследования. Они возобновились лишь в 1924 г., когда начальник морских операций Н.И. Евгенов на самолете летчика Б.Г. Чухновского стал первым воздушным гидрологом-наблюдателем ледовой разведки. В последующие годы авиационные методы исследований получили быстрое развитие и распространились на южные моря СССР. Сейчас мало кто знает о том, что не менее богата и интересна, чем в Арктике, история авиационных исследований на Каспийском море.

Как это было

Первые полеты с целью выполнения ледовой разведки на Каспийском море эпизодически совершались с конца 20-х годов. В Астрахань самолеты прилетали поздней осенью, и, описав над городом круг, садились в степи за железнодорожным вокзалом (ныне район улицы Яблочкова).

В августе 1933 г. Волго-Каспийский Госрыбтрест «Севкаспрыба» приобрел свой первый самолет Ш-2. Его пилотом был Н.А. Янишевский. Экипаж этого самолета и стал впоследствии ядром будущего Астраханского объединенного авиаотряда.

Министром рыбной промышленности СССР в те годы был Александр Акимович Ишков, ранее работавший управляющим Госрыб-трестом в Астрахани. При нем в 1934 г. в Астрахани и был создан первый авиационный отряд.

С созданием базы стал увеличиваться самолетный парк, пополняясь самолетами-амфибиями Ш-2 и современными по тому времени ПР-5. Несколько позже авиабаза получает тяжелые, двухмоторные грузовые самолеты Г-1 и большие гидросамолеты МП-1. Для последних на Волге был организован гидроаэродром в районе с. Солянка, впоследствии он был переведен на стрелку рек Волга и Кизанька.

В эти годы наблюдения за льдами осуществляли, как правило, сами летчики. Среди них были пилоты: Н.А. Янишевский, З.М. Казаков, К. Кудряшов, Н.В. Рогожин, К.В. Сотниченко; бортмеханики: А.А. Смирнов, С. Поцелуев и др. В архивах сохранились лишь лаконичные полетные донесения первых каспийских летчиков-наблюдателей, заверенные торопливыми карандашными подписями-закорючками. В связи с этим автор, к сожалению, не смог установить не только имена и отчества, но даже инициалы некоторых из них.

В те годы пилоты летали на самолетах, которые сейчас можно увидеть разве что на старых фотографиях или в авиационном музее. Это двухмоторный туполевский Г-1; летающая лодка Ш-2, любовно называемая «шаврушкой»; бипланы-разведчики Р-5 и ПЛ-5, и др.

Однако, лишь с 1935 года, по заданию промразведки Волго-Каспийского Госрыбтреста, полеты стали выполняться регулярно, для обслуживания рыбаков и тюленебойных экспедиций на зимнем рыбном и тюленьем промысле в замерзающей северной части Каспия.

Следует напомнить, что каспийские тюлени, в отличие от гренландских или беломорских, не образует на льду плотных летних залежек, а места их расположения очень сильно зависят от суровости зим и ледовых условий конкретного года. В связи с этим в задачу пилотов входило: определение мест скопления морского зверя во льдах и доведение этой важной оперативной информации до промысловых судов; доставка промысловикам фуража, продуктов, орудий лова и корреспонденции, а также



Н.А. Янишевский. Фото 1933 г.



Первые пилоты. Слева на право: Н.А. Янишевский, З.М. Казаков, Шорин, С. Поцелуев. Фото 1934 г.

поиск и спасение унесенных в открытое море на льдинах рыбаков. Упакованные в мешки грузы сбрасывали, как правило, с воздуха на лед, или передавали из рук в руки, сажая самолет-амфибию на воду в ближайшей от судна полынье, или на ровный лед.

В феврале 1938 года, из-за сложившихся неблагоприятных метеоусловий, и недостаточно эффективной работы летчиков-наблюдателей, не имеющих достаточного специфического опыта полетов над морем в зимний период, тюленебойный флот оказался без оперативной информации о распределении тюленних залежек, среди опасных дрейфующих льдов. Промысловый флот простаивал. Под угрозой оказался план добычи морского зверя. Руководство треста было не на



Грузовой самолет Г-1 конструкции Туполева на Северном Каспии. Фото 1938 г.

шутку встревожено перспективой срыва государственного плана и обратилось за помощью в Арктическое управление. На Каспий был срочно откомандирован уже известный тогда всей стране полярный летчик М.В. Водопьянов. Сразу же, в день прибытия в Астрахань, он совершил свой первый вылет – на поиск пропавшего самолета – ледового разведчика и обнаружил его в нескольких десятках километров от Астрахани. Оказалось, что пилот в снежном заре потерял ориентировку и совершил вынужденную посадку на заснеженное поле.

Грамотная работа Водопьянова была по достоинству оценена экипажами тюленебойных судов. Юркий самолетик полярного аса точно выводил суда на скопления зверя, и вскоре план добычи был выполнен. Разведывательные полеты продолжались до середины марта.

В Астрахани, откуда ежедневно вылетал в море самолет Водопьянова, снег уже растаял. Так как его самолет был на лыжах, в день последнего полета возникла серьезная проблема. Водопьянов предложил оригинальный выход из создавшегося положения. По его просьбе снег для взлетно-посадочной полосы привезли на лошадях колхозники с окрестных полей, где он еще сохранился. Во время приземления, чтобы пилот смог разглядеть узенькую полоску раскисшего, грязного снега, вдоль нее выстроились красноармейцы с зажженными факелами. Взлетел и приземлился самолет Водопьянова благополучно.

Вполне возможно, что этот случай и натолкнул на мысль управляющего Волго-Каспийским Госрыбтрестом М.И. Корсунова, в то время уже немолодого человека, самому поступить на курсы летчиков наблюдателей, чтобы получить возможность самому видеть и оценивать ледовую обстановку для более грамотного и оперативного руководства работой промыслового флота во льдах Северного Каспия.

В те годы зимой на Северном Каспии было весьма оживленно. Так, по донесению летчика С.Н. Данилевского, в январе 1940 г. на острове Чистая Банка базировалось до 250 рыбаков и 100 лошадей. Ежедневно туда на ночевку прилетали два самолета из Форта-Шевченко, которые вели разведку тюленя. На острове находилась гидрометеорологическая станция и радиостанция «Астррыбак-колхозсоюза». Для перевозки улова, помимо лошадей, широко использовались ледовые яхты-буера. Кстати, и лошади у рыбаков были необычные, тренированные, могли вместе с санями перепрыгивать через трещины во льду шириной до двух метров. Кормили их рыбаки, помимо овса, мороженой рыбой.

В 40-е гг. Астраханский авиаотряд Министерства рыбной промышленности продолжал развиваться. Были приняты на эксплуатацию самолеты: двухмоторный ЩЕ-2, ПС-41, а в 1948 г. Ли-2. В его первый экипаж вошли: командир П.С.Осипов, второй пилот Г.Г. Гептнер, бортмеханик П.П. Попов, бортрадист А. Задоречкий. Ледовые авиаразведки на Каспии регулярно поручались летчикам Е.С. Данилевскому, Афинскому, Н.А. Янишевскому, П.О. Креминскому, Е.С. Сидякину, Н.Т. Яфасову, А.П. Медведеву, И.А. Черноскутову, Вязанкину, Фролченко, П.С. Осипову, штурману авиабазы Зайцеву, в последующие годы А.В. Маликову, Ю.Н. Матвееву, Б.В. Шуматову. Кроме летчиков в выполнении авиаразведок участвовали сотрудники КаспНИРХ: начальник



Гидросамолет МП-1 Астраханского авиаотряда. Фото 1939 г.

отдела промразведки В. Усачев и научный сотрудник Б.И. Бадамшин. В эти годы за зимний сезон выполнялось по 40–60 самолетовылетов.

С целью унификации, и систематизации получаемых в результате авиаоблетов данных о состоянии ледяного покрова в 1935 году была внедрена единая система символов для обозначения основных характеристик ледовой обстановки на полетных картах. К концу 30-х гг. вся гидрометеорологическая служба страны полностью перешла от отдельных консультаций к планомерным аэровизуальным наблюдениям за состоянием ледяного покрова морей, крупных рек и озер. Планомерные ледовые авиаразведки на Каспийском море не прекращались и в военные сороковые годы.

Авиационные исследования в интересах рыбного хозяйства и науки

В 1950 году по постановлению СМ СССР авиабаза Минрыбпрома передается в систему Аэрофлота и реорганизуется в 291 авиаотряд спецприменения АЗТУ ГВФ – командиром назначен С.П. Данилевский.

В целях увеличения эффективности деятельности авиации на Северном Каспии в интересах рыбной промышленности, в октябре 1954 года парк авиаотряда пополнился первым вертолетом Ми-2 (экипаж: пилот Н.И. Шевченко, бортмеханик А.Ф. Волков).

Благодаря исследованиям ученых Б.И. Бадамшина, Б.И. Кошечкина и наблюдениям летчиков, выполняющих ледовые авиаразведки в северной части Каспийского моря, были впервые подробно исследованы процессы взаимодействия дрейфующих льдов с донным грунтом, приводящих к образованию многочисленных борозд и шрамов выпавивания. Для изучения этих процессов впервые была применена аэрофотосъемка. Полеты над морем выполнялись на самолетах Ан-2 (на поплавках) и Ли-2.

В 1959 г. начальник промразведки КаспНИРХ И.Н. Воеводин впервые выполнил авиаобследование зарастаемости водной растительностью устьевого взморья Волги. В дальнейшем методика этих наблюдений совершенствовалась специалистами Астраханской ГМО, океанологами И.Г. Егоровым и Н.Д. Герштанским; КаспНИРХ – Е.И. Зубрилкиным; Астраханского Государственного заповедника – Г.М. Русановым и Г.В. Русаковым.

Известно, что во время штормовых нагонов (морян) на Северном Каспии происходит затопление суши до 30–50 км в глубину побережья, при этом хозяйству прибрежных районов наносится большой ущерб. Так, 10 ноября 1952 г. произошел катастрофический нагон в северо-западной части Каспийского моря. Скорость юго-восточного ветра составляла 28–34 м/с. К 12 ноября уровень моря повысился на столько, что острова: Жесткий, Чистая Банка, Чапуренок и Тюлений оказались под водой. Уровень моря повысился здесь на 3 метра, у побережья в районе г. Каспия (ныне Лагань) и с. Брянская Коса – на 4,5 метра! Общая площадь затопления побережья составила около 17 тыс. кв. км. Вал воды высотой более 1 метра двигался с огромной скоростью. Вода с ревом врывалась в распадки и низины, окружая населенные пункты и фермы, отсекая путь к отступлению застигнутым врасплох людям и обезумевшим от страха животным. В трех местах вода размывала полотно железной дороги Астрахань–Кизляр. По пути движения вода затопила большое количество населенных пунктов и животноводческих ферм, были разрушены прибрежные сооружения. Погибло много крупного и мелкого скота, имелись человеческие жертвы. По оценке специалистов, вероятность подобных нагонов составляет 1 раз в 150–200 лет.

Это редкое и опасное природное явление, имеющее катастрофические последствия, способствовало активизации деятельности местных подразделений гидрометслужбы на разработку и создание методов прогноза штормовых нагонов и сгонов, а также послужило толчком в организации систематических авиаобследований участков побережья Северного Каспия, периодически подвергающимся этим явлениям. С 1964 г. такие обследования стали проводиться после каждого значительного штормового нагона или сгона воды. Методику наблюдений за затоплением западного побережья Северного Каспия при нагонах разработал океанолог Астраханской ГМО Н.Д. Герштанский, который вскоре защитил кандидатскую диссертацию, посвященную исследованиям неперIODических колебаний уровня Северного Каспия. Свои же первые практические уроки по производству авианаблюдений Н.Д. Герштанский получил в 1957–60-е годы, во время работы в должности инженера-океанолога Сахалинского УГМС, выполняя ледовые авиаразведки в Татарском проливе и Охотском море.

В связи с зарегулированием стока Волги каскадом водохранилищ, ее гидрологический режим в начале 60-х годов существенно изменился. Зимой в низовьях Волги ежегодно стали образовываться мощные зажоры льда, которые часто являются причиной возникновения еще одного опасного

гидрологического явления - зимних паводков. С целью изучения зажоров льда на Нижней Волге специалисты Северо Кавказского УГМС успешно используют самолеты Ан-2, Як-12, а также вертолеты Ми-1 и Ка-26. Ежегодно, на пике весеннего половодья регулярно производятся аэровизуальные съемки заливаемости Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги. Бывает, что наступившее в низовьях Волги половодье преподносит астраханцам неприятные "сюрпризы", поэтому в облетах по обследованию заливаемости поймы и дельты Волги заинтересовано самое высокое местное руководство, включая губернатора А.П. Гужвина, который и сам (а он родился в Астраханской области) прекрасно ориентируется в складывающейся гидрологической ситуации.

Многолетняя практика производства ледовых авиаразведок на Северном Каспии показала, что в зависимости от целей и задач целесообразно применять тот или иной тип самолета или вертолета. На Северном Каспии до 1963 года ледовые разведки выполнялись, в основном, на самолете Ли-2. Его надежность, скорость и дальность полета вполне соответствовали предъявляемым требованиям и обеспечивали высокое качество ледовых разведок. Стандартное радиооборудование обеспечивало надежную связь при осуществлении проводок судов во льдах, а также при наводке промыслового флота на скопления тюленей. Грузоподъемность самолета позволяла использовать его для доставки грузов в район промысла и на труднодоступные гидрометеорологические станции Северного Каспия, расположенные на островах Искусственный, Чистая Банка, Тюлений, Кулалы. Удобство было и в том, что одновременно в полете могли принимать участие специалисты нескольких организаций, что позволяло оперативно получать информацию не только о состоянии ледяного покрова, но и о распределении тюленей лежбищ, птичьих стай, зарастаемости побережья, изменений положения береговой линии и т.д. Его невысокая стоимость позволяла выполнять ледовые разведки не реже 4-5 раз в месяц, а в период установления и разрушения ледяного покрова и чаще.

К 1963 г. использовавшиеся на Северном Каспии дешевые и надежные двухмоторные самолеты Ли-2 морально устарели и постепенно были заменены на более современные по тому времени самолеты Ил-14. Качество работ не пострадало, однако, из-за возросшей стоимости объем исследований сократился почти вдвое.

В 1960-80-е гг. в коллективной аренде самолетов Ил-14, базировавшихся в подмосковном Мячковском авиаотряде полярной авиации, для работ на Каспийском море в зимний период, участвовало, как правило, несколько астраханских организаций – заказчиков, среди которых основными были: КаспНИРХ, гидрометеообсерватория, иногда заповедник. Экипажи этих самолетов в разное время возглавляли известные летчики полярной авиации: пилот первого класса, ветеран Аэрфлота на Крайнем Севере и Крайнем Юге Е.И.Кравченко, пилоты И. Циприс, В.Ю. Вдовин и другие.

Ледовые авиаразведки по Северному Каспию и Нижней Волге выполняли преимущественно специалисты Северо Кавказского УГМС: океанологи И.Г.Егоров, А.К.Мухамеджанов, В.М. Мазун, Н.Д. Герштанский, П.И. Бухарицын, А.Л. Мазун; гидрологи В.С. Рыбак, В.В. Пержинский, Р.В. Донченко, Р.А. Нежиховский. Специалисты Азербайджанского УГМС: Г.Г. Гюль, Л.Е. Веселова и др. выполняли ледовые разведки вдоль побережья Среднего Каспия. Летчики-наблюдатели КаспНИРХ Е.И. Зубрилкин, Р.И. Измайлов, А.А.Ушаков осуществляли разведку тюленей скоплений и подсчет поголовья тюленей на дрейфующих льдах Северного Каспия, а также разведку косяков кильки, сельди и кефали в Среднем и Южном Каспии, осуществляли ежемесячные авиаобследования загрязнения акватории Среднего Каспия. Регулярно выполнялись авиасъемки температуры поверхностного слоя вод по акватории Среднего и Южного Каспия.

Изучением жизни каспийских тюленей в зимний период (период щенки и лактации), в том числе с использованием авиации, вот уже многие годы занимаются научные сотрудники КаспНИРХ А.Ф. Сокольский и Л.С. Хураськин.

В суровые зимы льдом покрывается не только мелководная северная часть моря, но и прибрежные районы Среднего Каспия. Неподвижным льдом сковываются мелководные заливы: Кизлярский, Аграханский, Казахский, Туркменский. При этом в тяжелом положении оказываются зимующие здесь многочисленные стаи лебедей-шипунов и многих других птиц. Такая ситуация сложилась, например, зимой 1968/69 г. На помощь пришли люди. Подкормка оказавшихся в ледовом плену птиц осуществлялась сотрудниками Астраханского, Казахского и Туркменского заповедников с помощью самолетов Ан-2 и вертолетов

Однако особую опасность в суровые зимы представляет сплоченный плавучий лед, дрейфующий с севера на юг вдоль западного побережья моря. Например, в феврале 1954 г. полоса дрейфующего льда достигла Апшеронского полуострова. Дрейф льда вызвал большие разрушения эстакад в районе нефтепромысла Изберг Апшеронского района, уничтожил отдельные платформы,

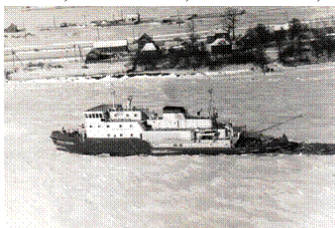
расположенные в открытом море. Только принятые экстренные меры (бомбардировка ледовых полей на подходах к эстакадам) помогли спасти нефтепромысел «Нефтяные камни» от полного разрушения и гибели людей. Тяжелая ледовая обстановка в районе Апшеронского полуострова сохранилась до начала марта. В этот напряженный период ледовые авиаразведки выполнялись сотрудниками Азербайджанского УГМС практически ежедневно.

В июле 1974 г. в АОАО с завода г. Камертау (Башкирия) поступил новый вертолет Ка-26. Его пилотом стал Г.А. Емелин. В дальнейшем вертолеты стали поступать сериями. К 1979 году их общее количество достигло 35. Последние экземпляры этих вертолетов в объединенном отряде эксплуатируются до настоящего времени.

В эти годы впервые на Каспии стали проводиться систематические исследования зимнего гидрологического и гидрохимического режима с использованием вертолетов Ми-2, Ка-26, а в последствии Ми-8. Велись наблюдения за колебаниями уровня в открытых районах моря. С помощью автономных самописцев исследовались подледные течения. Инициаторами изучения зимнего гидрологического режима Северного Каспия с помощью авиации были В.Л. Пуриков, Л.Е. Веселова, И.Г. Егоров, Ф.И. Валлер, В.М. Мазун, Н.Е. Киселева. Изучались физико-химические свойства морского льда и воды, исследовались торосистые образования и альbedo поверхности. Измерялись подледные течения в устьевых областях Волги и Урала, а также в прибрежных и открытых районах Северного Каспия.

Дважды (в феврале 1969 и 1971 гг.) ученые КаспНИРХ и Астраханской ГМО с помощью вертолетов высаживались на дрейфующие льды (В.Д. Румянцев, Ю.П. Кассин и др.), с целью проведения на этих дрейфующих научных станциях комплекса уникальных экспериментов и исследований, значительно расширивших знания ученых об особенностях ледовых процессов в море.

Многие летчики Астраханского объединенного авиаотряда, летающие в море, сами активно участвовали в разработке инструкции по технике безопасности при выполнении ледовых авиаразведок и работ на льду с применением авиации, среди них: Н.М. Коваль, Н.А. Мостовой, С.Я. Павлов, Г.А. Емелин, В.Н. Новиков, В.Н. Шевченко, В.Г. Елисеев. Наиболее опытными пилотами,



Экспериментальный рейс ледокола «Капитан Крутов» из Астрахани в Волгоград в феврале 1979 г.

всегда безукоризненно выполнявшими полеты над морем в самых сложных метеоусловиях, были: А.В. Маликов, Ю.Н. Матвеев, Б.В. Шуматов, А.П. Тренин, В.Г. Пилогин, П.И. Лаптев, В.В. Зуев и др.

Владимир Васильевич Зуев – экс-чемпион мира по парашютному спорту, обладатель трех мировых рекордов (один из них не побит и сегодня). 20 сентября 1957 года отделившись ночью от борта реактивного самолета «Ласточка» на высоте 14291 метр, в течение 220 секунд пролетел 13650 метров в свободном падении, прежде чем раскрыл свой парашют. С такой большой высоты, с фантастически большой задержкой раскрытия парашюта, да еще ночью, не прыгал еще не один человек в мире.

Работая многие годы в Астраханском объединенном авиаотряде, В.В.Зуев летал на многих типах самолетов и вертолетов. Ему, высококлассному летчику, командование всегда доверяло выполнение наиболее сложных полетных заданий.

В конце 70-х годов на Нижней Волге осуществлялись эксперименты по продлению навигации за счет плаваний в зимние месяцы. Это было ново и необычно для южного региона страны. Для этой цели в Финляндии были специально построены мощные морские (типа «Капитан Раджабов») и речные (типа «Капитан Крутов») ледоколы. Ледовые авиаразведки выполнялись по заданию штаба ледовых операций (его возглавлял начальник Каспийского морского пароходства В.И. Шайнов) с целью оперативного обеспечения экспериментального ледокольного плавания на Нижней Волге и Северном Каспии. Как правило, сведения о состоянии ледяного покрова передавались на ледоколы по радиотелефону. Однако, в наиболее ответственных случаях автор этих строк сбрасывал данные ледовой авиаразведки с борта самолета на ледоколы с помощью выпелов.

Один из таких случаев произошел в феврале 1979 года, когда ледокол «Капитан Крутов», впервые в истории судоходства на Нижней Волге, в разгар зимы пробивался по ледовой целине из Астрахани в Волгоград. Карта и текст ледовой авиаразведки, выполненной автором по руслу р. Волги, в которых содержалась подробная информация о расположении и мощности заторных перемычек и зажоров льда в русле реки, а также рекомендованные курсы, были сброшены выпелом на ледокол. Полученные данные ледовой разведки были оперативно реализованы опытным капитаном ледокола Ю. Курицыным, что позволило вывести ледокол из чрезвычайно опасной ситуации – движущегося и уплотняющегося затора, попав в который ледокол мог стать неуправляемым и быть выдавленным движущимся льдом на мель. Этот полет был отмечен благодарностью начальника штаба ледовых операций.



Группа ученых на вертолете Ми-8 перед высадкой на лед. Фото 2005 г.

Во время ледового эксперимента в таких полетах, кроме ледовых разведчиков, как правило, принимали участие капитаны-наставники, ветераны волжского ледокольного флота Н.С. Бармин и Г.В. Мезин, летал и заместитель начальника Астраханского управления Волготанкер А. Додонов.

Обучение и летные навыки астраханские бортоблюдатели в эти годы приобретали в Ростовском авиационном учебно-тренировочном отряде (АУТО), а квалификацию ледовых разведчиков регулярно повышали в Арктическом и Антарктическом НИИ у таких признанных асов ледовой разведки, как В.И. Шильников, А.В. Бушуев, Н.А. Волков, В.С. Лошилов, А.Я. Бузуев и др.

В 1975 г. в Астрахани, на базе АГМО, создается автономный пункт приема спутниковой информации (АППИ), и вскоре данные со спутников стали регулярно использоваться в изучении ледового режима, как вспомогательный материал к данным ледовых авиаразведок.

Большой вклад в изучение водных объектов Волго-Каспия с помощью аэрокосмических средств наблюдений внес один из основателей этого направления научных исследований, сотрудник Института водных проблем АН СССР Г.Ф. Красножен. Под его руководством была создана первая подробная карта зарастаемости дельты Волги. На Северном Каспии им обнаружены затопленные, древние дельты рек Волги и Урала, скрытые от глаз многометровой толщей воды. Это подсказало еще одну гипотезу о возникновении загадочных природных образований – бугров Бэра, согласно которой, Бэровские бугры – это не что иное, как остатки древних, существовавших 10–12 тысяч лет назад, речных дельт.

Выбрав областью своих научных интересов изучение ледового режима Каспийского моря, автор с 1975 года участвовал практически во всех научно-исследовательских проектах и программах по исследованию каспийских льдов. Получив квалификацию борт-наблюдателя – ледового разведчика, все эти годы участвовал в выполнении визуальных ледовых авиаразведок по Нижней Волге и Северному Каспию на самолетах: Як-12, Ан-2, Ил-14, Ан-24, «Альфа», вертолетах Ка-26, Ми-8. Общий налет составляет 1000 часов. Впервые на Каспийском море спутниковая информация о состоянии ледяного покрова стала регулярно использоваться как в целях оперативного обслуживания морских отраслей народного хозяйства, так и в научных целях. По результатам многолетних исследований автор в 1987 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Особенности ледового режима и методы прогноза ледовых условий северной части Каспийского моря». В последующие годы научная работа в этом направлении была продолжена, и в 1997 г. автор защитил докторскую диссертацию на тему: «Гидрологические процессы в Северном Каспии в зимний период». Важное место, как в первой, так и во второй диссертации занимают обобщения и выводы, полученные на основании использования материалов ледовых авиаразведок, авиационных обследований и данных ИСЗ.

Совершенно необычное применение авиации было предложено астраханскими учеными ЦНИОРХ. В 1966 г. впервые были проведены опыты по размещению молоди осетровых рыб в Северном Каспии с самолета. Такой метод перевозки и заселения водоемов использовался ранее в Австралии. Опыты наших ученых проводились на самолете Ан-2, на котором был смонтирован металлический бак емкостью 1000 литров, используемый для транспортировки удобрений. Инженер С.А. Парсаданов сконструировал специальное приспособление к баку, позволяющее

осуществлять сброс молоди над водной поверхностью. Руководила этими работами научный сотрудник, кандидат биологических наук В.Н.Беляева.

Первый «авиационный» выпуск молоди белуги был осуществлен над одним из прудов Волжского экспериментального рыбоводного завода. Во время выпуска над прудом с высоты 20–25 м молодь рассеивалась широкой полосой за самолетом и «приводнялась» на протяжении примерно 50 м. Мертвых белужат в пруду не обнаружили, что дало основание рассчитывать на благополучные последствия выпуска молоди.

Всего было организовано несколько рейсов Ан-2 на Северный Каспий (в районы Промрейда и о. Чистая Банка). За каждый рейс выпускалось от 2000 до 10000 личинок осетра и севрюги. Перевозка осуществлялась с молодью различного возраста, при различной плотности посадки, с аэрацией воды в баке кислородом и без нее. Опыт удался. Во всех случаях молодь осетровых хорошо переносила транспортировку по воздуху и «десантирование» с летящего самолета в воду. Отход (гибель) мальков была минимальной.

Результаты опытов 1966–67 гг. по транспортировке и расселению в море молоди осетровых с самолета дали ученым основание утверждать, что этот метод может широко использоваться при выполнении акклиматизационных работ, когда приходится иметь дело с небольшими партиями рыб, которых необходимо быстро доставить в труднодоступный водоем или отдаленный, мелководный участок моря.

В 1975–76 гг. ледовые разведки на Северном Каспии выполнялись на дооборудованном радиостанцией, весьма экономичном двухмоторном самолете Л-200 «Морава». К сожалению, дальность полета его была недостаточной для полного облета акватории, занятой льдами, поэтому приходилось предусматривать возможность его дозаправки в прибрежных аэропортах. В последующие годы самолет Л-200 в целях ледовой разведки не применялся.

Помимо аэровизуальных, на Каспийском море эпизодически выполняются инструментальные авиасъемки. В марте 1979 г. специалистами Государственного гидрологического института на самолете АН-2 была впервые выполнена инструментальная съемка толщины льда по фарватеру Волги от Куйбышева до Астрахани с помощью экспериментального бортового комплекса «Лед». Периодически осуществляются инструментальные съемки температуры и нефтяного загрязнения поверхности средней и южной частей Каспийского моря.

В 1989 г. при Астраханском областном комитете по экологии и природопользованию создается отдел дистанционных методов контроля экологического состояния почв, природных вод и атмосферы. На самолетах Ан-2, вертолетах Ка-26 и Ми-8 специалисты-экологи Облкомприроды, бортобсерваторы Т.И. Чернявская и В.А. Хомутова осуществляют систематическое обследование водотоков дельты Волги на нефтяное загрязнение в пределах промзоны г. Астрахани.

В течение двух зимних сезонов (1994–95 г.г.) на территории Астраханской области осуществляло деятельность коммерческое предприятие «Каспий». Его директором был назначен Е.И. Зубрилкин. Целью этого предприятия была добыча молодняка тюленей, но не традиционным способом, а с помощью авиации. Арендованные предприятием «Каспий» вертолеты Ми-8 базировались в районе с. Цветное, что значительно сокращало расстояние от базы до района промысла в море. Промысловики и обслуживающий персонал размещались на двух брандвахтах, заблаговременно доставленных туда поздней осенью по чистой воде и замороженных в лед в волжской протоке, недалеко от села.

Перед началом промысла на разведку вылетали летчик-наблюдатель Е.И. Зубрилкин и бортоператор А.А. Ушаков. Они обнаруживали скопления беременных самок на морском льду, определяли районы, оценивали количество и плотность морского зверя. По результатам разведки принималось решение о начале промысла.

Ежедневно вертолеты совершали по 2–3 рейса в море, высаживали на лед несколько групп промысловиков, которые брали бельков живыми. Через 10–15 минут вертолет, совершив круг, забирал промысловиков с добычей и перелетал на другое место, где прием повторялся. Такие маневры повторялись до тех пор, пока отгорженное в вертолете пространство не заполнялось отловленными животными. Вертолет возвращался на базу, где животных пересаживали в специально заготовленные контейнеры-клетки, которые в последствии передавались заготовителям.

Несмотря на кажущуюся простоту, промысел оказался малопродуктивным и весьма дорогостоящим. Сказались неблагоприятные погодные условия, слабый ледяной покров, отсутствие плотных скоплений зверя и т.д. И в первом и во втором сезоне промысловики не смогли выбрать выделенных лимитов морского зверя. Заработанных денег не хватало даже на то, чтобы компенсировать расходы на авиацию. Предприятие «Каспий» вскоре распалось.

К началу 90-х годов ситуация с авиационным парком год от года ухудшалась и достигла критической. Списывались и продавались на металлолом самолеты-долгожители Ан-2 и вертолеты Ка-26. Поразившая в эти годы нашу авиационную промышленность гигантомания (проектировались и строились, главным образом, самолеты-гиганты) не давала шансов на появление, по крайней мере, в ближайшие годы, небольших и экономичных самолетов для ледовой разведки. В конце 80-х для выполнения ледовых разведок в море все чаще стали использоваться рейсовые и транспортные самолеты Ан-24 и Ан-26, с неподготовленными для ледовой разведки экипажами. Количество и качество авиаразведок устремилось к нулю. Это были годы агонии планомерных, научно-обоснованных ледовых авиаразведок на Каспийском море.



Высадка ученых на лед. Фото 2007 г.

С помощью авиации за прошедшие десятилетия был выполнен большой объем научных исследований на Нижней Волге и в Каспийском море. Накоплен уникальный, многолетний материал о ледовом, гидрологическом, гидрохимическом режимах в тех районах моря и в те периоды, где и когда использование других технических средств было практически невозможно, или крайне затруднено.

Последние экземпляры овечьего легендами самолета – разведчика ИЛ-14 в нашей стране были списаны еще в 1988 г. Равноценной замены нет и поныне. Вот и приходится летать на разведку в море на очень дорогое вертолете МИ-8, принадлежащем Астраханской авиакомпании

«Флайт», а по Нижней Волге – на почти игрушечном, одномоторном самолетике «Альфа», принадлежащем Астраханскому Государственному аэрогеодезическому предприятию (к сожалению, в 1999 г. этот самолет разбился, его экипаж погиб).

Стоимость аренды летательных аппаратов постоянно растет, а денег на авиаработы с каждым годом выделяется все меньше. Уже десять лет, как полностью прекратили авиационные наблюдения на Каспии гидрометеорологическая служба, почти не летают в море ученые и специалисты КаспНИРХ, Астраханского биосферного заповедника.

Летчики и ледовые разведчики теряют квалификацию, не готовится молодая смена. Это очень тревожит. Обидно, что многолетние ряды уникальных научных наблюдений прервались. Именно сейчас они нужны более чем когда-либо: по сравнению с 1977 г. уровень Каспия повысился в общей сложности почти на два метра, грозя затоплением все новым и новым участникам волжской дельты и морского побережья. В связи с повышением уровня моря существенно изменился гидрологический, и особенно ледовый режим мелководного Северного Каспия. Спутниковая информация в настоящее время является едва ли не единственным (но, увы, не полным) источником информации о состоянии ледяного покрова Северного Каспия и Нижней Волги.

Особую тревогу вызывают поисково-разведочные работы на шельфе Северного Каспия выполняемые рядом нефтяных компаний России, Казахстана и Калмыкии, так как разведочное бурение и последующая за этим промышленная добыча углеводородного сырья будет осуществляться в замерзающей, мелководной части акватории Каспийского моря, следовательно, их деятельность будет происходить в условиях опасного воздействия дрейфующих льдов.

Хочется верить, что полная героизма, романтики и приключений эра авиационных исследований на Каспийском море не закончилась.



Буровая вышка компании ЛУКОЙЛ на Северном Каспии. Фото 2010 г.

П.И. Бухарицин, 2010 г.

жено начало многочисленному семейству чисто ледяных грузовых теплоходов, ныне составляющих ядро самоходного флота, обслуживающего участок Осетрово — Якутск. Судам такого типа свойственны простота конструкции и высокая технологичность, меньшая металлоемкость сравнительно с обычными грузовыми судами, обладающими трюмами, двойным бортом и днищем. Кроме того, на просторную площадку-палубу легко грузить различные предметы, особенно контейнеры. Главное же достоинство теплоходов-площадок заключается в малой осадке, достигнутой за счет уменьшения высоты борта и увеличенной ширины корпуса.

Первые серийные теплоходы-площадки грузоподъемностью 300 т и осадкой полтора метра строились на Качугской верфи, причем в

1964 году одно из таких судов попробовали выполнить в варианте толкача стандартных тысячетонных, несамыходных барж.

Спустя шесть лет «площадки» претерпели очередную метаморфозу — Осетровская верфь приступила к выпуску теплоходов-контейнеровозов с двигателями мощностью 1150 л. с. Приступили к строительству теплоходов аналогичного назначения типа СК-2000К и качугцы. Только на этих судах, по предложению инженера И. А. Дмитриева, ходовую рубку и жилые помещения перенесли в носовую часть, что заметно улучшило обзор для судоводителей. Это особенно важно при плавании с толкаемой баржей. В общем, теплоходы-площадки оказались на редкость удачными.

Так, теплоход «Качугский судостроитель» проделал рейс из Осетрова в Якутск и обратно (а это около 4 тыс. км) со средней скоростью 13 км/ч. Второй рейс того же судна с баржей состоялся поздней осенью, когда на Лене появился лед, заставивший многие суда ночами оставаться на якоре. А «Качугский судостроитель» уверенно шел по реке, разбивая молодой лед толкаемой баржей!

Только «Качугский судостроитель» в первых рейсах с крупнотоннажными баржами дополнительно перевез 2,3 тыс. т народнохозяйственных грузов, сэкономив при этом 40 т топлива и тонну дизельного масла. Стоит ли удивляться тому, что за разработку грузового теплохода нового типа Ленское пароходство было удостоено золотой медали ВДНХ СССР.

Испытания обеих приставок, получивших названия «Ледовая-1» и «Ледовая-2», на Горьковском и Кузнецком водохранилищах оказались успешными. Так, «Ледовая-2» позволила речникам преодолеть 400 км волжского пути от Казани до Тольятти всего за пять суток, тогда как ледоколом мощностью 1800 л. с. тратили на тот же маршрут 15—30 дней. При этом судовой канал, продолженный с помощью «Ледовой-2», был практически свободен ото льда.

На этом история талантливого изобретения не закончилась. В 1979 году на Астраханском судостроительно-судоремонтном заводе имени III Интернационала по заказу Каспийского морского пароходства построили «Ледовую-3», а команда линейного ледокола «Капитан Измайлов» немедленно испытала новинку на трассе от Астрахани до морской части Волго-Каспийского канала. Необычный комплекс уверенно шел со скоростью 12 км/ч, ломая и раздвигая ледовый покров толщиной 35—40 см.

Ныне подобные приставки успешно эксплуатируются на Днепре, Дону, Волге, Иртыше, многих каналах и водохранилищах. Мало того — в 1980 году корабли Горьковского судоремонтного завода приступили к строительству первой в стране морской ледокольной приставки, проект которой разработали сотрудники Ленинградского центрального проектно-конструкторского бюро Министерства морского флота СССР. А в следующем году это 600-тонное сооружение уже кружило тороистые льды в Финском заливе.

Однако изобретение принципиально новых механизмов дело, конечно, не ограничивается. Обеспечением

В ЛЮБОЕ ВРЕМЯ ГОДА

ПЕТР БУХАРИЦЫН,
инженер-океанолог,
г. Астрахань

В настоящее время общая протяженность эксплуатируемых водных путей в нашей стране составляет 148 тыс. км. Особенно важную роль играет речной флот в транспортной системе восточной части страны, где много судоходных рек, а болота и вечная мерзлота затрудняют и удорожают строительство наземных дорог. В Западной Сибири, к примеру, на речные пути приходится до 85% грузооборота региона.

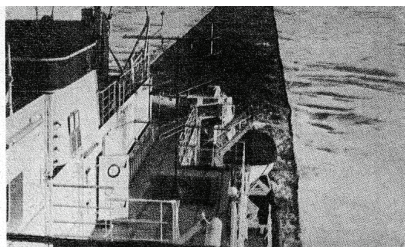
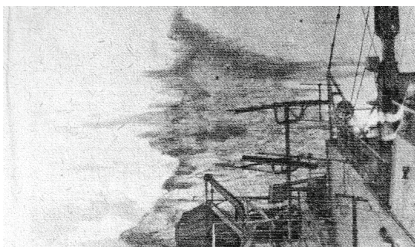
Однако навигация на реках и озерах ограничивается периодом от весеннего ледохода до осеннего ледостава. Ее средняя продолжительность определяется климатическими условиями и колеблется от 112 суток на Колыме до 300 суток на Кубани. Но интенсивное развитие народного хозяйства требует дальнейшего увеличения объема перевозок, следовательно, продления навигации. В свое время Министерство речного флота РСФСР разработало и ныне реализует программу, предусматривающую ряд мер по более полному использованию речного флота, портов, промышленных предприятий и гидротехнических сооружений в зимних условиях.

Одной из таких мер является оснащение пароходств новыми, бо-

лее мощными ледоколами. Первые речные ледоколы, построенные три десятилетия назад, могли преодолевать ледяные поля толщиной до полуметра. Ныне на реках работают трехвинтовые мелкоосидающие ледоколы, обеспечивающие проводку судов по льдам толщиной до 90 см. Летом они не приставляют, а используются в качестве буксиров и спасателей.

Однако, несмотря на явные преимущества, у классических ледоколов имеется существенный недостаток. Дело в том, что проделанный ими судоходный канал обычно бывает забит обломками льда, которые довольно быстро смерзаются, и всю работу приходится начинать заново. Немало изобретателей пыталось найти принципиально новое решение конструкции ледокольного судна, но преуспел в этом инженер Московского речного пароходства Г. Я. Сербул, разработавший в 1970 году ледокольную приставку ЛПС-14. Это устройство представляло собой нечто вроде перевернутой баржи, в носовой части которой находился ремень. Закрепленная перед любым речным судном, приставка раскалывала лед, поднимая его обломки и разводя их под края судоходного канала.

В 1976 году сотрудники Горьковского института инженеров водного транспорта создали на основе ЛПС-14 усовершенствованную ледокольно-ледоочищающую приставку, рассчитанную для условий Енисея, а для судов Волжского объединенного речного пароходства — приставку ЛЛП-18 (цифра в обозначении соответствует ширине прокладываемого судоходного канала), предназначенную для работы с буксиром-толкателем ОТ-2000.



плавания в ледовых условиях на внутренних водных магистралях занимается ряд научно-исследовательских и гидрометеорологических учреждений. В частности, сотрудники гидрометслужбы регулярно проводят визуальную и инструментальную авиаразведку ледовых покровов на реках и озерах, наблюдают за ними с борта ледоколов, составляют прогнозы ледовой обстановки для пароходства.

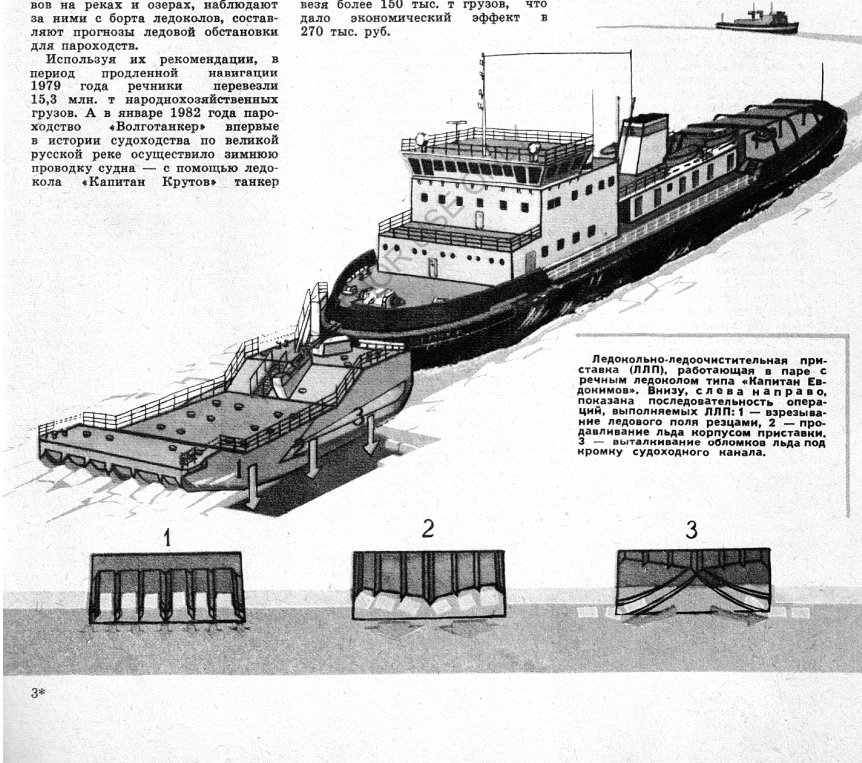
Используя их рекомендации, в период продленной навигации 1979 года речники перевезли 15,3 млн. т народнохозяйственных грузов. А в январе 1982 года пароходство «Волготанкер» впервые в истории судоходства по великой русской реке осуществило зимнюю проводку судна — с помощью ледокола «Капитан Крутов» танкер

«Волго нефть-150» благополучно прибыл из Астрахани в Волгоград.

Не отстали от волгарей и донские речники — всю зиму 1981/82 года на Нижнем Дону и Азовском море проработали два теплохода типа «Волго-Дон», перевезя более 150 тыс. т грузов, что дало экономический эффект в 270 тыс. руб.

Так выглядит судоходный канал, проделанный обычным ледоколом.

В канале, проложенном с помощью приставки, практически нет обломков льда.



Ледокольно-ледоочистительная приставка (ЛЛП), работающая в паре с речным ледоколом типа «Капитан Евдокимов». Внизу, слева направо, показана последовательность операций, выполняемых ЛЛП: 1 — взрывание ледового поля резами, 2 — продавливание льда корпусом приставки, 3 — выталкивание обломков льда под кромку судоходного канала.

ЛЕДОВЫЕ УСЛОВИЯ НА СЕВЕРЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В ОЧЕНЬ СУРОВУЮ ЗИМУ 1968/69 г.

Классификация зим по степени их суровости для Северного Каспия еще не разработана. Для такой классификации можно использовать ряд характеристик: сумму градусосуток мороза, площадь ледяного покрова, толщину льда и другие по всей акватории или по одному пункту, признанному характерным.

Объективной, на наш взгляд, является характеристика суровости зимы по сумме градусосуток мороза в Астрахани. Известно, что для зимы характерно преобладание меридиональных потоков воздуха, направленных из Полярного бассейна на центральные и южные районы Европейской территории СССР (ЕТС). Так как Астрахань расположена на севере Каспийского моря, на пути холодных воздушных потоков, можно полагать, что температура воздуха в Астрахани показательна для характеристики хода ледовых процессов на севере Каспийского моря.

Подсчет сумм градусосуток мороза за последние 45 лет по Астрахани показал, что зима 1968/69 г. входит в число пяти наиболее холодных зим за ряд лет с 1924/25 г.: 1953/54, 1941/42, 1927/28, 1928/29 и 1968/69 гг. Ниже приводим суммы градусосуток мороза за эти зимы по Астрахани (табл. 1).

Таблица 1.

Зима		Сумма градусосуток мороза	Зима	Сумма градусосуток мороза
1953/54г.		1249	1928/29г.	910
1941/42г.		1042	1968/69г.	869
1927/28г.		961		

Таким образом, зима 1968/69 г. относится к весьма суровой. Для сравнения укажем, что к суровой, с нашей точки зрения, следует относить зимы с суммой градусосуток мороза по Астрахани свыше 700°, а к мягким – менее 400°. В интервале от 400 до 700° находятся умеренные зимы. В очень мягкие зимы сумма 5сосуток мороза в Астрахани падает до 100 и менее градусов: зимой 1947/48 г. и 65,3°-1965/66 г. Хотя зима 1968/69 г. и была в целом весьма суровой, отдельные ее периоды были теплыми. Так, октябрь был теплее обычного, ноябрь и декабрь близки к норме, а вторая декада марта была даже выше нормы.

Другой характеристикой суровости зимы может служить площадь припая. В табл. 2 показана максимальная площадь припая по месяцам по фактическим данным и средняя (расчетная) площадь, определенная по методу, изложенному автором ранее, а также за зиму 1968/69 г. по данным авиаразведок.

Таблица 2.

Максимальная площадь припая по месяцам

Месяц	макси- мальная	годы на- блюдений	сред- няя	макси- мальная	даты на- блюдений	в % от максималь- ной	в % от сред- ней
Октябрь	16,40	1949,1950	-	-	-	-	-

Ноябрь	72,83	1953	17,63	7,68	17.XI	11	44
Декабрь	79,43	1953	52,90	46,27	17-18.XII	62	88
Январь	84,82	1964	63,98	81,79	ЗОЛ	97	129
Февраль	81,95	1364	65,00	79,87	17.11	98	123
Март	80,08	1364	47,78	72,67	12-13. III	91	152
Апрель	56,77	1954	-	-	-	-	-

Сравнение данных, приведенных в табл. 2, подтверждает ту характеристику зимы, которая дана ранее. В октябре 1968 г. припая не было, в ноябре площадь его составляла примерно половину средней, а в декабре - уже 88 % средней площади. Таким; образом, октябрь, ноябрь и декабрь 1968 г., исходя из площади, припая, оказались мягче нормы или близки к ней. Зато во второй дне зимы температура была значительно ниже средней многолетней, площадь припая на 1/4, 1/3 и даже 1/2 превышает среднюю, весьма близко приближаясь к максимальным известным площадям припая и практически достигая их.

Метеорологические и ледовые условия. Не представляется возможным подробно изложить здесь ход синоптических процессов и вызываемых ими изменений в метеорологических условиях и ледовой обстановке. Поэтому отметим только наиболее существенные события. С 26 по 29 октября 1968 г. через Нижнюю Волгу проходил антициклон, сформировавшийся в холодных массах арктического воздуха. Он вызвал северный ветер до 7-9 баллов, понижение температуры воздуха до $-6-11^{\circ}$ и первое образование льда. Полоса плавучего льда начальных форм шириной 5-10 миль наблюдалась на взморье Волги и вдоль северного побережья Каспия до о-вов Каратонские Шалыги. Потепление в последний день месяца привело к таянию этого льда и его исчезновению в начале ноября.

К концу второй декады ноября с центра ЕТС на запад Казахстана смещался холодный антициклон, вызвавший 17 ноября серьезное похолодание на Северном Каспии. В этот день образовался молодой плавучий лед, распространившийся вдоль северного и восточного берегов примерно до однометровой изобаты. В ночь на 21 ноября вновь ударили морозы (рис. 1), на востоке достигшие $-10-12^{\circ}$, что привело к появлению шуги на Волго-Каспийском канале и упрочению льда на Урало-Каспийском канале, где он достиг толщины 3 см. В конце ноября, в связи с потеплением, лед почти всюду исчез, однако на взморье Урала сохранилось немного темного ниласа.

В декабре были отмечены две волны холода. 3-6 декабря образовалась полоса припая шириной 10-15 миль на взморье Волги и вдоль северных и восточных побережий Северного Каспия (рис. 2). В нескольких милях мористее проходила кромка плавучих льдов.

Особенно холодно было 12-14 декабря. Температура ночью понижалась на побережье до $-20-25^{\circ}$, в открытом море до $-13-18^{\circ}$, днем $-8-15^{\circ}$. Такие сильные морозы в середине декабря наблюдаются редко, один-два раза за 20-25 лет. 12 декабря было отмечено появление шуги и блинчатого льда на западных побережьях островов Тюленьего и Кулалы, а 13 декабря они превратились в припай из ниласовых льдов. Покрылся припаем Кизляр-ский залив. Кромка неподвижного льда переместилась на 5-10 миль мористее. Третья декада декабря была теплее обычного, днем температура повышалась до $4-6^{\circ}$. Это привело к отступанию кромки припая примерно до той линии, на которой она была 6 декабря (10-15 миль от берега). Центральная и западная части Северного Каспия очистились ото льда, но

Гурьевская бороздина оставалась покрытой плавучим льдом. Волго-Каспийский канал покрыт серо-белым льдом толщиной 10-15 см, а Урало-Каспийский - белым льдом толщиной 30 см. Таким образом, условия первой половины зимы были близкими к нормальным (табл. 2). Во второй же половине зимы синоптические процессы были типичными для суровых зим: преобладал антициклональный тип погоды. Антициклоны, сформировавшиеся в очень холодных массах арктического воздуха, смещались на юг, и это привело к значительным похолоданиям.

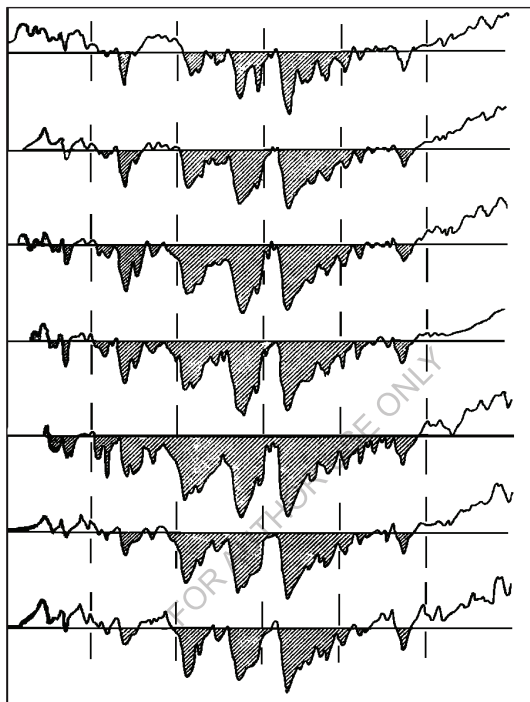


Рис. 1. Ход средней суточной температуры воздуха зимой 1968/69 г.

В январе отмечено от 5 до 15 дней со средней суточной температурой воздуха ниже -20° . На северо-востоке (Пешной) было 4 дня с температурой ниже -30° . Средняя месячная температура января составила $-12-13^{\circ}$, что на $6-8^{\circ}$ ниже нормы. В январе отмечены две волны холода - в первой и третьей декадах. Похолодание в первой декаде привело к распространению припая, который полностью занял Кизлярский, Аграханский и Мангышлакский заливы. Кромка неподвижного льда достигла линии о. Чечень - о. Тюлений - о. Кулалы. Здесь граница припая удерживалась почти весь месяц. Таким образом, в первой декаде января припай занимал почти всю акваторию северной части моря, за исключением ее глубоководного района, прилегающего к Среднему Каспию; этот район был заполнен плавучими льдами, кромка которых постепенно перемещалась на юг. Ослабление морозов в середине месяца способствовало определенной стабилизации кромок неподвижного и плавучего льда.

Однако в третьей декаде морозы вновь усилились. 22-26 января морозы на северном побережье достигли $-29-34^{\circ}$, средняя суточная температура воздуха опустилась до -20° ,

местами до -25° . Усиление морозов привело к быстрому перемещению кромки припая. 30 января 1969 г. припай на Северном Каспии достиг максимального за зиму распространения (рис. 2). Его площадь составила 129% от средней и 97% от максимальной, отмеченной 31 января 1964 г. (табл. 1). Припай образовался и на Среднем Каспии, а к концу марта 3/4 акватории Северного Каспия еще занимал припай.

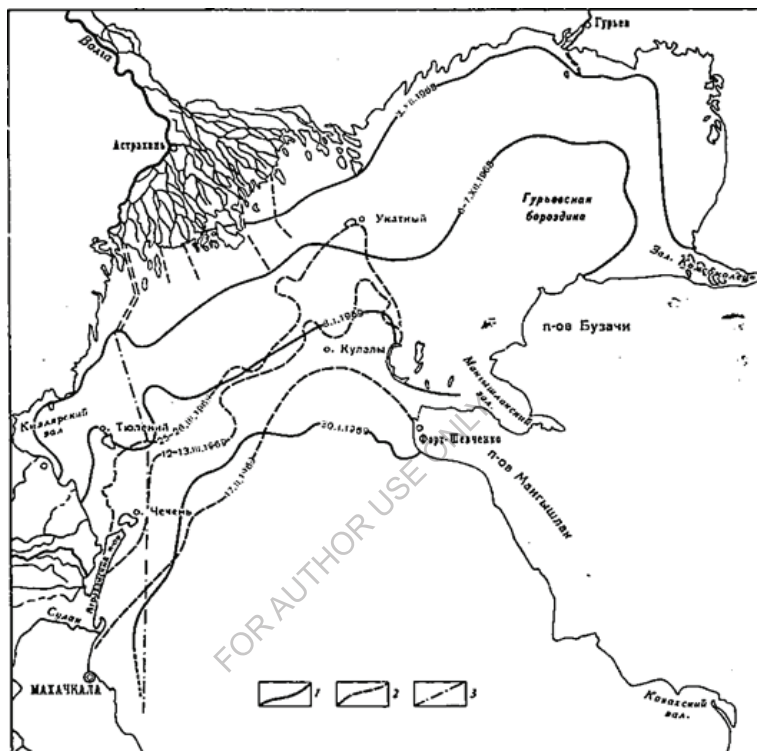


Рис. 2. Изменение кромки припая на Северном Каспии:

- 1 — кромка припая во время его развития; 2 — кромка припая в период его отступления;
3 — главный судоводный ход.

Хотя в марте было значительно теплее, чем в феврале, толщина льда на некоторых станциях продолжала увеличиваться, достигнув в устье Урала 78 см и у о. Кулалы 40 см. Высокие температуры воздуха ослабили припай, он покрылся снежницами, проталинами, промоинами. Западные ветры в середине первой декады апреля быстро взломали неподвижный лед. Взлом припая был дружным и совершился в короткие сроки. Почти вся акватория Северного Каспия вскоре оказалась покрытой плавучим льдом. Ветры западной четверти способствовали распространению плавучего льда на юг и восток. Первую половину апреля, дрейфующий лед держался у берегов Дагестана. И хотя отмечались уже высокие температуры воздуха и воды и ярко светило солнце, лед таял довольно медленно. Полное очищение от льда произошло у о. Кулалы 25 марта, на Волго-Каспийском канале - 4 апреля, на Урало-Каспийском канале - 6 апреля, у о. Тюленьего - 11 апреля.

13 апреля значительное скопление плавучего льда наблюдалось на Гурьевской бороздине, а также в районе островов Чечень и Малый Жемчужный. Но он растаял в течение нескольких дней. Долше всего держались набитые в несколько слоев смерзшиеся льды у берегов Дагестана. Полное очищение в Изберге произошло только 20 апреля (табл. 3).

Зимняя навигация. Благодаря особенностям гидрологического режима и высокой биологической продуктивности Северного Каспия промышленное рыболовство на Каспийском море в течение длительного времени было сосредоточено в основном на севере. Рыбообрабатывающая промышленность, естественно, также развивалась в основном в дельте Волги - в Астрахани. Здесь же концентрировались все необходимые для добычи и обработки рыбы производства. Доставка рыбы с моря и снабжение рыбаков производились с помощью судов только в безледный период. Правда, лов рыбы производился и зимой, со льда, но с помощью гужевого транспорта (лошадей).

Падение уровня Каспийского моря, начавшееся в 30-х годах, а также некоторые другие Явления, как загрязнение воды, изменение гидрологического режима Волги, привели к сокращению уловов рыбы на севере Каспия и к перемещению основных районов лова в Южный Каспий. В то же время основные мощности рыбообрабатывающей промышленности остались в дельте Волги.

Таблица 3.

Средние месячные температуры воздуха по м/п пунктам
дельты Волги и Северного Каспия

Место наблюдения	Характеристики	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	март	апрель
Астрахань	Норма	2,1	- 3,5	- 6,8	- 5,8	0,1	9,6
	Зима 1968/69 г.	1,1	-4,0	-13,0	-10,3	-1,1	9,9
	Отклонение от нормы	-1,0	-0,5	-6,2	-4,5	-1,1	0,3
Караульное	Норма	3,1	-2,3	-5,8	-5,1	0,1	8,1
	Зима 1968/69 г.	-0,1	-3,6	-13,3	-10,9	-2,0	9,0
	Отклонение от нормы	-3,2	-1,3	-7,5	-5,8	-2,1	0,9
Пешной	Норма	0,4	-5,8	-9,9	-9,5	-3,5	7,0
	Зима 1968/69 г.	1,3	-6,8	-17,1	-13,0	-3,4	8,9
	Отклонение от нормы	0,9	-1,0	-7,2	-3,5	0,1	1,9
о.Кулалы	Норма	3,7	-1,4	-5,6	-5,1	0,0	9,2
	Зима 1968/69 г.	3,2	-1,3	-10,9	-10,3	-1,3	9,0
	Отклонение от нормы	-0,5	0,1	-5,3	-5,2	-1,3	-0,2
Форт Шевченко	Норма	4,9	-0,2	-3,6	-2,7	2,2	10,0
	Зима 1968/69 г.	5,9	0,9	-8,7	-8,8	1,2	9,8
	Отклонение от нормы	1,0	1,1	-5,1	-6,1	-1,0	-0,2
о.Тюлений	Норма	6,9	1,0	-2,4	-1,7	-2,0	9,1

	Зима 1968/69 г.	6,4	1,3	-5,5	-7,2	-0,4	7,9
	Отклонение от нормы	-0,5	0,3	-3,1	-5,5	-2,4	-1,2
о.Искусствен- ный	Норма	4,5	-1,6	-5,5	-4,8	0,3	9,5
	Зима 1968/69 г.	3,3	-1,6	-10,0	-9,7	-1,6	9,3
	Отклонение от нормы	-1,2	0,0	-4,5	-4,9	-1,0	-0,2

Перемещение рыбообрабатывающей промышленности на юг нецелесообразно, так как предпринимаются серьезные попытки для восстановления рыболовства в Северном Каспии. В настоящее время и в ближайшем будущем перед рыбной промышленностью стоит задача обеспечения перевозки водным транспортом в течение всего года тары, соли и других необходимых грузов для снабжения промысловых судов из Астрахани, а рыбы - в обратном направлении. Выполнение этих перевозок железнодорожным транспортом обходится значительно дороже, он не обеспечивает их необходимого объема. В связи с биологическими особенностями основного (по объему) объекта промысла – кильки – зимой создаются условия для роста ее добычи, но этот рост затрудняется вывозом в ледовых условиях. В связи с перемещением основного района промысла в Южный Каспий предпринимаются попытки продления срока навигации. С середины 50-х годов суда рыбной промышленности стали проходить по Волго-Каспийскому каналу весной и осенью во льдах толщиной до 15 см. С оснащением рыбной промышленности современными мощными рефрижераторами и ледоколами создавалась возможность (начиная с зимы 1959/60 г.) проводить зимнюю навигацию. В зависимости от суровости зимы движение судов ведется либо, как и летом, поодиночке (при этом ледоколы только очищают канал от льдов), либо караванами под проводкой ледоколов.

На рис. 3 показана длина пути во льдах по главному судовому ходу, т. е. изменение ледовой обстановки «в плане». Первые 50 миль этот путь идет по рукаву Волги Бахтемиру, затем еще 30 миль – по Волго-Каспийскому каналу, огражденному с обеих сторон островами, образовавшимися из грунта при чистке канала, и последние 20 миль – по подводному Волго-Каспийскому каналу, на котором на зиму Управлением Каспрейдморпути выставляется зимняя навигационная обстановка.

В начале зимы 1968/69 г. условия навигации были удовлетворительными, и она проходила успешно. Транспортно-холодильные суда (ТХС) водоизмещением 300 т с двигателем мощностью 300 л.с. проходили по Волго-Каспийскому каналу самостоятельно. В середине декабря, с усилением морозов и ухудшением ледовой обстановки, движение судов стало затрудняться. Суда встречали ледяные заторы, подвижки льда. 25 декабря в Астрахань прошел ТХС-1321 с грузом кильки, 28 декабря в обратном направлении отошел теплоход «XIV съезд ВЛКСМ». 30 декабря он вышел из канала. Это было последнее судно, относительно спокойно прошедшее по Волго-Каспийскому каналу.

Резкое похолодание в начале января привело к серьезному ухудшению условий плавания. Шедший с юга в Астрахань с грузом кильки теплоход «Обухов» 2 января был выжат дрейфующим льдом за бровку канала в 20 милях от о. Искусственный. Льдом судно протасило на 1,5 км за бровку. При подвижках льда образовались большие торосы. Судно село на грунт и находилось в ледяном плену до 20 января. Для освобождения «Обухова» потребовалось четыре судна.

В начале января половине Волго-Каспийского канала создавалась исключительно тяжелая ледовая обстановка. Большие ледяные поля, дрейфуя по каналу, сталкивались, образуя высокие торосы надвигались друг на друга, удваивая и утраивая свою толщину. 3 января

1969 г. теплоход «Обухов» отметил дрейф ледяных полей со скоростью 4-5 км/ч. При такой скорости ледяные поля и обломки полей, нагромождаясь, образуют стамухи.

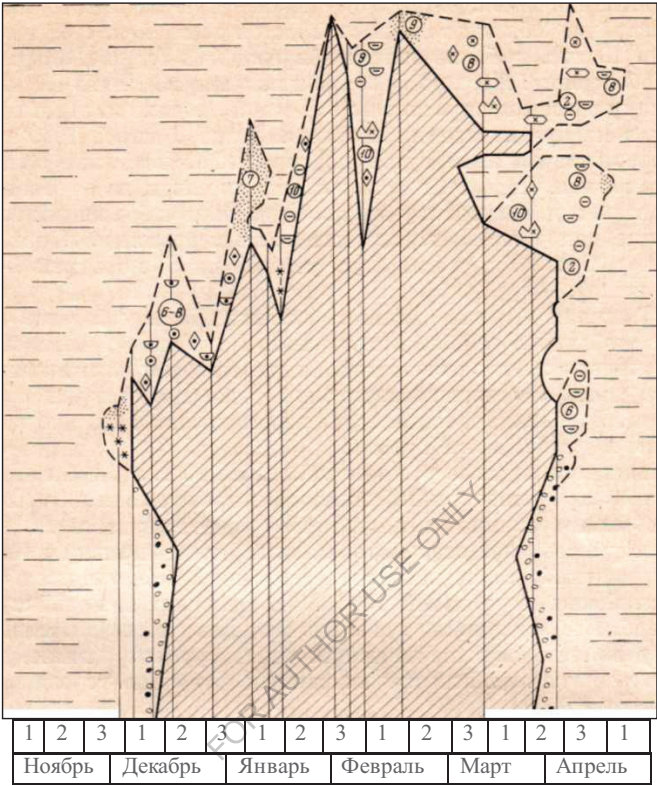


Рис. 3. Длина пути во льдах от Астрахани по главному судовому ходу зимой 1968/69 г.

С 18 января ледокол «Ратмир» и однотипные с ним «Руслану, - М лет Октября», ледоколы «Смерч», «Богатырь», буксировщик *Садко» выводили в Астрахань застрявшие во льдах канала Волги I ХС и теплоход «Обухов», более двух недель пробиваясь. Через ледяные нагромождения. Этот караван прибыл в Астрахань лишь 3 февраля. Убытки только от простоя теплохода «Обухов» составили 10 тыс. руб., не считая повреждений судна и затрат на его освобождение. После 3 февраля движение по Волго-Каспийскому каналу совсем прекратилось; в феврале, начале марта и практически в январе навигации не было. Лишь 8 марта 1969 г. на юг отправился караван судов из семи ТХС во главе с четырьмя ледоколами. Ледоколы вскрыли тяжелые льды на реке и канале и провели суда за кромку льдов. Суда шли с большими затруднениями, движение во льдах было очень медленным. Ледокол «Ратмир» с 20 по 28 марта прошел всего 60 миль (в среднем 6-7 миль за сутки). Тяжелая ледовая обстановка сложилась и у берегов Дагестана, особенно в районе Махачкалы. Как уже отмечалось ранее, в холодные зимы здесь создаются условия для накопления набивного льда, ограничивающего или даже парализующего работу порта. В феврале и марте здесь неоднократно затирало суда, особенно в районе мыса Турали.

Тяжелые ледовые условия зимы 1968/69 г. привели по существу к прекращению зимней навигации практически на три месяца. Путь из Астрахани в тяжелых торосистых льдах достигал 200 миль. Если учесть еще стоимость ремонта после причиненных льдом повреждений, то становится ясно, что рыбному хозяйству на Каспийском море зимой 1968/69 г. был нанесен значительный ущерб. Все это должно привлечь внимание исследователей к анализу причин, обуславливающих очень суровые зимние условия, к разработке путей их предсказания и изучению условий ледового плавания.

Ф.И. Валлер, 1969г.

ГРОЗНЫЕ СИЛЫ ПРИРОДЫ. ЛЕДОВОЕ ПОБОИЩЕ НА КАСПИИ

Недавно с большим интересом прочитал в вашем журнале статью академика Ю. Израэля "Какую погоду ждать на Земле?" (см. "Наука и жизнь" № 1, 2002 г.). В ней шла речь о глобальном изменении климата, о влиянии на этот процесс жизнедеятельности человека и о природных катаклизмах разрушительной силы, которые, по мнению многих, происходят все чаще и чаще. И вспомнилась мне трагедия, связанная с необычным природным явлением, свидетелем и участником которой я стал почти 50 лет назад.

Случилось это зимой 1953 года в районе нефтепромыслов Каспийского моря. За несколько лет до этого там началась широкомасштабная разработка морских месторождений нефти. Для строительства гидротехнических сооружений на акватории Каспийского моря в Баку был создан научно-исследовательский и проектный институт "Типроморнефть", где разрабатывались проекты морских нефтепромыслов Изберг-море, Артем-море, Гюргяны-море, Жилой-море, Челекен-море и известных всей стране Нефтяных камней. В 1947 году на территории Дагестана южнее Махачкалы заработал первый нефтепромысел Изберг-море. Через год эстакады и площадки для бурения скважин начали строить в республике Азербайджан в районе Апшеронского полуострова.

Начало строительства нефтепромысла Изберг-море. 1947 год.

Зимой 1953 года интенсивное строительство и добыча нефти шли уже на всех морских месторождениях. Но тут случилось непредвиденное. Из-за резкого потепления в северной части моря огромные ледовые поля оторвались от припая и гонимые ветром и морским течением поплыли на юг. Такого не случалось на Каспии ни до, ни после этих событий, хотя прошло уже 49 лет.

Первым препятствием на пути ледовых полей было Избергское месторождение. Понимая сложность ситуации, правительство республики приняло решение бомбить льды на дальних подступах к нефтепромыслу и сыпать ледовый панцирь угольным порошком для более интенсивного таяния. Ни то, ни другое не помогло. В первую очередь льды сковали несколько стоявших у причала промысловых катеров. Один из них перевернулся вверх килем, погубив всю команду. Больше людских потерь не было. Затем ледяной панцирь плотным кольцом сжал сооружения Изберг-моря, и началось его разрушение. Эстакады и площадки одна за другой разваливались, как картонные домики. Ледоколов в то время на Каспии не было, да если бы они и были, не смогли бы справиться со стихией.

Строительство морской эстакады на Нефтяных камнях

Помочь руководству нефтепромысла направили главного специалиста "Типроморнефти" Я. Е. Шкапенюка и меня (тогда я работал главным инженером проекта морских гидротехнических сооружений института "Типроморнефть"). Только там я понял, насколько неодолимы силы природы. Два дня и две ночи мы безуспешно боролись со

стихий. На исходе вторых суток все было кончено. На месте нефтяных вышек над льдинами торчали лишь искореженные фрагменты конструкций. Подавленные случившимся и своим бессилием, мы вернулись в Баку, в душе надеясь, что у нас такого случиться не может - все-таки намного южнее. Но уже через два дня стали поступать тревожные метеосводки о движении льдов к Апшеронскому полуострову.

Несколько проектировщиков, в том числе и я, поехали на остров Артема - форпост нефтепромыслов Апшерона - на помощь нефтяникам Артем-моря и Гюргяны-моря в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Долго ждать не пришлось. Началось настоящее ледовое побоище, которое продолжалось две недели. Мы постоянно дежурили на обоих объектах. Когда ледовые торосы начинали сносить опоры эстакад, сопровождавшие нас военные пускали в ход толовые пашки. Лед крошился у опор, пропуская часть льдин под них, но тут же начинал давить с новой силой. Слышался характерный скрежет деформируемого металла, пролетные строения уходили под воду, а ледовые поля продолжали свое движение. Мне пришлось увидеть своими глазами, как огромные участки эстакад длиной 300-400 метров с проложенными по ним трубопроводами, силовыми кабелями, со столбами освещения и площадки с действующими скважинами медленно уходили на морское дно. Но мы успели заглушить скважины и не допустили разлива нефти. Так день за днем люди отступали под напором стихии.

Морской нефтесборный пункт на эстакаде

Когда ледовые поля, уничтожив Артем-море и Гюргяны-море, двинулись в сторону Нефтяных камней, это стало для нас самым страшным испытанием. К тому времени на промысле было построено около 50 километров эстакад, двести площадок, два парка товарных резервуаров, два причала для швартовки танкеров, несколько нефтесборных пунктов, два жилых поселка. На насыпной территории стояла действующая дизельная электростанция. Там же возводился городок из 9- и 12-этажных кирпичных домов. И все это огромное хозяйство оказалось под угрозой уничтожения.

Нефтяные камни. Жилой поселок № 1

Поначалу не верилось, что льды доберутся до "камушков", ведь до них оставалось ни много ни мало 100 километров. Но метеосводки ежедневно убеждали нас, что трагедия неотвратима и Нефтяным камням не избежать участи других месторождений. Первое, что сделало руководство нефтепромысла, - приняло решение заглушить действующие скважины и отправить на берег весь персонал: буровиков, эксплуатационников, электриков, строителей, медиков. На вахте остались 50 человек из командного состава, бригады пожарных и рабочих, два метеоролога, два радиста и двое специалистов из "Азморнефти". Перед ними стояла задача: не допустить возникновения пожара и по мере разрушения конструкций отступать на южную сторону нефтепромысла, где на чистой воде их ждали три торпедных катера Каспийской флотилии.

Наступил самый драматический момент - ледовые поля соприкоснулись с первым объектом. Им оказался парк товарных резервуаров с десятью емкостями по тысяче тонн каждая. Нефти в них, слава богу, не было, накануне ее перелили в танкер и отправили на материк. Под натиском льда заскрежетали первые сваи, но площадка и резервуары устояли. И тут случилось то, что иначе, как чудом, назвать нельзя. Ветер, много дней дувший с востока, мгновенно стих, а потом, быстро набирая силу, задул с запада. Льды остановились ненадолго и поплыли туда, откуда пришли. В это время резко потеплело, и они растаяли, не дойдя до месторождений, которым нанесли огромный урон. Надо было видеть радость людей, не ожидавших такого поворота событий. Они думали, что трагедия на Нефтяных камнях неотвратима.

После ледового побоища у буровиков и строителей наступила горячая пора. Они начали восстанавливать потерянные скважины, эстакады, площадки и другие гидротехнические сооружения. Почти одновременно начался ремонт скважин. За время остановки добычи они

забились песком. Ремонтникам приходилось поднимать трубы наверх, развинчивать, извлекать из них сцементированный грунт, а потом снова опускать их в скважину. Хорошо, что на острове Артема скважины не очень глубокие - несколько сотен метров. На Нефтяных камнях они глубже, но там восстановление шло легче, ведь не работали они всего сутки. Уже через полгода все нефтепромыслы работали. Добыча нефти достигла прежнего уровня и быстро превысила его. Не повезло лишь Избергскому месторождению. Восстанавливать его не стали из-за бедности нефтеносного слоя. Вот какие "сюрпризы" преподносит природа.

А. Симонян,
ветеран Великой Отечественной войны,
г. Тольятти, 2002г.

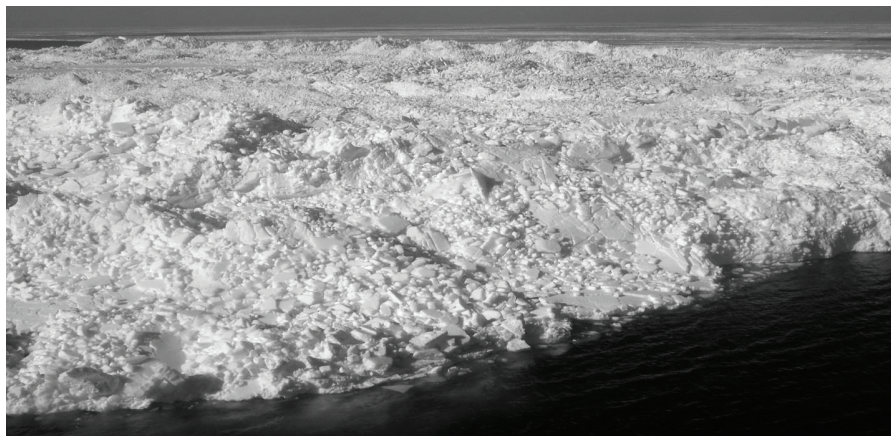
СПАСИТЕЛЬНАЯ СТАМУХА



Историю эту рассказал сын астраханского рыбака Ф.А. Назаров. В первых числах марта 1939 года, мой отец А. Назаров и ещё пятеро колхозных рыбаков на трех саниах запряженных лошадьми ранним утром, выехали на рыбный промысел, на Северный Каспий. От деревни до места лова (где они ставили сети - оханы) было около 50 км. Благополучно прибыв к месту лова, рыбаки через 4 часа приступили к подъему сетей из подо льда, с хорошим уловом белорыбицы. За два часа они справились с работой, погрузили в сани сети и рыбу, запрягли лошадей и направились к берегу, в деревню. Внезапно подул штормовой северо-западный ветер. Через час пути рыбаки были вынуждены остановиться, потому что льдина, на которой они находились, сильным ветром оторвало от берегового припайного льда и понесло в открытое море.



Что делать? Рыбаки в течение часа искали путь, чтобы выбраться с дрейфующей льдины на прочный лед, но бесполезно. Тогда рыбаки решили ехать на лошадях к виднеющемуся недалеко большому ледяному бугру, стамухе (её размер был около 300м x 200м и высотой до 7м от уровня моря, на глубине моря 7м). Уже в сумерки рыбаки начали забираться на ледяной бугор. Они перенесли туда всю рыбу, сети, потом переправили лошадей с саниах и, только управившись с работой, наступила ночь.



*Вот так, примерно, выглядел ледяной бугор (стамуха),
спасшая каспийских рыбаков от неминуемой гибели.*

Обычно рыбаки выезжали на зимнюю рыбалку сроком на 15-20 часов, и с собой брали еды на один день, пачку махорки, коробок спичек, газету для закрутки табака, три снопа сена и килограммов по пять овса на каждую лошадь.

Переночевав на ледяном бутре, рыбаки утром обнаружили, что льдину, на которой люди «приплыли» к спасительному ледяному острову ветром унесло в море. И вот, шестеро рыбаков и трое саней с лошадьми оказались посреди моря, на ледяном острове, а кругом вода. Сильный норд-вест дул двое суток, и от ударов морских волн стамуха, огромное нагромождение битого льда, сидящее на грунте, начал разрушаться и рыбакам пришлось «перекочёвывать» - переходить в более безопасное место - среднюю часть бугра.

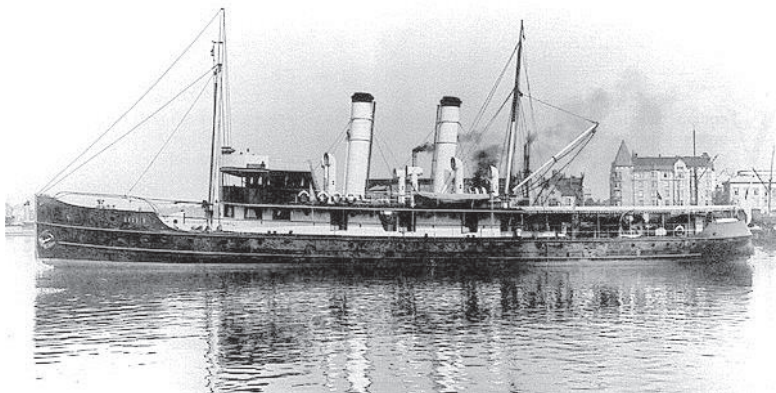
Радиостанции у рыбаков нет, и сообщить о своём бедственном положении не было возможности. Матери и жены рыбаков стали беспокоиться за мужей и сыновей, ведь они уже должны быть дома, а их нет, и дует сильный сгонный ветер. Они уже догадались, что рыбаки попали в относ. Через сутки родственники рыбаков пошли к председателю колхоза и начали требовать, что бы он принимал срочные меры по поиску рыбаков. Председатель позвонил по телефону в Камызяк, доложил обстановку, что с моря не вернулись 6 рыбаков. Из Камызяка доложили о ЧП в Астрахань. Только на четвёртый день нахождения рыбаков в ледяном плену, из Астрахани на поиски направили самолет Ш-2. Через час полета, лётчики обнаружили на ледяном бутре 6 человек, с санями и лошадьми. С самолета два раза пытались сбросить рыбакам две посылки с продуктами, но не удачно, посылки упали в воду, и их штормовыми волнами унесло в море. Самолет улетел, а у рыбаков - голодных, холодных и измученных, появилась надежда, что их нашли, о них знают и теперь уже не оставят в беде.



Слева, пилоты Астраханского авиаотряда на льду Каспия, справа самолёт Ш-2 надо льдами Северного Каспия.

Пятые сутки, как люди сидят на ледяном бутре, а еду, что брали с собой, съели на второй день, табак и спички закончились на четвертый день. Рыбаки от жажды и голода были вынуждены, есть сырую рыбу, но от такого рациона стали страдать расстройством желудков. И это в условиях, когда температура воздуха днем чуть выше нуля, а ночью до 10° мороза. Очень жестоко страдали рыбаки до прихода спасателей еще 5 суток. А лошади от голода (сено и овес они съели на 3 день нахождения на бутре), грызли оглобли от саней и из глаз лошадей текли на лед слезы.

Пилот самолета-разведчика доложил обстановку начальству, они начали организовывать команды судов находящихся на ремонте, что бы спасти рыбаков с помощью кораблей. Но, к тому моменту, на астраханских заводах ни одного готового к плаванию судна не оказалось. Астраханское начальство дало телеграмму в порт Махачкала, капитану ледокола «Каспий», которое всю зиму обслуживало дагестанские суда тюленебойщиков на Северном Каспии. Ледокол «Каспий» выводил эти суда из ледового плена, и суда шли на выгрузку тюленя в порт Махачкала. И вот, на исходе десятых суток нахождения рыбаков на ледяном острове, ледокол «Каспий» вплотную подошел к бутру, команда ледокола помогла обессиленным, измученным и голодным людям погрузить на судно сани, сети, рыбу, лошадей. Дали рыбакам белье и одежду, организовали им парную баню. Люди отогрелись, отмылись и наелись.



Ледокол «Каспий».

На 13 день отец вернулся домой, мать, и жена не узнали его, он был очень худой и больной, еле стоял на ногах, были сильные боли в желудке, и мучил сильный кашель. Два месяца мать и жена лечили его, пока отец начал поправляться.

Все выше мной описанное это со слов моего отца, без фантазий и прикрас. Будучи уже взрослым, я много раз уговаривал отца подробно рассказать об ужасно трудных днях, десяти сутках нахождения рыбаков на ледяном бугре в открытом море. Отцу было трудно рассказывать мне об этих событиях, где он «заработал» болезни от которых мучился до самой смерти.

P.S: отцу тогда шел тридцатый год от роду, двум парням было по 35 лет, а трем рыбакам по 60 лет от роду, вот эти, старшие по возрасту, в течение лета 1940 года умерли от простудных заболеваний.

Ф.А. Назаров

Газета "Астраханский мир"

24.02.2011г.

astmir.livejournal.com/175992.html

КОММЕНТАРИЙ: Описанный Ф.А. Назаровым случай, произошедший с его отцом, не единичный и, к сожалению, не всегда оканчивался счастливым концом. Рыбаки, ведущие на Северном Каспии морской зимний промысел, довольно часто оказывались в подобной ситуации – попадали в относ., и не многим улыбалось счастье, вернуться домой живым. Вот по этому, у рыбаков к буграм (стамухам), всегда было особое отношение, так как это порой, был их последний шанс на спасение.

Фото из личного архива П.И. Бухарицина.

КАСПИЙСКОЕ МОРЕ. ЛЬДЫ

Оживленная морская дорога Баку — Астрахань страдает не только от мелководья. С января по март Северный Каспий, до линии Махачкала — Форт Шевченко, затягивается мощным ледяным покровом. Навигация без ледоколов становится невозможной.

Льдом больше покрыта северо-восточная часть моря. У Гурьева в суровые зимы ледяной припай может держаться пять-семь месяцев. Влияния теплых вод Среднего и Южного Каспия здесь совершенно не чувствуется.

Толщина неподвижного ледяного покрова достигает нескольких десятков сантиметров. Переменные штормовые ветры взламывают льды, образуя торосы (иногда двухметровой высоты), превращают ранее неподвижный лед в плавающий, или дрейфующий, и сносят его к югу. Плохо, если в относ. попадут охотники-тюленебои или рыбаки. В наше время людей спасают самолеты, а в дореволюционные годы, попавшие в беду, редко оставались в живых.

Почти ежегодно дрейфующий лед ветрами и течением доносится до района Махачкала — Дербент и даже южнее, угрожая нефтяным морским сооружениям западного берега.

Тяжелые льды, приносимые сюда из Северного Каспия, - главная опасность для морских нефтяных промыслов средней части моря.

На юге лед под действием более теплой воды этой части моря слабеет, становится рыхлым и дробится волной.

В 1934 г. отряд научных работников провел первую экспедицию во льдах Северного Каспия. От восточного края дельты Волги экспедиция направилась на юго-восток, к мысу Бурунчук, и отсюда, пройдя несколько на восток, повернула на Гурьев и затем к месту выхода.

Научная работа отряда заключалась в определении свойств грунта, скорости течений, физических и химических свойств воды; брались также биологические пробы.

Километрах в пятидесяти от дельты Волги стали появляться первые храпы (торосы) — нагромождения льдов, образующиеся в результате столкновения ледяных полей. Вскоре на пути встретились и совершенно непроходимые ледяные поля, испещренные небольшими ледяными хребтами и трещинами, вытянутыми параллельно друг другу. Приходилось далеко обходить эти опасные участки. По мере удаления от берега лед становился тоньше и все труднее было двигаться дальше. Встречались гряды торосов настолько длинные, что путешественники предпочитали прорубать для лошадей ледяные ворота.

Такая форма рельефа морского льда, когда ровные, словно каток, площади перемежаются с трещинами, едва затянутыми молодым льдом, и с хаотическим нагромождением ледяных глыб, свидетельствует о значительных подвижках ледяных полей при штормовых ветрах. Эти поля, как говорят рыбаки, «ходят всю зиму». Моряна поднимает уровень моря, вследствие чего лед взламывается. Внешний край ледяных полей разрушается непосредственно прибоем.

Экспедиции не удалась лишь вторая половина пути от дельты Волги до мыса Бурунчук: экспедиция попала в относительный тупик и отклонилась далеко на восток, к острову Кулалы.

В это время скорость дрейфа льдины, на которой находился отряд, измерялась очень простым и надежным способом: прорубалась широкая прорубь, в которую бросали гирию, привязанную к длинному размеченному на метры тросу. Благодаря небольшой глубине гирия ложилась на дно. По мере движения льдины трос все больше и больше «заглатывался» прорубью.

Теперь нетрудно было узнать, сколько метров троса вытравилось за минуту или за час, а это и есть скорость дрейфа. Направление дрейфа определялось по компасу, для чего натягивали трос так, чтобы он проходил над центром проруби.

В отношении участников экспедиции испытали много тревожных минут. Невесело плыть на льдине, хотя бы и очень большой, на запад к «чистой» воде, с каждым часом убеждаясь, что пространство между льдиной и спасительным ледяным массивом все увеличивается.

Путешественники дрейфовали несколько часов. Но вот наконец-то западный ветер вернул их обратно к «ледяному матерiku». Мороз, сменивший оттепель, за ночь крепко припаял к нему льдину.

Б.А. Шлямин. Каспийское море. 1954г.

копия

П Р И К А З

ПО АСТРАХАНСКОЙ ЗОНАЛЬНОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ
22 июня 1978г. г. Астрахань

№ 140

О ПОощРЕНИИ СТАРШЕГО ИНЖЕНЕРА-ОКЕАНО-
ЛОГА ОГМОНХ БУХАРИЦИНА П.И.

Ст. инженером-океанологом Группы морских прогнозов ОГМОНХ тов. БУХАРИЦИН П.И. в период с 1976 по 1978гг. при авиаразведках проводились фотосъемки ледовых образований. Используя накопленный материал, им сделан Альбом ледовых образований Северного Каспия, который может быть использован как вспомогательный материал при подготовке бортнаблюдателей и определении ледовых форм при производстве авиаразведок льда.

П Р И К А З Ы В А Ю:

За проявленную инициативу и проделанную большую работу по составлению Альбома ледовых образований ст. инженеру-океанологу Группы морских прогнозов ОГМОНХ БУХАРИЦИН П.И. объявить
БЛАГОДАРНОСТЬ.

Директор обсерватории:

Ф.И.Валлер

Копия верна:

ст. инженер-океанолог АЗМО

П.И.Бухарицин

П Р И К А З
ПО АСТРАХАНСКОМУ ВОЕНАЛЬНОМУ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМУ ОБСЕРВАТОРИИ

№ 78

**О РЕЗУЛЬТАТАХ ЛЕДОВОЙ АВИАРАЗВЕДКИ
ПО Р.ВОЛГЕ НА УЧАСТКЕ АСТРАХАНЬ-
ВОЛГОГРАД.**

18 февраля с.г. в период экспериментального рейса ледокола "Капитан Крутов", АЭГМО проводилась авиационная разведка льда по реке Волге на участке Астрахань-Волгоград. Разведкой установлено, что в районе Каменного Яра, куда направлялся ледокол, в результате затора, сложились тяжёлые ледовые условия.

В целях более оперативного доведения результатов разведки, бортнаблюдатель, ст. инженер-океанолог БУХАРИЦИН П.И., принял решение и сбросил материал наблюдений на борт ледокола вымпелом, что делалось впервые. Результаты наблюдений оказались очень нужными и своевременными, и были оперативно использованы в работе ледокола. На заседании ледового штаба 4.03.79г. капитан-наставник Астраханского управления пароходства "Волготанкер" выразил тов. БУХАРИЦИНУ П.И. БЛАГОДАРНОСТЬ.

П Р И К А З И В А Ю:

1. За высокое качество производства ледовой авиаразведки по р. Волге на участке Астрахань-Волгоград и нахождение способа наиболее оперативного доведения её результатов, ОБЯЗАТЬ ст. инженеру-океанологу тов. БУХАРИЦИНУ П.И. БЛАГОДАРНОСТЬ.
2. Тов. ГЕРШТАНСКОМУ Н.Д. провести занятие со всеми бортнаблюдателями по изучению опыта тов. БУХАРИЦИНА П.И.
3. Ознакомить всех бортнаблюдателей, поместить на доску.

Директор обсерватории

Ф.И. ВАЛДЕР

Валерий Авиатор



РАСПОРЯЖЕНИЕ

ГЛАВЫ АДМИНИСТРАЦИИ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

25.03.93 № 364-р

г. Астрахань

О проведении ледовой авиаразведки по основному руслу р. Волги от г. Астрахани до с. Каменный Яр

На основании решения комиссии администрации области по чрезвычайным ситуациям от 18 марта 1993 г. поручаю :

1. Начальнику Астраханского авиапредприятия Пилюгину В.Г. выделить в распоряжение комиссии администрации области по чрезвычайным ситуациям самолет АН-2 для проведения ледовой авиаразведки по основному руслу р. Волги от г. Астрахани до с. Каменный Яр.

2. Финансовому управлению администрации области (Евлашев) произвести оплату Астраханскому авиапредприятию в размере 180 тыс. рублей из областного бюджета за счет средств, предусмотренных в бюджете на финансирование мероприятий по предотвращению паводка.

3. Членам комиссии администрации области по чрезвычайным ситуациям: начальнику Астраханского управления пароходства "Волго-танкер" Малинкину М.М., начальнику экспедиционной базы института водных проблем Российской академии наук Бухарицину П.И., председателю комитета экологии и природных ресурсов Астраханской области Чуйкову Ю.С., начальнику судоходной инспекции Волжского бассейна Капустину А.К. принять участие в авиаразведке, результаты доложить комиссии.

4. Контроль за исполнением настоящего распоряжения возложить на руководителя группы комиссии администрации области по чрезвычайным ситуациям - заместителя председателя комитета по оперативному руководству хозяйством области Багринцева В.В.

Глава администрации
области

А.П.Гужвин

Сектор КМР, зак. _____ тир., 12 экз., гк

Вейер А.Г.П.
Зайнов Г.М.

Полетный лист №

4

Г. Астрахань

"24" марта 1998г.

Авиационное подразделение

АТСК "Зонд-авиа"

Командир экипажа

Шракин И.В.

Состав экипажа

Бухаринский П.И.

Борисович И.И.

Тип и бортовой номер самолета

СЛ-290 Т-211 "Альбат" РРР ND1417

ВЫПОЛНИТЬ / указать количество полетов, №№ и краткое содержание упражнения согласно курса учебно-лётной подготовки, маршрут и расчетную продолжительность полета. /

$H_n = 300 \text{ м}$, $L_n = 4200 \text{ км}$, $V_n = 135 \text{ км/ч}$, $L_n = 400 \text{ км}$, $f = 1240 \text{ км/ч}$ 1к. Таблица

Спец. заны по ближней и средней обстановке на Волге и прилегающей территории интенсивности полетов, а также районирование районов Вейер-ханской обл по метеорологическим условиям наблюдения маршрута полета: Вейер-ханская - Инженерская - Западная - Саратовская - Ленинградская - Новосибирская - Западная - Инженерская - Сел. Зайновская - Вейер-ханская.

Подготовку экипажа проверил, полеты разрешаю

Шракин И.В.

М.М. Майоров.

В условиях погоды	Высота нижней границы облачности не ниже		Видимость ориентиров на местности		Скорость ветра у земли
	при взлете	при посадке	при взлете	при посадке	
Днем	400 м	450 м	10	10	10 м/сек.
Ночью	-	-	-	-	-

"24" марта 1998г.

НАЧАЛЬНИК А.Т.С.К. "ЗОНД-АВИА"

М.М. МАЙОРОВ.



Министерство обороны
Каспийской Флотилии

№ 17 января 2000 г.
№ 14

Первому заместителю главы
администрации Астраханской
области Володину Э.М.

141014, г. Астрахань,
ул. Бехтерева, 6
Войсковая часть 62780

**Отзыв на НИОКР «Климатические и гидрометеорологические
особенности дельтовых районов реки Волги и Северного Каспия,
методы их расчета и прогноза в интересах народного хозяйства
Астраханской области».**

В 1998/1999 годах творческим коллективом ученых под руководством доктора географических наук, профессора Бухарицина П.И. выполнен первый этап инициативной научно-исследовательской программы «Климатические и гидрометеорологические особенности дельтовых районов реки Волга и Северного Каспия, методы их расчета и прогноза в интересах народного хозяйства Астраханской области», победившей на конкурсе грантов Астраханской области в 1998 году.

В рамках этой комплексной программы была выполнена работа «Исследование льдов Северного Каспия по многолетним данным аэро-космических съемок», в процессе которой были обобщены и систематизированы материалы более 100 ледовых авиаразведок и 250 фотоснимков ледяного покрова полученных с помощью ИСЗ за предыдущие 12 лет.

В течение отчетного периода было выполнено два авиаобследования ледяного покрова Нижней Волги и Северного Каспия, аэровизуальная съемка заливаемости Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги, осуществлены комплексные исследования гидрологического и гидрохимического режимов.

Полученные на первом этапе исследований по проекту данные послужили основой для изучения причин возникновения заморных явлений в нижней части дельты Волги в рамках выполняемой в 1999 году, по заказу администрации Астраханской области, НИР «Гидрохимические условия, состояние загрязнения нижней части дельты Волги, рыбоходных каналов и ВКК в летний период 1999 года.»

Полученные научные выводы и рекомендации имеют важное практическое значение в решении различных водохозяйственных проблем Астраханской области, в том числе в интересах безопасности мореплавания кораблей и судов Каспийской флотилии в условиях тяжелой ледовой обстановки.

Промежуточный отчет по НИР снабжен приложениями и хорошо проиллюстрирован видеофильмом.

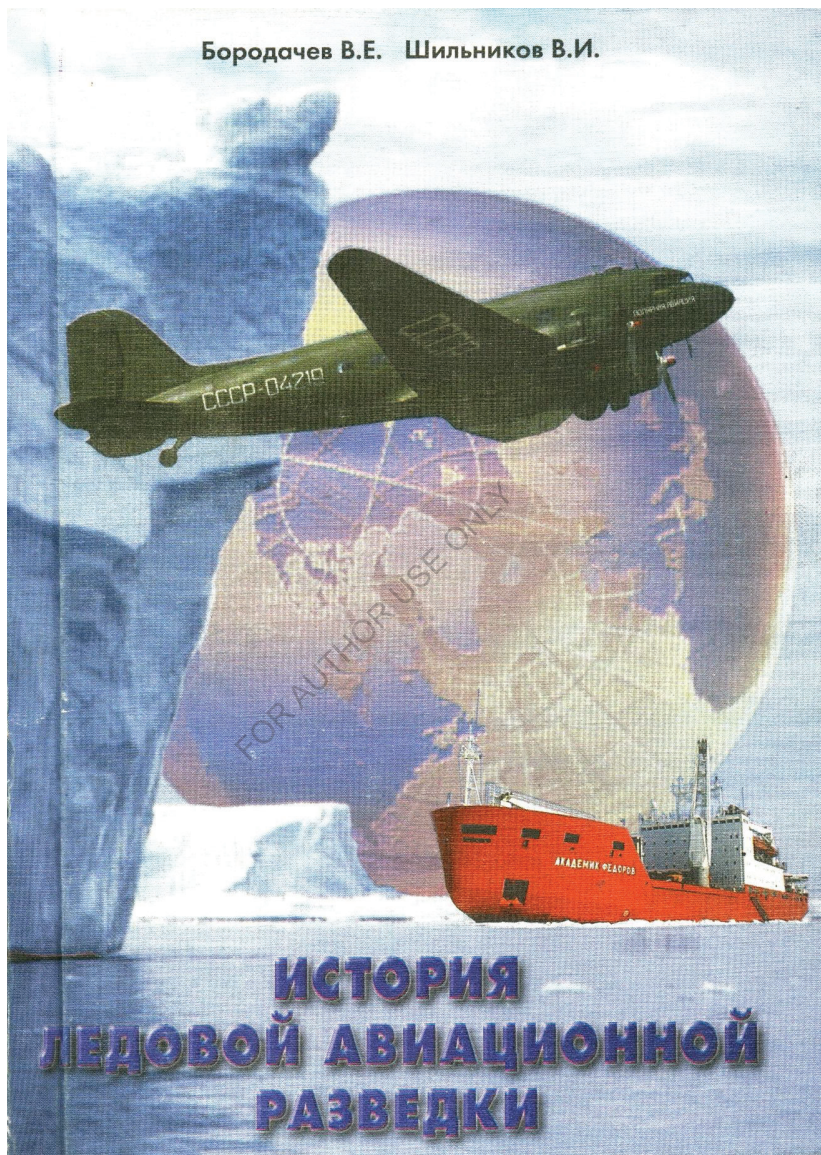
В связи с изложенным считаем, что выполненная часть НИР заслуживает одобрения и дальнейшего финансирования.

Каспийская флотилия выражает заинтересованность в продолжении исследований по научной программе «Климатические и гидрометеорологические особенности дельтовых районов реки Волги и Северного Каспия, методы их расчета и прогноза в интересах народного хозяйства Астраханской области» и считает целесообразным включить в состав творческого коллектива, по усмотрению его руководителя, своих специалистов.

Командующий Каспийской флотилии
вице-адмирал В.Мясорин

КНИГА ОБ ИСТОРИИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ, СТАНОВЛЕНИЯ, РАЗВИТИЯ
ЛЕДОВОЙ АВИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ НА ЛЕДОВИТЫХ МОРЯХ СССР

Бородачев В.Е. Шильников В.И.



В книге впервые описана история одной из уникальных профессий XX века — ледовой авиационной разведки, овеянной романтикой и трагизмом. Читатель узнает о зарождении разведки в далеком 1914 г., развитии авиационной техники, мужании поллярных летчиков и штурманов, авиамехаников и бортрадистов. Это рассказ о становлении научного метода ведения разведки льдов в Арктике, Антарктике и на всех морях Российской Федерации, когда в составы экипажей самолетов и вертолетов стали включаться специалисты-океанологи. Они развили предложенные летчиками и штурманами на заре ледовой разведки методы наблюдения и распознавания льдов, картирования и передачи информации. Это рассказ о путях внедрения в производство авианаблюдений аппаратуры и приборов дистанционного зондирования ледяного покрова от аэрофотосъемки до радиолокационных станций бокового обзора и многочастотных станций и лабораторий. Она включает также очерки по развитию ледовой разведки на акваториях замерзающих морей России. В книге раскрыт подвиг советских людей, проявленный в период бурного развития Севера, освоения Северного морского пути, трансарктических перелетов из Москвы в Америку, организации дрейфующих станций „Северный полюс“. В ней излагаются трагические события военного времени, катастрофы и трагедии в Арктике.

Книга основана на подлинных фактах, материалах и документах, иллюстрирована фотографиями и предназначена для широкого круга читателей.

Коллектив авторов:

Бухарицын П. И. — „Крылья над Каспием“; Иванов В. В., Налимов Ю. В. — „Разведка льдов в низовьях и устьевых областях сибирских рек“; Иванов Г. А., Якунин Л. П. — „Ледовая разведка на морях Дальнего Востока России“; Кессель С. А. — „Специальные ледовые авиаразведки в Высокоширотных воздушных экспедициях „Север““; Лошилов В. С. — разделы по внедрению радиолокационных станций РЛСТО „Игла“, „Торос“, „Нить“; Парамонов А. И. — раздел о внедрении ИК радиометров; Ратуш Н. Я. — „Ледовая разведка на Белом и Печорском морях“; Широков К. П. — „Авиационные наблюдения за льдом на Балтийском море“; Шильников В. И. — „Авиаразведка в Антарктике“.

Рецензенты:

д-р геогр. наук *Е. Г. Ковалев*;
канд. геогр. наук *В. Н. Воробьев*.

В. Е. Бородачев, В. И. Шильников

ИСТОРИЯ ЛЕДОВОЙ АВИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ

ЛР № 020228 от 10.11.96 г.

Подписано в печать 21.02.2002 г. Формат 62×94 1/16. Печать офсетная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 27,625 + 1,2 илл. Тираж 500 экз.

Гидрометеониздат, Санкт-Петербург, 199397, В. О., ул. Беринга, д. 38.

Ротапринт ААНИИ.

ISBN 5—286—01448—8

© В. Е. Бородачев,
В. И. Шильников, 2002 г.
© ААНИИ, 2002 г.

Исследования каспийских льдов

Каспийское море относится к морям с сезонными (зимними) ледовыми явлениями и отличается большой пространственно-временной неоднородностью развития этих процессов. Разнообразие ледовых условий обусловлено меридиональной протяженностью моря, большим диапазоном глубин и соленостью воды, а также климатическими особенностями разных частей моря. Только в Северном Каспии имеются благоприятные условия для формирования устойчивого ледяного покрова в зимний период (ноябрь-март). В остальных частях моря ледяной пид образуется только в суровые зимы в мелководных заливах, бухтах и нардаха узкой полосой на прибрежном мелководии. Повышение уровня Каспийского моря в конце XX века более чем на два метра привело к существенному изменению хода многих природных процессов в мелководной северной части моря. Снизилось повышение уровня и на ледовом режиме. В последующие годы началось, и по настоящее время продолжается, острейшее понижение уровня Каспия, что вновь привело к значительным изменениям в ходе ледовых процессов. Итсроко к ледовым исследованиям возрос в последние годы в связи с осуществлением мероприятий по обеспечению поисковых работ и добычей углеводородного сырья на шельфе Северного Каспия.

Исследования каспийских льдов



Петр Бухарицин

Исследования каспийских льдов

Ледовый режим Каспия, процессы льдообразования характеристики ледяного покрова методы расчета и прогноза ледовых явлений



Бухарицин Петр Иванович: 1948 г.р., океанолог, д.г.н., профессор, академик РАЕ и МАНЭБ. В.н.с. ИБП РАН, руководитель Астраханской группы по исследованию экологических проблем дельты Волги; профессор Астраханского ГТУ; г.н.с. Каспийского филиала Института океанологии РАН. Автор свыше 450 научных работ, 25 патентов в области охраны природы Каспия.



978-620-2-38272-4

Бухарицин

palmarium
academic publishing

The Caspian sea pertains to partly freezing epidemic deaths, in shallow north part annually appears ice for 2-5 months. The Factors, influencing upon shaping the icy cover, the temperature of the air, depth epidemic deaths, wind and currents. The Essential influence upon nature of the ice processes renders the coast line and relief of the bottom. The Joint influence these factor creates the condition for driftage and formation hummock. The ice cover obstructs functioning (working) the water transport, work port, rotted and others in connection with development in PriKaspiy region at the last years as old traditional, so and new sea branches public facilities, requirements to volume and quality to information on condition and expected change the icy cover on North Kaspi constantly increase. Special urgency this questions have gained in connection with transition leading oil companies from search-exploratory work to industrial mining hydrocarbon cheese in areas of water North Kaspiian.



Peter Bukharitsyn

Studies caspian ice



Peter Bukharitsyn, was born in 1948. PhD of Geography, Professor, Academician of MANEB and RAE. Other specialties: diver- researcher, specialist in underwater photography and filming; specialist in marine hydrological and ice condition forecasting; flight monitorer, ice condition surveyor. Has published around 500 research works, 25 patents.



978-613-9-47332-8

LAP LAMBERT
Academic Publishing

АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Бухарицин П.И.

ГИС и мониторинг водных объектов

Учебно-методическое пособие

в 2-х частях

*Рекомендовано УМО по образованию
в области природобустройства и водопользования
в качестве учебно-методического пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки (специальностям)
280300, 280400*

АСТРАХАНЬ
ИЗДАТЕЛЬСТВО АГТУ
2012

Б 94 Бухарицин, П.И. ГИС и мониторинг водных объектов : учеб.-метод. пособие : в 2 ч. / П. И. Бухарицин ; Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2012. – Ч. I-II. – 324 с.

ISBN 978-5-89154-405-5

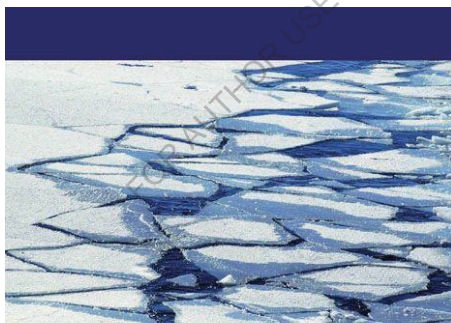
Предназначено для студентов и слушателей биологического V курса АГТУ всех форм обучения, а также для преподавателей высших и средних специальных учебных заведений г. Астрахани соответствующего профиля. Составит из 2-х частей.

В I-й части даны основные термины и понятия, приведены систематизированные сведения, используемые при разработке ГИС, и рассмотрены примеры использования геоинформационных систем при оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС), вопросы технического обеспечения водных мониторинговых исследований, направленных на лицензированный и систематизированный сбор данных о состоянии водных объектов. Во II-й части приводится пример конкретного использования современных ГИС-технологий в целях обеспечения различных отраслей народного хозяйства оперативной гидрометеорологической информацией и прогнозом.

ББК [26.8:32.81] + 26.22.473
УДК [91.004.3] + 504.4 (075.8)

ISBN 978-5-89154-405-5

© Бухарицин П.И., 2012
© ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», 2012



Леонид Непоменко
Наталья Попова

Ледовые условия на лицензионном участке «Северо-Каспийская площадь»

Обобщенные материалы исследований
ледяного покрова Северо-Каспийской
площади в 2001-2013 гг.

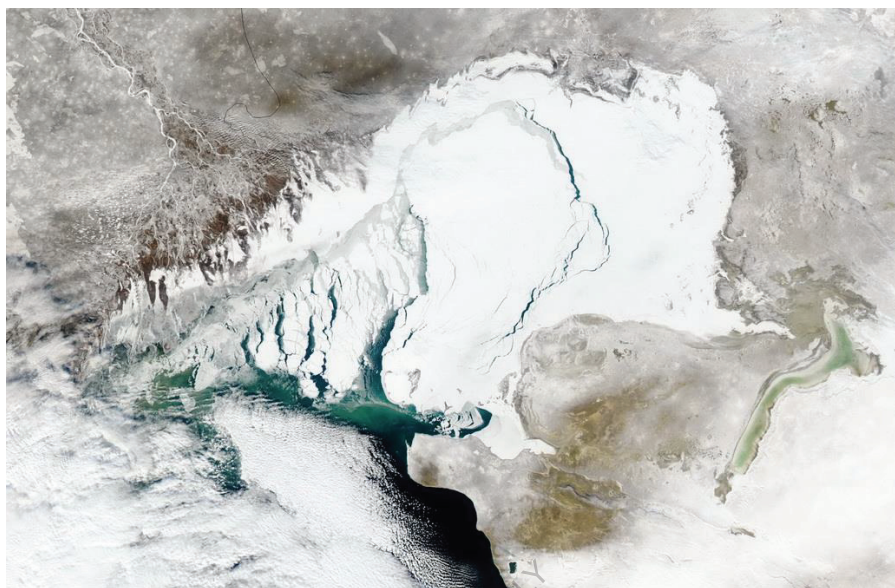
LAP LAMBERT
Academic Publishing

ozon.ru

ФОТОГРАФИИ



Памятная плита на 17-й пристани г. Астрахани.



Северный Каспий зимой, снимок ИСЗ.



Вот такие они, каспийские льды!



30-е годы. Погрузка тюленьих шкур, добытых во льдах Северного Каспия, на тяжелый двухмоторный грузовой самолет Г-1.



30-е годы. Самолет Ш-2 над плавучими льдами Северного Каспия. Внизу, в левой части снимка, видна рыбацкая реюшка под косым парусом.



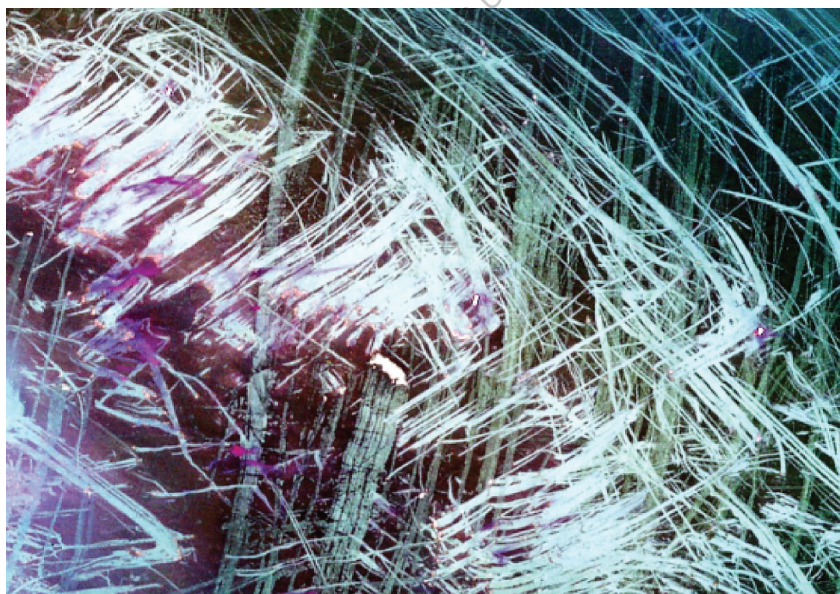
Перед полетом на ледовую разведку по Нижней Волге на Альфе 1998 г. (на фото автор.).



Февраль 1979 г., ледокол «Капитан Крутов» на Волге, во время экспериментального рейса по маршруту Астрахань - Волгоград.



Февраль 1978 г., Северный Каспий. Ледовая авиаразведка на самолете полярной авиации Ил-14 (на переднем плане бортнаблюдатель – автор).



Эфемерные острова (в левой части снимка), образовавшийся из донного грунта, в результате выпahiвающего воздействия льда. Район архипелага Тюленьих островов. Фрагмент космического снимка 2016 г. (tyuleny_oli_2016097_lrg_a).



Сплошная (5 баллов) торосистость.



Северный Каспий. Навалы льда вокруг островка в районе архипелага Тюленьих островов.



Ледяная готика.



Топографическая съемка стамухи. Ее максимальная высота над уровнем моря 8 м.



Большие образцы льда вырезаем с помощью бензопилы.



Подготовка морского батометра Нансена к спуску под лед.



Стамуха в морской части ВКМСК.



Морская часть ВКМСК. Буй зимней навигационной обстановки «сигара» легко прорезает дрейфующее поле тонкого ниласового льда.



Съёмка морфометрических характеристик торосов на Северном Каспии.



Ну кто же поверит, что это на Каспии, а не в Арктике.



Борозды выпаживания на дне Каспийского моря, к востоку от арх. Тюлений, космический снимок Landsat 8 размером 10х16 км (Earth observatory).



Караван судов в ВКМСК.



Полет на вертолете по учету тюленей с ВНИРО 16 февраля 2001 г.



Нежданная встреча.



Ледокол «Капитан Букаев» осуществляет проводку судов по ВКМСК.



Каспийские тюлени во льдах Северного Каспия.



Казахское морское месторождение Кашаган. Защитные заграждения вокруг буровой платформы предназначены для её защиты от дрейфующих льдов.



Кашаган. Казахская буровая в казахском секторе Северного Каспия.



Ледостойкая буровая платформа российской компании «Лукойл» в западной части Северного Каспия.



Ледовые исследования на льду Северного Каспия.



Восточная часть Северного Каспия. Высадка на лед ледовой группы в районе останков затопленного судна.



Проконсультироваться у синоприка перед ледовой авиаразведкой – это святое.



Кольцевая стамуха, образовавшаяся вокруг останков затонувшего на мелководье судна.



Начальная стадия образования кольцевой стамухи.



Барьер торосов.



Наконечник термобура в работе.



Высверливание керна льда шнековым буром.



Линейная стамуха.



Измерение максимальной высоты стамухи с помощью вертолетного высотомера.



Вырезание образца для испытаний на прочность.



Работа на профиле с термобуром.



Подводная съемка наслоенных льдов с помощью видеокамеры.



Эфемерный островок образовался в процессе взаимодействия дрейфующего льда с дном. Северный Каспий, севернее о. Кулалы.



Стамуха, образовалась в ложе ВКМСК, и перегородила судовой ход,



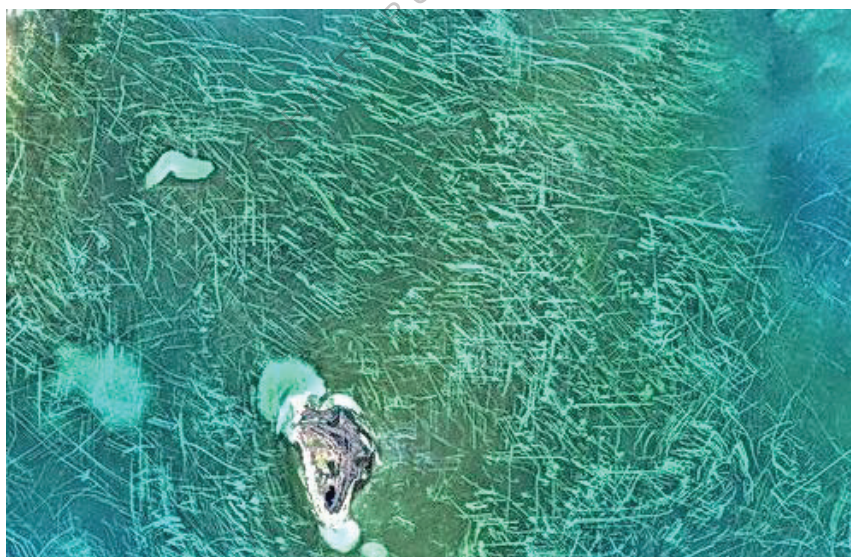
Мощная стамуха, образовавшаяся по борту сидящего на грунте старого судна.



Искусственный взлом льда в ВКМСК. Март 1980г.



Караван судов в ВКМСК.



Борозды выпаживания. Район о. Кулалы, архипелаг Тюленьих островов, 2016г.
Снимок ИСЗ.



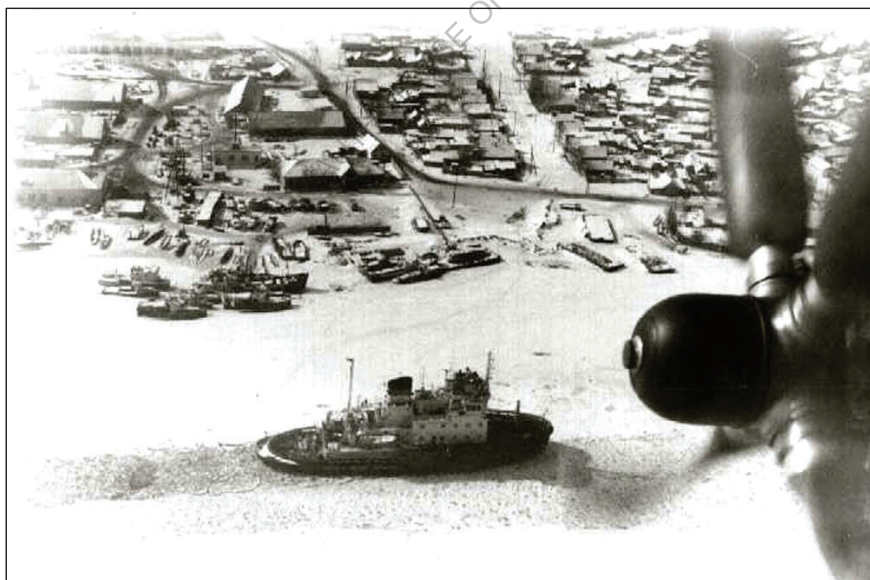
70-е годы. Тюленебойное судно во льдах Северного Каспия.



Зона сплошной (пятибальной) торосистости.



Обмер параметров льдин, слагающих торос.



Февраль 1981г. Первый на Каспийском море современный морской ледокол «Капитан М. Измайлов» взламывает фарватер на Астраханском речном рейде.



Северный Каспий. Гидрометнаблюдения с борта ледокола.



Образец каспийского льда, вырезанного из льдины.



Запись результатов измерений в полевой журнал во время перелета на следующую точку.



Одиночная стамуха среди чистой воды.



Работа с грунтоотборной трубкой ГОИНа.



Тюлениха у проделанной ей во льду лунки.



Тюлениха со своим детенышем (бельком).



Комплекс гидрометеорологических измерений и отбор проб на точке.



Отбор подледной пробы воды.



Северный Каспий, район Средней Кулалинской Банки. Гигантская одиночная стамуха на пике своего развития. Фото с самолета Ил-14. Март 1978г.



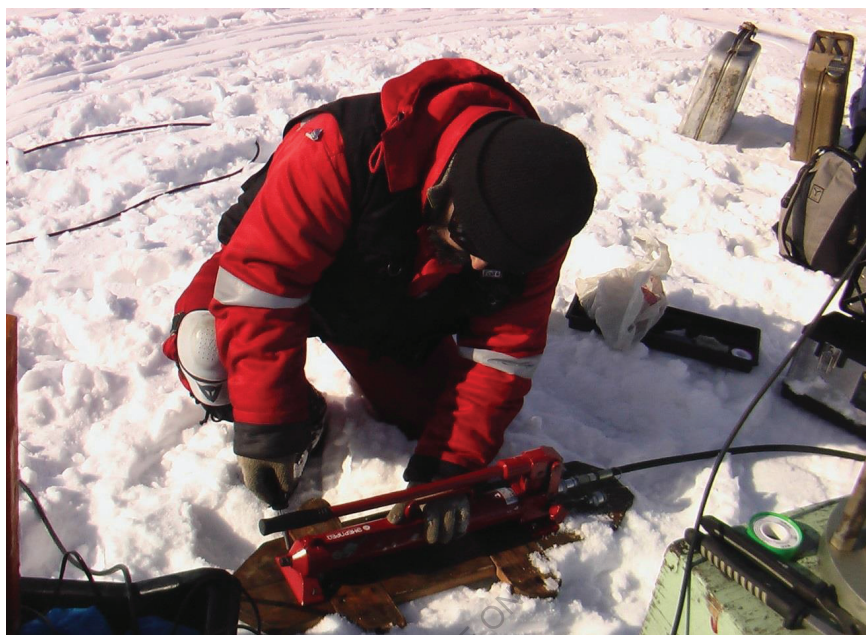
Сухогруз «Баку» (водоизмещение 7 тыс.т.) выжат дрейфующими льдами за бровку ВКМСК на мелководье, на расстояние 10 км.



Измерение внутренней температуры образца льда электронным термометром.



Игла термобура со шлангом с легкостью входит в лед, как «нож в масло».



Измерение прочностных характеристик ледяного поля с помощью гидравлического динамометра.



80-е годы. Очередной выпускник курсов ледовых разведчиков ААНИИ. В первом ряду – преподаватели (за исключением дамы). Автор - крайний слева во втором ряду.



Измерение подледных течений на Северном Каспии со льда, с помощью морских буквопечатающих вертушек БПВ-2.



Мониторинг изменений толщины пресноводного льда в устье р. Урал
(на фото Бухарицин А.П.).



Метеорологические наблюдения на ледоколе «Капитан Букаев» во время проводки каравана судов по ВКМСК.



Высверленный с помощью кольцевого ледового бура керн льда.



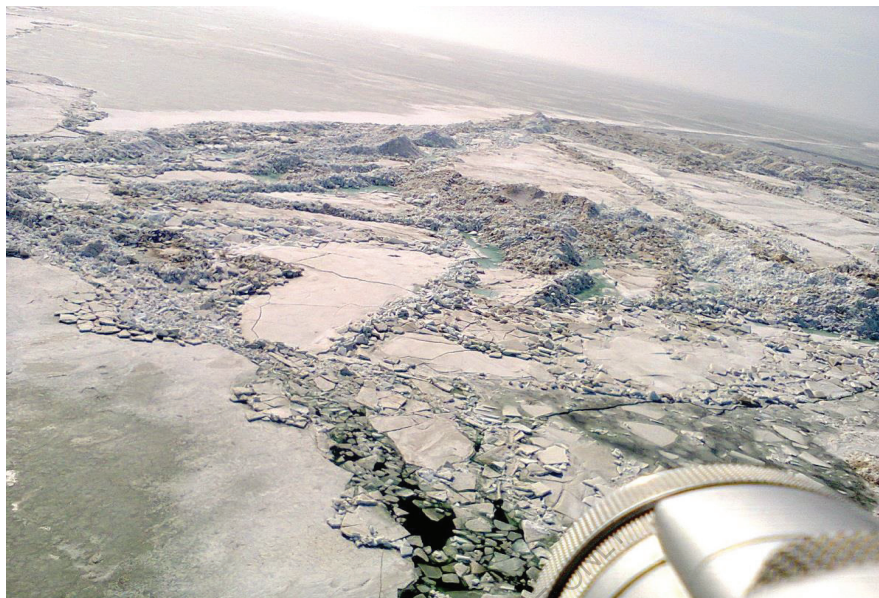
Первым делом необходимо убедиться в безопасности и замерить толщину льда!



Иногда приходилось выезжать на лед и на мотоциклах.



В таких случаях один из нас выполнял роль штурмана.



Гигантская стамуха.



Классическая кольцевая стамуха.



Отбор пробы воды из полыньи батометром Нансена.



Поверхность кажется почти ровной, но внизу лед набит до дна.



В таких точках отобрать пробу воды удастся из полыньи...



или между слоями.



Шторм идет, пора сматываться.



Зимний шторм на Каспии, это круто! Запуржило, замело. Найдет ли нас вертолет...



Еще немного, и сами мы превратимся в ледышки.



Вертолетчики свое дело знают.



Топографическая съемка стамухи.



На устьевом взморье Волги встречаются и такие стамухи.



Наш автограф на льдине.



Сигнал для вертолета.



Работа закончена.



Летим домой. В тесноте, да не в обиде!

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

**More
Books!**

yes
I want morebooks!

Buy your books fast and straightforward online - at one of world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at
www.morebooks.shop

Покупайте Ваши книги быстро и без посредников он-лайн – в одном из самых быстрорастущих книжных он-лайн магазинов! окружающей среде благодаря технологии Печати-на-Заказ.

Покупайте Ваши книги на
www.morebooks.shop

KS OmniScriptum Publishing
Brivibas gatve 197
LV-1039 Riga, Latvia
Telefax: +371 686 204 55

info@omniscryptum.com
www.omniscryptum.com

OMNIScriptum



FOR AUTHOR USE ONLY