

УДК 551, 551.46, 565.5, 574

УРОВНЕВЫЙ РЕЖИМ КАСПИЯ И ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЕГО ИЗМЕНЕНИЙ

Бухарицин П. И.

Институт водных проблем Российской академии наук, Москва, Россия

Статья **поступила** 17.05.2024, **принята** к публикации 30.09.2024. Опубликовано онлайн.

Аннотация. Каспий – крупнейший на Земле замкнутый водоем морского типа, взаимодействующий как с глубинными геологическими структурами, так и с внешними оболочками географической среды. С позиций системного подхода, Каспийское море – это геофизическое тело в виде относительно тонкого слоя воды, покрывающей мощные плиоценчетвертичные отложения, характеризующееся внутренней и внешней средой

и подверженное влиянию разнонаправленных факторов развития [1]. Главной отличительной особенностью Каспийского моря является непостоянство его уровня. В статье рассматриваются вопросы изученности и природные факторы, влияющие на гидрологический режим моря, а также сценарии развития этих процессов.

Ключевые слова: уровень моря, цикличность колебаний, вероятностные прогнозы

LEVEL MODE CASPIAN SEA AND POSSIBLE CONSEQUENCE OF HIS CHANGE

Bukharitsin P. I.

Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

Abstract. The Caspian Sea largest on the Land closed sea, interacting both with deep geological structure, and with external shell of the geographical ambience. With position of the system approach Caspian Sea – a geophysical body in the manner of comparatively fine layer of water, covering powerful sediment, subject to influence different factor developments. The main by discriminating particularity Caspian

epidemic deaths is an inconstancy its level. They are considered natural factors, influencing upon hydrological mode epidemic deaths, as well as scenario of the development of these processes.

Keywords: sea level, cyclical fluctuations, probabilistic forecast

Каспийское море и его водосборный бассейн имеет для населения прибрежных стран Каспийского региона важнейшее значение. В недрах Каспийского моря сосредоточены огромные запасы природных ресурсов, прежде всего нефти и газа.

Потенциал углеводородных ресурсов региона составляет не менее 15 млрд т условного топлива в нефтяном эквиваленте.

Кроме того, Каспийское море – уникальный водоем, не имеющий аналогов в мире по биологическому многообразию флоры и фауны. В Каспийском море обитает более 500 видов растений и 850 видов животных, в том числе крупнейшее в мире стадо осетровых рыб (до недавнего времени около 90 % мировых запасов) [2].

Вместе с тем, проблемы Каспийского моря настолько сложны и многообразны, что отсутствуют их простые решения. Феномен периодических поднятий и понижений уровня моря является одним из главных особенностей его гидрологического режима и основным фактором, лимитирующим практически все виды хозяйственной и другой деятельности стран Каспийского региона [2].

В силу географического положения и изолированности от океана Каспийского моря, его уровневый режим находится в сильной зависимости от питающих его рек (прежде всего, Волги), атмосферных осадков и испарения – основных составляющих водного баланса моря, которые существенно меняются во времени [2].

Суммарный речной приток в приходной части водного баланса Каспийского моря составляет четыре пятых (осадки – около 20%, подземный приток – не более 1%). Поступление речных вод из бассейна Волги при этом достигает около 82% общего объема притока. Реки Кура, Урал, Терек и Сулак дают ~15%, меньшие по величине стока реки – остальной приток [3].

Это приводит к тому, что при однонаправленных процессах уровень моря в течение продолжительного времени то понижается, то повышается, достигая экстремальных значений и оказывая при этом одинаково отрицательные воздействия на различные отрасли природно-хозяйственного комплекса, непосредственно связанные с морем [2].

Так, по архивным данным наблюдений уровень Каспийского моря испытывал колебания и в прошлом. Годовые приращение уровня на 20-30 см наблюдались в 1865-1866, 1895-1896 гг.

В XX веке отмечалось два экстремальных явления в многолетнем ходе уровня моря, имеющих драматические последствия для населения прибрежных стран, – продолжительное падение уровня в период с

1930 по 1977 год и, вслед за этим, продолжительный подъем с 1978 по 1996 год [2].

К 1977 году средний годовой уровень Каспийского моря побил рекорд его обмеления за весь период инструментальных наблюдений, и составил минус 29 м абс.

Периодические поднятия и падения уровня моря в настоящее время научным сообществом рассматриваются как естественная закономерность. Каспийское море находится в зоне постоянного воздействия холодных полярных воздушных масс, влажных морских, формирующихся над Атлантикой, сухих континентальных из Казахстана, теплых субтропических масс воздуха, приходящих со Средиземного и Черного морей, а также формирующихся над самим Каспийским морем [2].

С академической точки зрения формирование Каспийского моря происходило в течение длительной геологической истории, на протяжении которой отмечалась неоднократная смена трансгрессивных (наступление) и регрессивных (отступление) фаз его уровня различной величины и продолжительности.

В третичном периоде (около 70 млн лет тому назад) произошло отчленение понто-каспийского бассейна от южных морей и океана Тетис.

В конце понтического времени (10 млн лет тому назад) огромное внутреннее Сарматское море, охватывающее территории современных Черного и Каспийского морей, распалось на отдельные части, образовав автономный изолированный бассейн Каспийского моря с привычными для нас контурами. В этот период площадь морской акватории была меньше современной, а в отдельные века среднего плиоцена Каспий занимал лишь котловину, соответствующую сейчас Южному Каспию [4; 5].

Материалы геоморфологических исследований показывают, что понижение уровня Каспийского моря в XX в. на 2,5 м было отнюдь не сенсационным, в его истории были обмеления и значительно больше.

Однако размах колебаний уровня моря со временем сокращался. В плейстоцене (последние 2,5 млн – 500 тыс. лет), амплитуда колебаний уровня моря достигала 150 м; в голоцене (последние 10 тыс. лет), когда на берегах Каспия уже появились цивилизации, уровень моря падал и снова повышался в пределах 12-15 м (между отметками минус 20 м и минус 35 м).

В историческое время (последние 2,5 тыс. лет) диапазон колебаний уровня моря не превышал 10 м, а за время инструментальных наблюдений (с 1830 года по настоящее время) – примерно 4 м, но это тоже было больше 2,5 м. Еще одним свидетельством цикличности уровня моря является факт обнаружения в море продолжения дербентской стены (около 500 метров) [5].

Существует много гипотез, предположений, догадок и домыслов по этому поводу. Очевидно, однако, что процесс формирования Каспийского моря, с одной стороны, определялся глобальными геологическими явлениями, с другой - региональными особенностями. Потому считается, что на колебание уровня Каспийского моря в раннем неогене преобладающее влияние оказывали тектонические и горообразовательные процессы, в верхнем плиоцене - тектонические и климатические факторы, на современном этапе – климатические, тектонические и антропогенные [5].

В научном плане проблема прогноза уровня Каспийского моря имеет более чем вековую историю, начиная с работ академика А.С. Берга. Специфическая черта этой

проблемы заключается в том, что в периоды повышения или понижения уровня моря научный интерес к ней вспыхивает, а в периоды стабилизации – угасает. В настоящее время в силу сильного обмеления моря вопрос уровневого режима Каспия обрел актуальный характер.

Так, международной группой ученых в статье в научном журнале *Communications Earth & Environment* прогнозируется, что до конца XXI века уровень Каспийского моря может уменьшиться на 9-18 метров (рис.1).

С данной точкой зрения не согласны многие российские ученые. Так, по нашему мнению, колебания уровня моря – это естественные климатические циклы, которые существовали ещё до того, как люди стали заселять берега Каспийского моря [6]. По мнению автора, в своих расчетах немецкие и голландские коллеги использовали климатические данные атлантических циклонов, которые приносят на европейскую часть России колоссальное количество воды. Но они абсолютно не учитывали то, что на водность Волги других рек бассейна Каспийского моря, а соответственно, и на уровень Каспия влияют и другие, не менее значимые факторы, такие как глобальное изменение климата, выход южных циклонов, а это средиземноморские, черноморские циклоны, и собственно каспийские.

Они приносят колоссальное количество влаги, гораздо больше влияют на водность рек, впадающих в Каспийское море, чем атлантические циклоны [7], вносят свой вклад и тектонические процессы, приводящие к непредсказуемым изменениям объема каспийской впадины [1]. Похожие точки зрения высказывают и многие другие российские ученые из ИГ РАН, ИВП РАН, ГОИН и др.

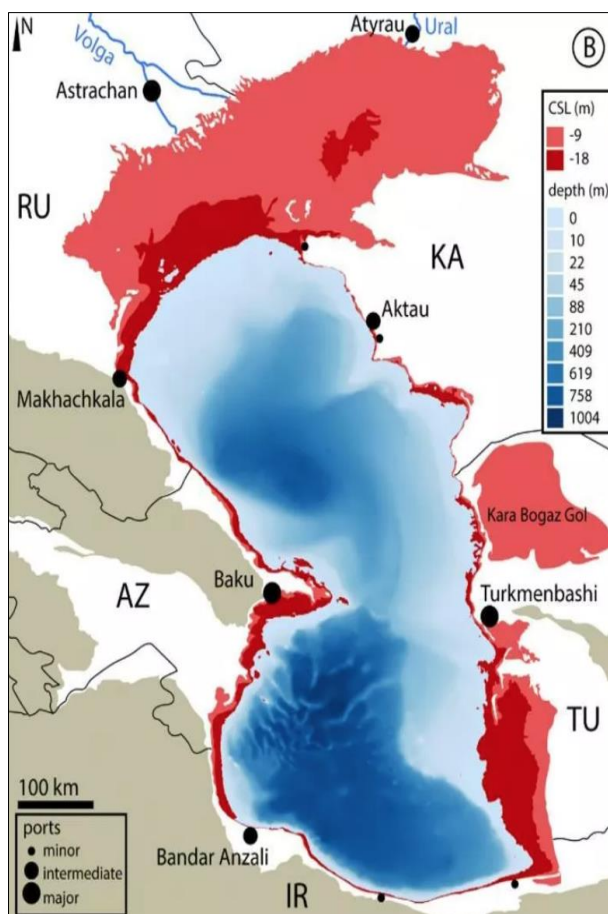


Рисунок 1. Контуры изменения Каспийского моря при снижении уровня воды на 9 и 18 метров согласно модели Frank Wesseling

Таким образом, в российской научной среде принято считать, что главная причина, определявшая уровневый режим Каспийского моря в голоцене [7] и в последние десятилетия – климатические факторы в пределах его водосборного бассейна и акватории.

В пользу этой точки зрения свидетельствует четкая связь, существующая между высотным положением уровня и составляющими водного баланса моря, которую отмечают многие исследователи. Климатическая, а точнее, водно-балансовая концепция колебания уровня Каспия имеет, в отличие от других концепций, количественные подтверждения.

За столетний период наблюдений за стоком Волги (а это наиболее надежно определяемый компонент водного баланса Каспия), которая дает не менее 80% суммар-

ного речного стока в море и около 70% приходной части его водного баланса, коэффициент корреляции связи уровня моря с разностной интегральной кривой стока Волги составил 0,73. Если отбросить годы с небольшими изменениями уровня (1900-1928), то коэффициент корреляции возрастет до 0,85. Если же для анализа взять периоды с быстрым падением (1929-1941) и подъемом (1978-1995) уровня, то общий коэффициент корреляции будет равен 0,987.

Приведенные результаты расчетов показывают, что для обоснования причин современных колебаний уровня моря (по крайней мере, в периоды его быстрого падения или повышения) достаточно проанализировать связь между уровнями и ординатами разностной интегральной кривой годового стока Волги [7].

Что касается причин изменения стока Волги, то они обусловлены изменчивостью количества атмосферных осадков в ее бассейне, особенно зимних, обусловленных изменениями климата. А режим выпадения осадков в свою очередь определяется циркуляцией атмосферы. Северные районы европейской части России и средние широты, где находится бассейн Волги, являются как бы «антиподами» в синоптическом отношении.

Если над бассейном Волги зимой устанавливается антициклон, способствуя более сухой погоде, то циклоны идут по «северной трассе», принося в Арктику теплые и влажные воздушные массы. Поэтому в годы с теплой зимой в Арктике количество осадков в бассейне Волги уменьшается, что приводит к уменьшению ее стока и понижению уровня Каспия.

В суровые же зимы в Арктике циклоны проходят южнее, увеличивая количество зимних осадков в бассейне Волги. Сток реки в эти годы возрастает, что ведет к повышению уровня моря. О связи уровня Каспия с изменениями атмосферной циркуляции свидетельствует и такой факт, как смена направлений господствующих ветров над акваторией Каспия в разные этапы его истории, что проявляется в изменении пространственного положения зон дивергенции вдоль берегового перемещения наносов [7].

Анализ хронологических графиков и разностно-интегральных кривых уровня Каспийского моря и суммарного притока к нему позволил выделить три периода, соответствующие фазам повышенной и пониженной водности в бассейне моря (рис. 2) [3].

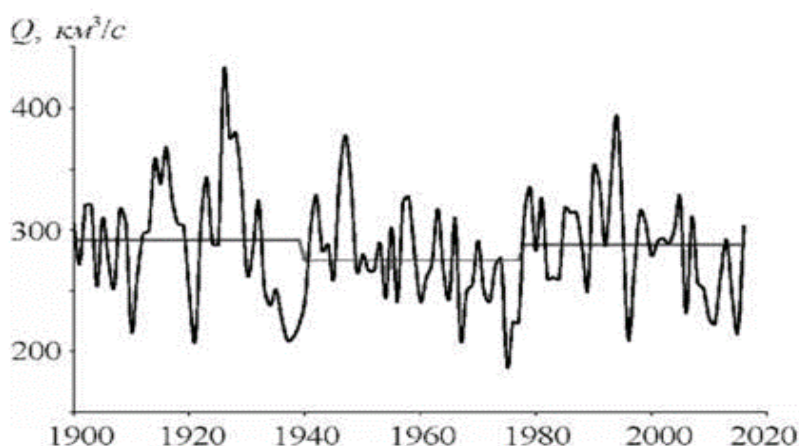


Рисунок 2. Изменение среднего годового притока к Каспийскому морю

Вероятностный прогноз уровня Каспийского моря представляет собой решение дифференциального уравнения водного баланса на рассматриваемый период заблаговременности. Данные рис. 3 свидетельствуют о том, что диапазон возможных значений уровня моря достаточно широк.

На период прогноза с заблаговременностью от 5 до 40 лет средний уровень моря (с обеспеченностью 50%) изменяется от -28,04 до -28,7 м.

Наиболее неблагоприятный прогноз (уровень обеспеченности 0,1%) составляет -25,84 м, а наиболее низкий уровень (с обеспеченностью 99%) равен -30,67 м.

В зависимости от решаемой технической задачи доверительный интервал прогноза может быть определен по данным рис. 3 как диапазон значений с заданной вероятностью, например, 95%, что является наиболее распространенным значением, характеризующим ошибку прогноза [3].

Специалистами института экологии и устойчивого развития ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет» при выполнении прикладных научных исследований по теме «Разработка методов комплексного мониторинга, оценки, сохранения биологического разнообразия и про-

гнозных расчетов вероятности поражения экосистем побережий и акваторий Среднего Каспия при аварийном сбросе нефти на шельфовых месторождениях» с помощью программных средств отечественной GIS «Карта 2011» впервые разработана трехмерная гидродинамическая модель Каспия [8].

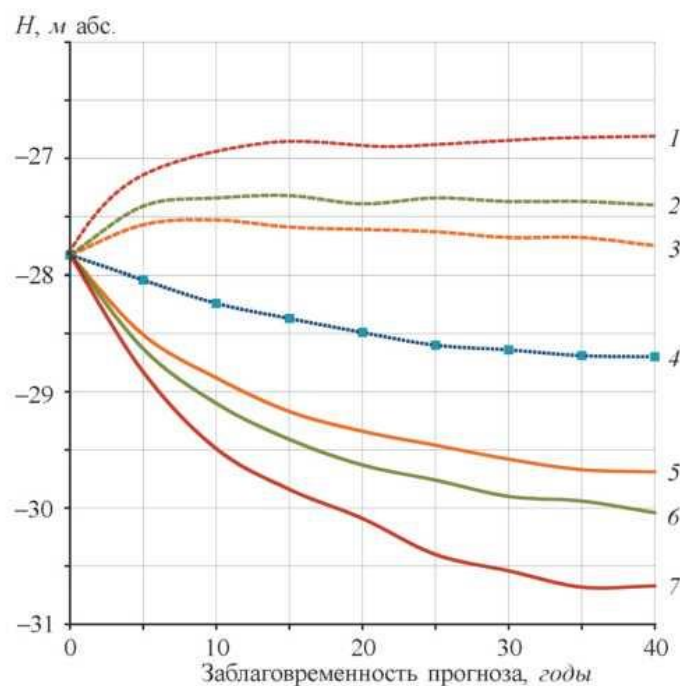


Рисунок 3. Уровень Каспийского моря при прогнозе с заблаговременностью до 40 лет с разной обеспеченностью [8]

С помощью данной модели сформирована единая информационная база, используемая для автоматизированных процедур синтеза и анализа стохастических процессов, сопровождающих колебательный режим уровня Каспийского моря.

Разработанная GIS-модель позволила установить кардинальные отличия Северного Каспия от двух других частей моря своими объемно-площадными параметрами. Северный Каспий, составляя 1/4 часть всей площади моря, включает мизерную долю воды. Объемы вод трех частей Каспийского моря соотносятся как 1:66:128, а площади акватории 24:37:39.

Исходя из всего вышеизложенного, можно констатировать следующее:

- Изменение уровня Каспийского моря изначально и навечно заложено природой,

оно происходило в прошлом, происходит в настоящем и будет происходить в будущем.

- Колебания уровня Каспия главным образом вызваны, крупномасштабными климатическими и тектоническими процессами, протекающими как в бассейне моря, так и далеко за его пределами и, в меньшей степени антропологическими, т.е. хозяйственной деятельностью человека.

- Пессимистические прогнозы немецких и голландских ученых говорят о катастрофическом обмелении Каспийского моря на 9-18 метров в XXI веке и сокращении его площади на 23-34%. В случае такого расклада, потеря значительной части водной территории приведет к уничтожению нерестилища многих видов рыб и социально-экономическим последствиям.

– Возрастают вероятность роста международной политической напряженности из-за перераспределения ресурсов и увеличения количества регионов, испытывающих нехватку воды, проблем передвижения судов. Существует угроза возникновения территориальных противоречий и претензий Российской Федерации и Казахстана, Российской Федерации и Азербайджана. Кроме того, Россия теряет свои морские порты в Астрахани и Махачкале, присутствует угроза потери военно-морского порта в г. Каспийске. Возникает перспектива, ввиду наличия глубоководной части Каспийского моря, рассмотрения вопроса создания морских портов в г. Дербенте.

– Наиболее оптимистические прогнозы российских ученых позволяют говорить о возможном наиболее вероятном уровне обмеления равному минус 30,0-30,5 м абс. При этом возникают угрозы частичного осушения и обмеления северного шельфа, ухода воды из прибрежной зоны Республики Дагестан, что потребует углубления Волго-Каспийского морского судоходного канала (ВКМСК), прохода к Махачкалинскому морскому порту и Каспийскому военно-морскому порту. Возникает необходимость учитывать вероятные сценарии изменения уровневой режима Каспия при планировании градостроительства, основании военных объектов, а также осуществлении хозяйственной деятельности в прибрежных поселениях.

– Достаточно сложно организовать прямые измерения таких важных составляющих водного баланса, как испарение и осадки на водную поверхность, водообмен с подземными водами, сток выпадающих в море рек и поступление воды в залив Кара-Богаз-Гол. Это объясняется недостаточной изученностью водного объекта столь значительных размеров, ограниченностью возможностей системы гидрологических наблюдений, а также отсутствием проверенных сведений о безвозвратном водопотреб-

лении в бассейнах рек, незнанием геологических факторов и т.д. Кроме того, решение задачи прогнозирования существенно усложняется климатическими и антропогенными изменениями стока в бассейне и рядом других факторов, характеризующихся значительной неопределенностью [9].

Катастрофический подъем уровня моря в период 1978-1996 годы нанес не меньший ущерб народному хозяйству прибрежных районов Каспия, чем его падение в предыдущий период трансгрессии. При этом уровнем тяготения (оптимального уровня моря) по единодушному мнению ученых, считается средний уровень моря, равный минус 28 метров Балтийской системы высот (- 28 м абс.).

Список литературы

1. В Махачкале состоялась конференция по защите морской среды Каспийского моря // Каспийский вестник: сетевое издание. Астрахань, 2019. URL: <https://caspsgeo.ru/v-mahachkale-sostoyalas-konferentsiya-po-zashhite-morskoj-sredy-kaspijskogo-morya> (дата обращения: 21.04.2024)
2. Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз [Текст] : научно-методическое пособие / Под ред. Е.С. Нестерова ; ФГБУ «Гидрометцентр России». - М. : Триада лтд, 2016. - 378 с.
3. Болгов М.В., Коробкина Е.А., Трубецкова М.Д., Филиппова И.А. Речной сток и вероятностный прогноз уровня Каспийского моря. Метеорология и гидрология. 2018. № 10. С. 17-26.
4. Шейхи Джоландан Бахриар Геоморфология и история развития юго-западного побережья Каспийского моря : Иран - область Гилян : диссертация ... кандидата географических наук : 25.00.25 Москва 2013
5. Бутаев, А.М. Каспий: статус, нефть, уровень [Текст] / А.М. Бутаев – Махачкала, 1999. – 221с.
6. Петр Бухарицин: К началу 2030-х годов уровень Каспия вновь будет на подъеме //Каспийский вестник: сетевое издание. Астрахань, 2022, URL: <https://caspsgeo.ru>

geo.ru/petr-buharitsin-k-nachalu-2030-h-godov-uroven-kaspiya-vnov-budet-na-podeme (дата обращения: 21.04.2024)

7. Болдырев, Б. Ю. Учет влияния гидрометеорологических факторов При прогнозировании уровня Каспийского моря / Б. Ю. Болдырев, П. И. Бухарицин // Актуальные решения проблем водного транспорта : Сборник материалов I Международной научно-практической конференции, Астрахань, 28 апреля 2022 года. – Астрахань: Индивидуальный предприниматель Сорокин Роман Васильевич (Издатель: Сорокин Роман Васильевич), 2022. – С. 393-397. – EDN SERAAI
8. Рычагов, Г. И. Колебания уровня Каспийского моря: причины, последствия, прогноз / Г. И. Рычагов // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2011. – № 2. – С. 4-12. – EDN NXQGAV.
9. Абдурахманов, Г. М. Некоторые вопросы происхождения таксономического разнообразия Каспийского моря в связи с уровнем режимом / Г. М. Абдурахманов, А. А. Теймуров, З. И. Солтанмурадова // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2016. – Т. 10, № 1. – С. 16-23. – EDN WWVNRJ
10. Бухарицин, П. И. Климатические условия Нижней Волги и северной части Каспийского моря за прошедший 24-й и наиболее вероятные изменения в начавшемся 25-м и следующем 26-м циклах солнечной активности / П. И. Бухарицин // Изменение климата в регионе Каспийского моря : Материалы Международной научной конференции, Астрахань, 27–28 октября 2021 года. – Астрахань: Индивидуальный предприниматель Сорокин Роман Васильевич (Издатель: Сорокин Роман Васильевич), 2022. – С. 34-41. – EDN VMWDSK

References

1. V Makhachkale sostoyalas' konferentsiya po zashchite morskoi sredy Kaspiiskogo morya [A conference on the protection of the marine environment of the Caspian Sea was held in Makhachkala]. Available at: <https://casp-geo.ru/v-mahachkale-sostoyalas-konferentsiya-po-zashchite-morskoy-sredy-kaspiiskogo-morya> (accessed: 21.04.2024)

2. Vodnyi balans i kolebaniya urovnya Kaspiiskogo morya. Modelirovanie i prognoz [Water balance and fluctuations in the Caspian Sea level. Modeling and forecast]. Ed. E.S. Nesterov. Moscow, Triada Publ., 2016. 378 p. (In Russ.)
3. Bolgov M.V., Korobkina E.A., Trubetskova M.D., Filippova I.A. Rechnoi stok i veroyatnostnyi prognoz urovnya Kaspiiskogo morya [River runoff and probabilistic forecast of the Caspian Sea level]. Meteorologiya i gidrologiya, 2018. No. 10, pp.17-26. (In Russ.)
4. Sheikhi Dzholandan Bakhriar Geomorfologiya i istoriya razvitiya yugo-zapadnogo poberezh'ya Kaspiiskogo morya : Iran - oblast' Gilyan : dissertatsiya ... kandidata geograficheskikh nauk : [Geomorphology and history of development of the southwestern coast of the Caspian Sea: Iran - Gilan region]. Ph. D. thesis Moscow, 2013
5. Butaev, A.M. Kaspii: status, neft', uroven' [Caspian: status, oil, level]. Makhachkala, 1999. 221 p. (In Russ.).
6. Petr Bukharitsin: K nachalu 2030-kh godov uroven' Kaspiya vnov' budet na pod"eme [Petr Bukharitsin: By the beginning of the 2030s, the level of the Caspian will be on the rise again]. Available at: <https://casp-geo.ru/petr-buharitsin-k-nachalu-2030-h-godov-uroven-kaspiya-vnov-budet-na-podeme> (accessed: 21.04.2024)
7. Boldyrev, B. Yu. Uchet vliyaniya gidrometeorologicheskikh faktorov Pri prognozirovanii urovnya Kaspiiskogo morya [Taking into account the influence of hydrometeorological factors when forecasting the level of the Caspian Sea]. Aktual'nye resheniya problem vodnogo transporta: Sbornik materialov I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Astrakhan', 28 aprelya 2022 goda [Actual solutions to water transport problems: Collection of materials of the I International scientific and practical conference, Astrakhan, April 28, 2022]. Astrakhan, Sorokin R. V. Publ., 2022, pp. 393-397. (In Russ.) – EDN SERAAI
8. Rychagov, G. I. Kolebaniya urovnya Kaspiiskogo morya: prichiny, posledstviya, prognoz [Fluctuations in the Caspian Sea level: causes, consequences, forecast]. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya, 2011, no 2, pp. 4-12. (In Russ.) - EDN NXQGAV

9. Abdurakhmanov, G. M. Nekotorye voprosy proiskhozhdeniya taksonomicheskogo raznoobraziya Kaspiiskogo morya v svyazi s urovennym rezhimom [Some issues of the origin of the taxonomic diversity of the Caspian Sea in connection with the level regime]. Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki. 2016, vol. 10, no 1, pp. 16-23. - EDN WWVNRJ
10. Bukharitsin, P. I. Klimaticheskie usloviya Nizhnei Volgi i severnoi chasti Kaspiiskogo morya za proshedshii 24-i i naibolee veroyatnye

izmeneniya v nachavshemsya 25-m i sleduyushchem 26-m tsiklakh solnechnoi aktivnosti [Taking into account the influence of hydrometeorological factors when forecasting the level of the Caspian Sea]. Izmenenie klimata v regione Kaspiiskogo morya: Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, Astrakhan', 27-28 oktyabrya 2021 goda [Climate change in the Caspian Sea region: Proceedings of the International Scientific Conference, Astrakhan, October 27-28, 2021]. Astrakhan, Sorokin R. V. Publ., 2022, pp. 34-41. - EDN VMWDSK

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ/ ABOUT THE AUTHOR

Бухарицин Петр Иванович, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, профессор, руководитель группы исследований экологических проблем в дельте р. Волги, Институт водных проблем Российской академии наук (ИВП РАН), 1193331, Россия, г. Москва, ул. Губкина, д. 3, astrgo@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7220-9714

Buharitsin Petr Ivanovich, Doctor of Geographical Sciences, Leading Researcher, Professor, Head of the Group for Research of Environmental Problems in the Volga Delta, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow, 3, St. Gubkina, 1193331
ORCID: 0000-0002-7220-9714