

Гидрометеорология и экология. 2026. № 84. С. 425—437.

Hydrometeorology and Ecology. 2026;(84):425—437.

ОКЕАНОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.247.1:551.462.32(262.81)

doi: 10.33933/2713-3001-2026-84-425-437

Проявление солянокупольной тектоники в мелководной северной части Каспийского моря

Пётр Иванович Бухарицин¹, Илья Владимирович Головачев²

¹ Институт водных проблем РАН, Астрахань, Россия, astrgo@mail.ru

² Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, bask_speleo@mail.ru

Аннотация. В данной работе дается описание раздробленной каменной породы, мергеля гипсового, представляющего смесь глин с известняком с добавлением гипса, впервые обнаруженного осенью 2025 г. в Северном Каспии в районе острова Чистая Банка. Мергель формировался в течение миллионов лет, он легко трансформируется в результате геологических, климатических и эрозионных процессов. Высказано предположение о размыве гипсово-мергельных отложений (кепроков) на сводах соляных куполов Северо-Каспийского мелководья, которое нуждается в проверке бурением со льда либо геофизическими методами.

Ключевые слова: Северный Каспий, горная порода, мергель, соляные купола, эрозионные процессы.

Для цитирования: Бухарицин П. И., Головачев И. В. Проявление солянокупольной тектоники в мелководной северной части Каспийского моря // Гидрометеорология и экология. 2026. № 84. С. 425—437. doi: 10.33933/2713-3001-2026-84-425-437.

OCEANOLOGY

Original article

The manifestation of salt dome tectonics in the shallow northern part of the Caspian Sea

Pyotr I. Bukharitsin¹, Ilya V. Golovachev²

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

² Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev, Astrakhan, Russia; bask_speleo@mail.ru

Summary. In the autumn of 2025, near the island of Chistaya Banka (the Russian sector of the Northern Caspian Sea, coordinates: N: 45.20396; E: 048.13528), Astrakhan fishermen came across a strange sandbar, which consisted not of the usual mixture of sand, silt, and broken mollusk shells, but of crushed stone, as

it turned out later, marl. They marked the coordinates of the location, took photos and videos of their discovery, and submitted a sample of the stone to the Astrakhan Regional Branch of the Russian Geographical Society. The first inspection of the sample confirmed the initial assumption that it was marl (a sedimentary rock that is intermediate between clay and limestone). Marl has been formed over millions of years from the particles of clay, limestone, sand, and mineral carbonate residues. However, this rock is not durable and can be easily transformed by geological, climatic, and erosive processes. The unexpected discovery aroused interest, as none of the previously published printed sources (scientific articles, maps, and diagrams of the bottom sediments in the shallow northern part of the Caspian Sea) mentioned the occurrence of sedimentary rocks at the surface. The bottom of the central parts of the area is subject to wave action, which is the main relief-forming factor here, and which is mainly responsible for the distribution of sedimentary material over the bottom. Sea ice can also have a direct mechanical, thermal, and physical-chemical effect on the bottom and coast. Among these effects, the most dangerous is exaration, which is the destructive mechanical effect of ice on the ground, caused by the dynamics of the ice cover, ice crevasses, and ice floes, which are influenced by hydrometeorological factors and the topography of the coastal zone. The presence of salt domes in the Northern Caspian Sea has an impact not only on ice formation processes. It also manifests itself in the hydrological and hydrobiological characteristics of the waters in these areas of the sea, which is of both scientific and practical interest. Unfortunately, these areas of the sea are difficult to access for expeditionary research, both from the sea and from the shore, so it is too early to draw definitive conclusions.

Keywords: Northern Caspian Sea, upper (above-salt) complex, rock, marl, salt domes, and erosion processes.

For citation: Bukharitsin P. I., Golovachev I. V. The manifestation of salt dome tectonics in the shallow northern part of the Caspian Sea. *Gidrometeorologiya i Ekologiya = Journal of Hydrometeorology and Ecology*. 2026;(84):(425—437). doi: 10.33933/2713-3001-2026-84-425-437. (In Russ.).

Введение

Осенью 2025 г. в районе острова Чистая Банка (Российский сектор Северного Каспия, координаты: N: 45.20396; E: 048.13528) астраханские рыбаки наткнулись

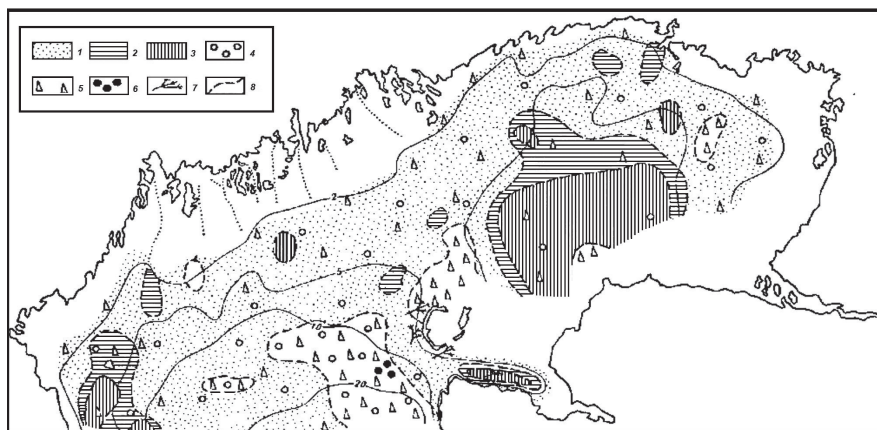


Рис. 1. Донные отложения Северного Каспия в 1973 г. [2]:

1 — пылеватый песок; 2 — илистый песок; 3 — песчаный ил; 4 — целая ракуша; 5 — битая ракуша; 6 — оолитовый песок; 7 — водоросли; 8 — границы ареалов распространения донных осадков.

Fig. 1. Bottom sediments of the Northern Caspian Sea in 1973 [2]:

1 — powdery sand; 2 — silty sand; 3 — sandy silt; 4 — whole shell; 5 — broken shell; 6 — oolitic sand; 7 — algae; 8 — boundaries of the distribution areas of bottom sediments.

на странную отмель, состоящую не из привычной для этих мест смеси песка, ила, и битых раковин моллюсков, а из раздробленной каменной породы, как впоследствии выяснилось — мергеля. Неожиданная находка вызвала интерес, поскольку ни в одном из ранее опубликованных печатных источников (научных статьях, картах и схемах донных отложений мелководной северной части Каспийского моря) нет упоминаний о выходе скальных осадочных горных пород к поверхности (рис. 1—3), [1—3].

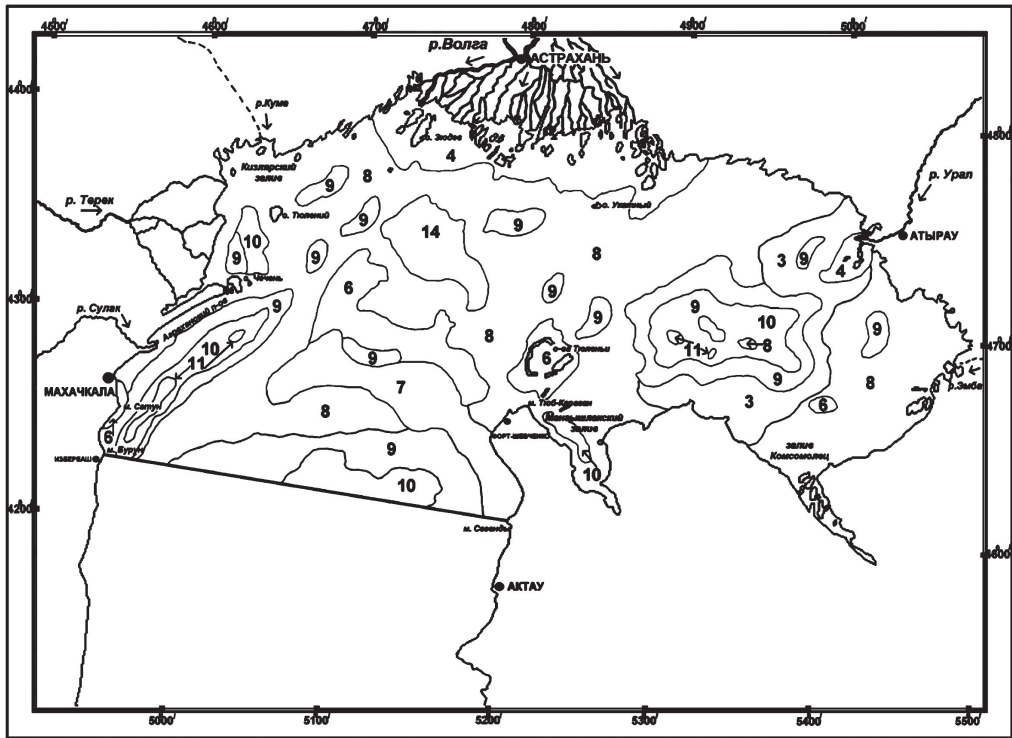


Рис. 2. Схема донных отложений Каспийского моря по материалам геологических и групповых съемок;

данные И. А. Алексинной, Н. М. Арутюновой, М. В., Кленовой, Л. С. Кулаковой, и др.; данные производственных отчётов 1971 — 1991 гг., сводки Б. Ю. Рожецкого, 1998 — 2001 гг. и др. [2].

Типы донных отложений: 3 — крупные алевриты;

4 — песчано-глинистые и галечно-песчано-глинистые отложения наземных и подводных дельт;

6 — гравийно-галечные; 7 — песчано-гравийные; 8 — песчаные; 9 — алеврито-песчаные;

10 — песчано-алевритовые; 11 — глинисто-алевритовые и алеврито-глинистые илы.

Fig. 2. Diagram of bottom sediments of the Caspian Sea based on geological and group surveys;

data from I. A. Alexina, N. M. Arutyunova, M. V. Klenova, L. S. Kulakova, and others; data from production reports of 1971—1991, summaries by B. Y. Rozhetsky, 1998—2001, and others [2].

Types of bottom sediments: 3 — large siltstones; 4 — sandy-clay and pebble-sandy-clay deposits of terrestrial and underwater deltas; 6 — gravel-pebbles; 7 — sandy-gravel; 8 — sandy;

9 — siltstone; 10 — sandy-siltstone; 11 — clay-siltstone and siltstone-clay silts.

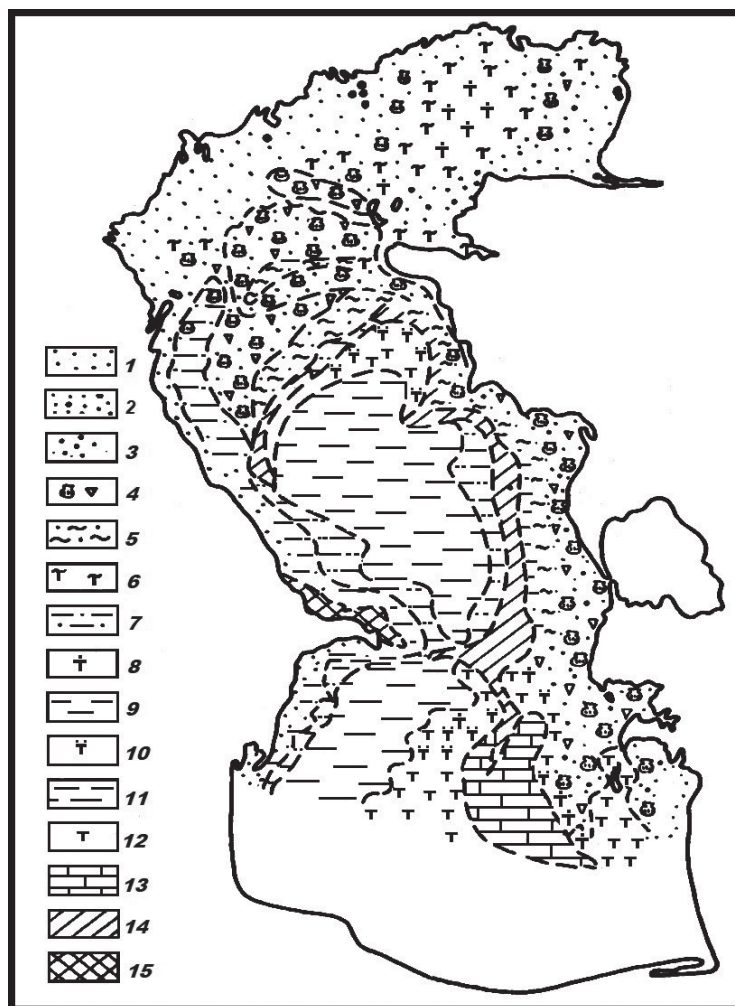


Рис. 3. Литологические типы новокаспийских отложений [3].

Песок: 1 — терригенный, 2 — терригенно-оолитовый, 3 — оолитовый; 4 — ракуша целая и битая; крупный алеврит: 5 — слабоизвестковый, 6 — известковый; ил: 7 — мелкоалевритовый слабоизвестковый, 8 — мелкоалевритовый известковый, 9 — алевритово-глинистый слабоизвестковый, 10 — алевритово-глинистый известковый, 11 — глинистый слабоизвестковый, 12 — глинистый известковый, 13 — известковый; зона нулевого осадконакопления; 14 — зона нулевого осадконакопления; 15 — выходы дочетвертичных пород.

Fig. 3. Lithological types of the New Caspian deposits [3].

Sand: 1 — terrigenous, 2 — terrigenous-oolitic, 3 — oolitic; 4 — shell whole and broken; coarse siltstone: 5 — slightly calcareous, 6 — calcareous; silt: 7 — finely aleuvitic slightly calcareous, 8 — finely aleuvitic calcareous, 9 — siltstone-clay slightly calcareous, 10 — siltstone-clay calcareous, 11 — slightly calcareous clay, 12 — calcareous clay, 13 — calcareous; zero sedimentation zone; 14 — zero sedimentation zone; 15 — outcrops of pre-quaternary rocks.

Цель данной публикации — привлечь внимание учёных к современным процессам солянокупольного тектогенеза на акватории Северного Каспия, поскольку до настоящего времени о выходе коренных пород в мелководной северной части Каспийского моря ничего не известно.

Методика исследования

Обнаруженная горная порода, несвойственная для Северного Каспия, представляет собой светлоокрашенную, плотную, плитообразную, уплощённую, скальную породу. В целях дальнейшего исследования был взят образец данной породы. На поверхности отобранного образца имеется тонкая неравномерная рыхлая плёнка карбонатов светло-жёлтого цвета (рис. 4, 5). Глубина моря в районе обнаруженной отмели на момент её обследования, при практически штилевой погоде, составляла не более 0,5—1,0 м.

На свежем сколе порода имеет серый цвет. Она неоднородна по цвету и на поверхности скола хорошо просматриваются тёмно-серые промазки и редкие белые включения. Структура породы микрозернистая (размер кристалликов менее 0,01 мм). Текстура массивная, однородная. Твёрдость по шкале Мооса 3,0—3,5. Удельный вес данной породы 1,76 г/см³. Органических остатков в породе не обнаружено. Генезис хемогенный. Образец очень хорошо впитывает воду. При намокании его вес увеличивается почти на треть (28,8 %). Хрупкий. При нанесении капли 10 % HCl на поверхность образца он бурно реагирует со вскипанием и шипением. Это указывает на то, что порода имеет осадочное происхождение и относится к карбонатным породам. После воздействия 10 % HCl на поверхности породы образуется светлое пятно.

От породы был отколот фрагмент, который подвергся растворению в концентрированной соляной кислоте, в целях получения нерастворимого осадка.

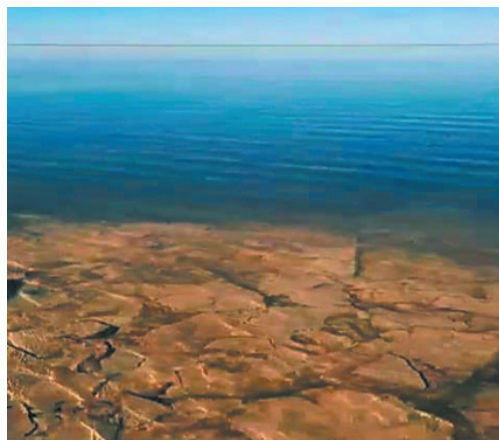


Рис. 4. Обнаруженная на Северном Каспии отмель, состоящая из осадочной скальной горной породы (фото М. И. Токарева).

Fig. 4. A shoal discovered in the Northern Caspian Sea, consisting of sedimentary rock (photo by M. I. Tokarev).



Рис. 5. Образец обнаруженной скальной породы мергеля (фото И. В. Головачева).

Fig. 5. A sample of the discovered marl rock (photo by I. V. Golovachev).

По окончании реакции нерастворимый осадок был отделён, промыт и просушен. Он в сухом виде представляет собой белый порошок, количество которого составило более 50 % от первоначальной породы. В порошке также встречаются редкие мелкие кварцевые песчинки и комочки глины. Порошок тонкодисперсный, без вкуса. Вероятнее всего, это гипс $\text{Ca}[\text{SO}_4] \times 2\text{H}_2\text{O}$. Данное предположение можно сделать также на основании наличия мелких (до 1—2 мм³) белых кристаллических гипсовых включений с весьма совершенной спайностью, видимых на сколотой поверхности образца. Они легко царапаются ногтем и не имеют вкуса, поэтому можно сделать вывод, что данная осадочная порода является гипсовым мергелем, в состав которого входят кальцит, гипс, и менее 1 % глина и кварцевый песок. Все части породы составляют равномерную гомогенную смесь. Мергель гипсовый содержит в себе гипс как в рассеянном виде, так и в виде включений. В отличие от обычного мергеля, где преобладает известняк и глина, здесь гипс выступает как важный породообразующий компонент.

Обычно мергель не крепкий, а мелоподобный, рыхлый. Однако с глубиной, на стадии раннего катагенеза, или протогенеза, он уплотняется, карбонаты в нём перекристаллизуются, и мергель становится крепким. Исследуемый образец камнеподобный и плотный. Он вынесен на дневную поверхность в результате процессов солянокупольного тектогенеза, причем возраст его определить довольно сложно.

Результаты исследований

Прикаспийская впадина расположена на юго-восточной окраине Восточно-Европейской платформы. На востоке она ограничена складчатыми сооружениями Урала и Мугоджар. Южно-Эмбинским разломом впадина отделена на юго-востоке от Туранской молодой платформы. На юго-западе граница простирается под Донбасско-Астраханской покровно-надвиговой зоной. В пределах последней верхнепалеозойские складчатые толщи кряжа Карпинского на 35—80 км надвинуты на палеозойские отложения Прикаспийской впадины. Общая мощность осадочного чехла в центральной части впадины до 20—25 км, в прибортовых зонах 7—9 км, и содержит три комплекса: подсолевой, солевой и надсолевой.

Нижний (подсолевой) комплекс — рифейские образования и палеозойские отложения, которые с резким угловым несогласием перекрывают породы фундамента. Плотность пород от 2,45 до 2,75 г/см³. Нижняя часть — терригенные и терригенно-карбонатные породы, карбонаты, средняя часть — карбонатные и терригенные осадки нижнего и среднего карбона. Верхняя — сероцветная моласса докунгурской перми. Мощность от 17 до 5 (север и восток) 10 км.

Солевой кунгурский комплекс — каменные соли с невыдержанными прослоями и линзами терригенных и карбонатных пород. Максимальная мощность 2—4 км. Процессами галогенеза в пределах Прикаспийской впадины сформировано около 1200 соляных структур: диапиров, соляных гряд, соляных подушек (рис. 6) [4]. Надсолевой литологический комплекс сложен в основном терригенными песчано-глинистыми отложениями с подчиненным присутствием карбонатных пород в верхней юре и верхнем мелу и достаточно хорошо изучен.

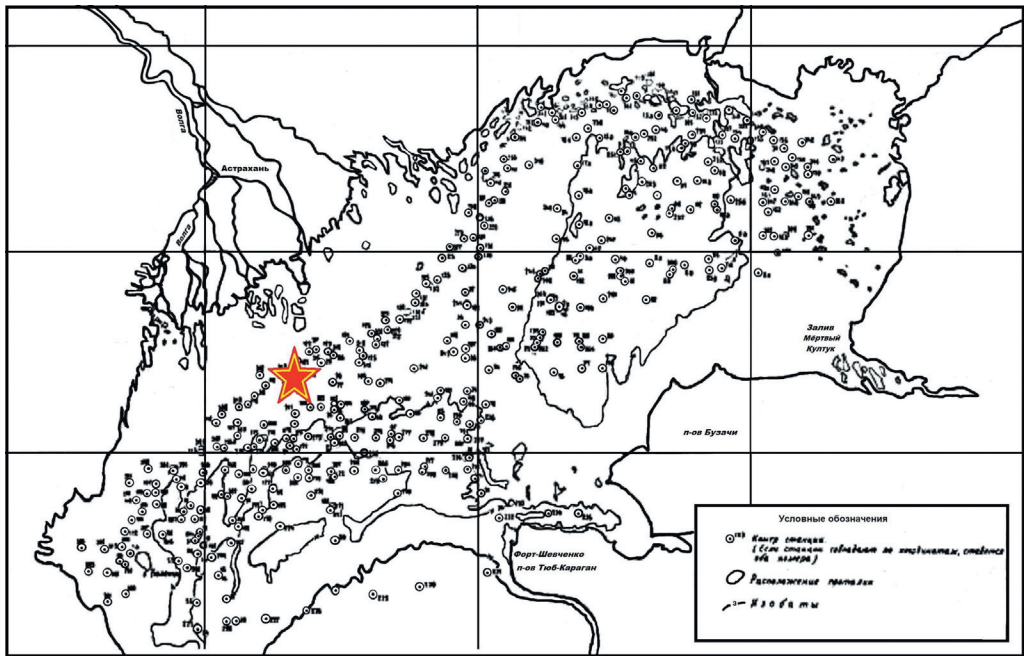


Рис. 6. Схема соляных куполов Северного Каспия
(по С. А. Брусиловскому, 1978 г.) [4, 10].

Звездой обозначено место обнаружения отмели.

Fig. 6. Scheme of salt domes of the Northern Caspian Sea
(according to S. A. Brusilovsky, 1978) [4, 10].

The star indicates the location of the shoal.

Верхний (надсолевой) комплекс — осадочные образования от верхней перми до четвертичных отложений сложен континентальными грубообломочными терригенными, мергелями, песчаниками, алевролитами. Распространены локальные структуры (региональные прогибы и приподнятые зоны), которые контролируются соляной тектоникой. Плотность пород от $2,04 \text{ г/см}^3$ на поверхности до $2,54 \text{ г/см}^3$ на глубинах 4,5—5,0 км. Мощность от 2—4 км (обрамление впадины) до 5—6 км (центральная часть).

За последние 150 лет северный регион Каспийского моря подвергается разнообразным антропогенным воздействиям, глобальным и региональным климатическим изменениям, которые не могли не оказывать влияния на состояние его экосистемы. Однако изменчивость подводных комплексов при антропогенных нагрузках и внешних воздействиях в количественном отношении исследованы недостаточно. Для выявления степени влияния антропогенных факторов на экосистему Каспия, в работе [5] представлены результаты взаимосвязи изменений уровня Каспийского моря с рядом климатических, гидрологических, гидрохимических и биологических показателей природной среды.

Заметную роль играют четвертичные и современные движения эпейрогенического характера (плавные поднятия и опускания крупных участков земной коры), стимулируют абразию или размыв течениями поднимающихся участков, аккумуляцию в прогибах или на поднятиях [6]. Вследствие действия указанных факторов на фоне выровненного в целом рельефа возникли многочисленные аккумулятивные формы рельефа — острова и банки.

Донные отложения северной части моря (рис. 1—3) представлены в основном отложениями новокаспийского яруса голоцена [7]. По периферии они образованы песками, ракушей и ракушечным детритом. В ложбинах и бороздинах накапливаются алевроиты, глинистые и известняковые алевроиты. На относительно пологих склонах и в котловинах преобладают глинистые, известковые и карбонатные илы [2].

Материал, участвующий в строении островов и банок, поставляется, главным образом, реками, впадающими в Северный Каспий, Волга и Урал. Некоторое количество осадков — это результат биогенного осадконакопления. Изучение северокаспийских островов (Тюлений, Чистая Банка, Малый Жемчужный и Чечень) показало, что они представляют собой несколько слившихся между собой песчано-ракушечных баров, часто серповидной формы. Другие банки, характерные для северокаспийского мелководья — те же бары, но на разной стадии их развития.

Донные отложения в пределах банок Безымянной, Кулалинской, Большой Жемчужной представлены песками мелкой, средней и крупной зернистости. Области, обрамляющие банки, покрыты сравнительно крупнозернистыми отложениями (оолитовыми и ракушечно-детритовыми), встречаются поля чистой ракушки [7, 8]. Дно центральных частей района подвержено волнению, которое является здесь главным рельефообразующим фактором, благодаря которому в основном осуществляется распределение по дну осадочного материала [9].

Морские льды также способны оказывать прямое механическое, термическое и физико-химическое воздействие на дно и берега. Среди них наиболее опасна экзарация — деструктивное механическое воздействие льдов на грунт, связанное с динамикой ледяного покрова, торошением и стамухообразованием под влиянием гидрометеорологических факторов и рельефа береговой зоны (рис. 7).

Существенно влияют на процессы торошения также мелководность, извилистость береговой линии и сложный рельеф дна с большим количеством подводных банок и кос. При прочих равных термических условиях ледообразования важный фактор, определяющий интенсивность ледово-экзарационного процесса, это текущее положение уровня моря. Современное весьма неравномерное распределение глубин на Северном Каспии — результат развития рельефа в голоцене. В нем запечатлелись периоды многочисленных трансгрессий, регрессий и стабилизаций положения уровня Каспийского моря. Очевидно, что в случае продолжительной трансгрессии (на 2 м и более) зона наиболее интенсивного ледово-экзарационного воздействия, соответствующая, по нашему мнению, интервалу глубины от 4 до 6 м, сместится на современные более мелководные участки и, напротив, в условиях регрессии эта область сместится вниз по современному подводному склону. Таким образом, в условиях трансгрессии область дна, подверженная



Рис. 7. Грунт, вывороченный на поверхность дрейфующим льдом (фото Ф. И. Валлера).

Fig. 7. The soil turned to the surface by drifting ice (photo by F. I. Waller).

ледово-экскавационному воздействию, заметно расширится, а в условиях регрессии резко сократится.

Ледовому выпахиванию (взаимодействию дрейфующих льдов с морским дном) подвержено более 50 % площади Северного Каспия. Эти процессы носят массовый (хотя сезонный) характер, и потому играют важную роль в экологии Каспийского моря. Вследствие механического воздействия дрейфующих льдов происходит не только перемещение огромного количества донного грунта, при этом и происходит разрушение находящихся на дне раковин отмерших моллюсков [10].

В результате интенсивных ледовых подвижек известны случаи разрушения и разгерметизации заглушенных разведочных скважин на шельфе восточного (казахского) сектора Северного Каспия. Большое количество этих скважин находилось на морском побережье, но оказались затопленными в период подъёма уровня Каспийского моря (1976—1996 гг.). Для защиты от механических повреждений в результате подвижек льда созданы барьеры ледовой защиты, окружающие искусственный остров со всех сторон и обеспечивающие защиту объектов ото льда в зимний период, с ноября по апрель.

Аналогичные ледовые процессы происходят в зимний период и в российском секторе Северного Каспия. Производственный и экологический мониторинг, который российская нефтяная компания «Лукойл» осуществляет в зоне поисково-оценочного бурения, выявил следы разрушения защитных плит над местами оголовков скважин на глубине 8—8,5 м. Это однозначно указывает на интенсивное механическое воздействие на них дрейфующих льдов (рис. 8 а, 8 б) [11]. Кроме того, вокруг этих скважин водолазы зафиксировали на дне наличие раздробленных раковин, что характерно для участков дна Северного Каспия, находящихся под воздействием ледово-экскавационных процессов.

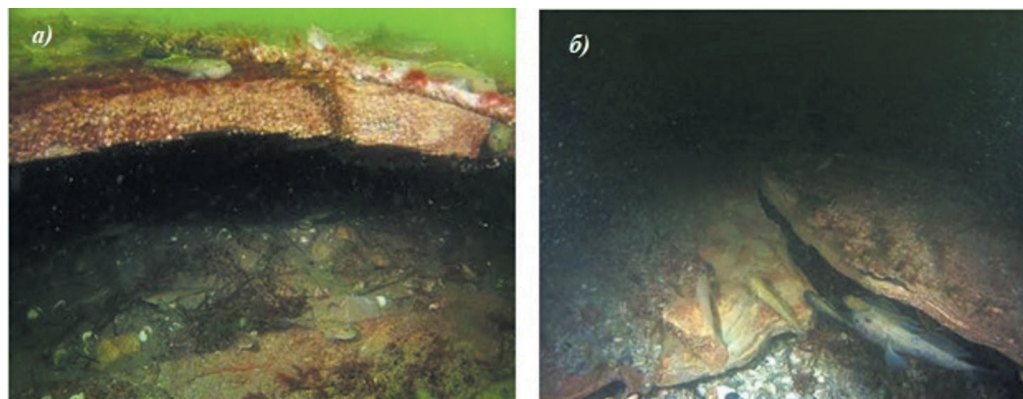


Рис. 8. Разломы защитной плиты, глубина моря 8,5 метра (фото В. Б. Ушивцева) [11].

Fig. 8. Faults of the protective plate, sea depth of 8.5 meters (photo by Ushivtsev V. B.) [11].

Сложность решаемой проблемы определяется слабой изученностью процессов взаимодействия ледяного покрова с донным грунтом Северного Каспия, а также чрезвычайно высокой изменчивостью положения уровня и ледовитости Каспийского моря.

На рис. 9 сплошной линией изображена изобата 5 м. Справа сверху она очерчивает район Гурьевской (Уральской) бороздины, с максимальными глубинами до 7—8 м. В нижней части рисунка пятиметровая изобата обозначает границу дрейфующих льдов (на рисунке ледяной покров обозначен параллельными диагональными линиями). Чёрными точками обозначены торосистые образования, сидящие на грунте (стамухи).

Заключение

А. С. Брусиловский впервые (рис. 6) составил карту расположения соляных куполов на акватории Северного Каспия и высказал предположение о взаимосвязи состояния ледяного покрова и положения полыней с наличием на акватории Северного Каспия соляных куполов. Он считает, что на мелководье, в междуречье Волги и Урала (именно здесь наиболее часто, в припайном льду, отмечаются полыни), распресненные каспийские воды, соленость которых составляет здесь не более 3—5 промилле, растворяют вершины соляных куполов. В результате происходит значительное локальное увеличение солености воды, что в холодный период года приводит к замедлению процессов ледообразования и появлению незамерзающих полыней [4, 10].

Обнаруженный нами на Северном Каспии выход коренных пород и проведенный анализ косвенно подтверждают вероятность такой зависимости. Безусловно, наше предположение о размыве гипсово-мергельных отложений (кепроков) на сводах соляных куполов Северо-Каспийского мелководья нуждается в проверке бурением со льда либо геофизическими методами (возможно, четверть-милигалльная

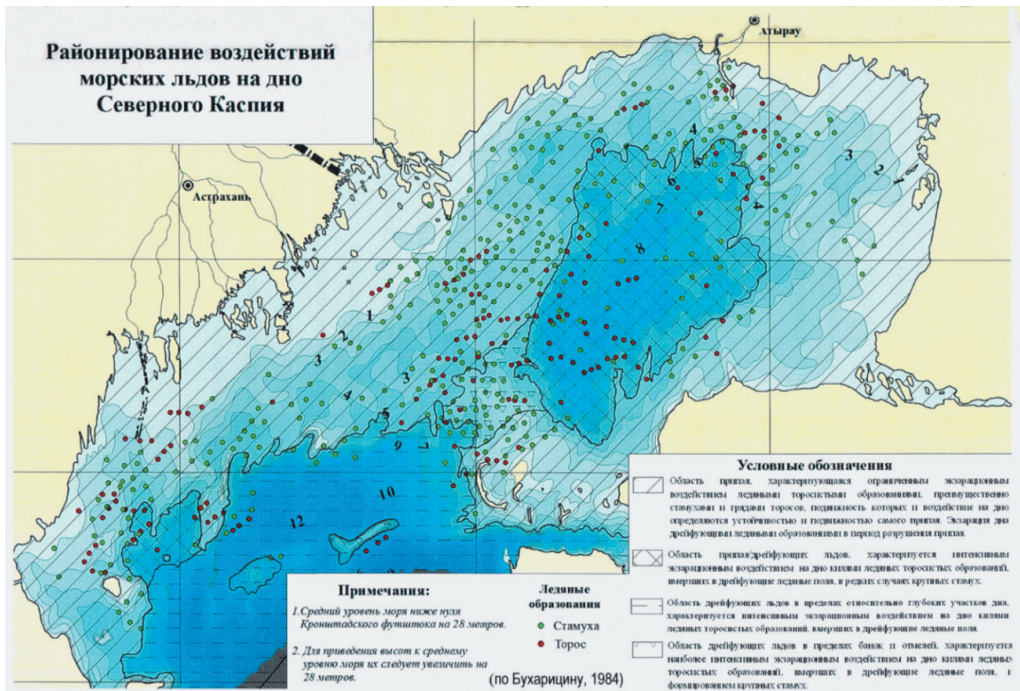


Рис. 9. Схема районирования воздействия дрейфующих морских льдов на дно Северного Каспия [12].

Fig. 9. The zoning scheme of the impact of drifting sea ice on the bottom of the Northern Caspian Sea [12].

гравиразведка, т.е. высокоточная гравиметрическая съёмка с шагом изолиний в 0,25 мГал).

Наличие соляных куполов на акватории Северного Каспия оказывает влияние не только на процессы ледообразования. Проявляются они и в гидрологических, гидробиологических особенностях вод этих районов моря, что представляет не только научный, но и практический интерес. Изменение подводного ландшафта, структуры грунтов привело к полному исчезновению водорослей, и, как следствие, к смене состава гидробионтов. Изменился и характер взаимодействия дрейфующих льдов со скальным грунтом. Если в мягком и рыхлом грунте подводные кили дрейфующих торосистых льдов образуют характерные борозды выпаживания, то при взаимодействии с твердым скальным грунтом происходит его дробление, что хорошо видно на рис. 4 и рис. 8.

К сожалению, эти районы моря труднодоступны для экспедиционных исследований, как со стороны моря, так и со стороны берега, поэтому об окончательных выводах говорить рано. В связи с развитием космической техники в нашей стране разработаны принципиально новые, перспективные методы изучения гидрологического режима морей и океанов, которые, безусловно, помогут в дальнейших

исследованиях процессов соляно-купольной тектоники мелководной северной части Каспийского моря.

Следует отметить, что подобные факты имеют место и в других частях земного шара. Не исключено, что нечто подобное происходит на мелководьях побережий Мексиканского залива, на шельфе Нормандии с его ежесуточными значительными перепадами уровней Северного моря и мощным воздействием на отмели дна приливно-отливных течений: <http://oceanfromspace.scanex.ru/index.php/ocean/bottom>.

На дне северной Ладоги найдены три субвертикальных уступа высотой до 70—100 м, сложенных коренными породами: <https://dzen.ru/a/amrYwNhFcWJJCLe>. Но главное даже не в этом. На блоках коренных пород нет видимых следов гляциальной обработки. Очевидно, эти уступы образовались уже после того, как ледник отступил, т. е. в голоцене, последние двенадцать тысяч лет. Озеро, которое считалось геологически спокойным, оказалось ареной современных тектонических движений. Ширина разломов — несколько метров, глубина от семидесяти до ста метров. Это не трещинки. Это настоящие пропасти, которые, возможно, продолжают расти прямо сейчас.

Список литературы

1. Катунин Д. Н., Хрипунов И. А. Динамика грунтов северной части Каспийского моря // Известия Всесоюзного географического общества. Том 103. Вып. 5. 1971. С. 469—475.
2. Глумов И. Ф., Маловицкий Я. П., Новиков А. А., Сенин Б. В. Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря. М.: Недра, 2004. 342 с.
3. Лебедев Л. И., Алексина И. А., Кулакова Л. С. и др. Каспийское море: Геология и нефтегазоносность. М.: Наука, 1987. 295 с.
4. Питьева К. Е. Гидрогеохимия (формирование химического состава подземных вод). Учеб. пособие. / Под ред. С. А. Брусиловского. Издательство Московского университета, 1978. 328 с.
5. Митина Н. Н., Малашенков Б. М., Телитченко Л. А. Подводные ландшафты Северного Каспия: структура, гидроэкология, охрана. ИВП РАН. Изд-во ФГУП «Типография Россельхозакадемии». 2016. 215 с.
6. Леонтьев О. К., Маев Е. Г., Рычагов Г. И. Геоморфология берегов и дна Каспийского моря. М.: Изд-во МГУ, 1977. 208 с.
7. Лебедев С. А., Маев И. Г., Бордовский О. К., Кулакова Л. С. Осадки Каспийского моря. М.: Наука, 1973. 119 с.
8. Хрусталёв Ю. П. Закономерности осадконакопления в Северном Каспии. Ростов на Дону: Изд-во Ростовского ун-та. 1978. 207 с.
9. Каспийское море: Структура и динамика вод. М.: Наука, 1990. 164 с.
10. Bukharitsin P. Studies ice Caspian, azov and aral sea. Москва.: 2022. 188 p. doi: 10.17513/np.534.
11. Бухарицин П. И., Орлов Р. С. Оценка воздействия дрейфующих льдов Северного Каспия на дно и искусственные сооружения // Гидрометеорология и экология. 2025. № 78. С. 66—79. doi: 10.33933/2713-3001-2025-78-66-79.
12. 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.

References

1. Katunin D. N., Khripunov I. A. Dynamics of the Northern Caspian Sea Soils. *Izvestiya Vsesoyuznogo geograficheskogo obshchestva = Izvestiya of the All-Union Geographical Society*. 1971; 103(5): (469—475). (In Russ.).

2. Glumov I. F., Malovitsky Ya. P., Novikov A. A., Senin B. V. *Regional'naya geologiya i neftegazonosnost' Kaspijskogo morya* = *Regional Geology and Oil and Gas Potential of the Caspian Sea*. Moscow: Nedra; Nedra-Businesscenter. 2004: 342 p. (In Russ.).
3. Lebedev L. I., Aleksina I. A., Kulakova L. S. et al. *Kaspijskoe more: Geologiya i neftegazonosnost'* = *The Caspian Sea: Geology and oil and gas potential*. Moscow: Nauka Publ. 1987: 295 p. (In Russ.).
4. Pisheva K. E. *Gidrogeohimiya (formirovanie himicheskogo sostava podzemnyh vod)* = *Hydrogeochemistry (formation of the chemical composition of groundwater)*. Textbook. Editor: Brusilovsky S.A. Moscow University Publishing House. 1978: 328 p. (In Russ.).
5. Mitina N. N., Malashenkov B. M., and Telitchenko L. A. *Podvodnye landshafty Severnogo Kaspiya: struktura, gidroekologiya, ohrana* = *Underwater Landscapes of the Northern Caspian Sea: Structure, Hydroecology, and Protection*. Moscow: IPR RAS, 2016: 215 p. (In Russ.).
6. Leontiev O. K., Maev E. G., Rychagov G. I. *Geomorfologiya beregov i dna Kaspijskogo morya* = *Geomorphology of the Coasts and the Bottom of the Caspian Sea*. M.: Publishing House of Moscow State University. 1977: 208 p. (In Russ.).
7. Lebedev S. A., Maev I. G., Bordovsky O. K., Kulakova L. S. *Osadki Kaspijskogo morya* = *Sediments of the Caspian Sea*. Moscow: Nauka. 1973. 119 p. (In Russ.).
8. Khrustalyov Yu. P. *Zakonomernosti osadkonakopleniya v Severnom Kaspii* = *Patterns of sedimentation in the Northern Caspian Sea*. Rostov on Don: Rostov University Press. 1978: 207 p. (In Russ.).
9. *Kaspijskoe more: Struktura i dinamika vod* = *The Caspian Sea: Structure and Dynamics of Waters*. Moscow: Nauka. 1990: 164 p. (In Russ.).
10. Bukharitsin P. Studies ice Caspian, azov and aral sea Москва, 2022. 188 p. doi: 10.17513/np.534
11. Bukharitsin P. I., Orlov R. S. Assessment of the impact of the drifting ice of the Northern Caspian Sea on the bottom and artificial structures. *Gidrometeorologiya i ekologiya* = *Hydrometeorology and Ecology*. 2025; (78): (66—79). doi: 10.33933/2713-3001-2025-78-66-79. (In Russ.).
12. Ogorodov S. A., Maznev S. V., Bukharitsin P. I. Ice-extraction relief at the bottom of the Caspian and Aral seas. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshhestva* = *Proceedings of the Russian Geographical Society*. 2019; 151(2): (35—50). doi: 10.31857/S0869-6071151235-50. (In Russ.).

Информация об авторах

Бухарицин Петр Иванович, доктор географических наук, профессор, экспертная группа ФГБУН Института водных проблем РАН, эксперт, astrgo@mail.ru.

Головачев Илья Владимирович, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры технологии материалов и промышленной инженерии, Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, bask_speleo@mail.ru.

Information about authors

Bukharitsin Petr Ivanovich, Doctor of Geography, Professor, Expert group of the Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, expert.

Golovachev Ilya Vladimirovich, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Materials Technology and Industrial Engineering, Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev.

Конфликт интересов: конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 21.04.2026

Принята в печать 31.07.2026

The article was received on 21.04.2026

The article was accepted on 31.07.2026