

Грант Российского фонда фундаментальных исследований № 16-35-60046 мол_а_дк
Отчет о научно-исследовательской работе по теме:
Исследование гидрологического режима Каспийского моря в 20-21 веках и его
экстремальных проявлений

Руководитель проекта: с.н.с. к.г.н. Яицкая Н.А.

Каспийское море – уникальный крупнейший в мире солонатоводный замкнутый бессточный водоем, характерной особенностью которого являются значительные периодические колебания уровня. Вследствие особенностей географического положения и геоморфологического строения дна северная часть моря покрывается льдом в зимний период. Соленость вод залива Кара-Богаз-Гол в отдельные годы превышает 40‰ (рапа залива имеет соленость 150‰ и выше). Вместе с прибрежными территориями Каспийское море формирует единый природно-хозяйственный комплекс. Эффективность функционирования этого комплекса определяется, прежде всего, особенностями динамики внутренних процессов замкнутого водоема. Наряду с этим Каспийское море является чувствительным к флуктуациям внешних факторов и быстро реагирует на такие изменения.

В XIX-XX вв. выполнен ряд комплексных исследований Каспийского моря, результаты которых опубликованы в статьях, монографиях и обобщающих климатических справочниках. Выявлены основные закономерности в сезонном и многолетнем ходе гидрологического режима моря. Но значительная часть исследований проводилась для отдельных временных отрезков, выбор которых был обусловлен не климатической и гидрологической изменчивостью водоема, а имеющимся массивом данных. В XXI веке несколькими независимым группам ученых из разных городов России удалось собрать относительно полные массивы данных исторических наблюдений и выполнить по ним анализ термохалинной структуры вод моря, гидрологического режима и климатических изменений в регионе за период инструментальных наблюдений, результаты которого описаны в публикациях.

В 2012 г. инициатор проекта защитила кандидатскую диссертацию на тему «Термохалинный режим Каспийского моря при изменении уровня». В постдиссертационных исследованиях были сформулированы новые фундаментальные задачи об особенностях гидрологического режима Каспийского моря, которые решаются в настоящей работе на основе имеющегося массива данных с применением методов численного моделирования и географических информационных систем:

1 Как изменяется циркуляция вод в Каспийском море при изменении уровня моря?

2 Как изменяется режим солености вод на всей акватории и в толще вод в зависимости от положения уровня моря, циркуляции вод, речного стока и при разных климатических воздействиях?

3 Как ветровое волнение и межгодовые колебания уровня Каспийского моря могут влиять на интенсификацию испарения с водной поверхности?

4 Как проявления экстремальных явлений в Каспийском море (штормовое волнение, нагонные явления) могут повлиять на береговую инфраструктуру?

Для успешного и последовательного достижения цели и получения результатов сформулирован ряд задач на 2016-2018 гг. Порядок выполнения проекта выстроен таким образом, чтобы максимально оптимизировать затраченное время на получение основных результатов.

Основой исследования стала связка база данных-геоинформационная система-математическая модель. Такой подход широко распространен как в России, так и зарубежом. Оригинальностью в данном случае обладают авторские база данных и ГИС, созданные модули, обеспечивающие связи между компонентами. Разработанная единая географическая основа (цифровая модель рельефа дна Каспийского моря) и подход к применению разных (спектральных, гидродинамических и гидрологических) моделей на геоинформационной платформе позволил в едином пространственном масштабе анализировать, визуализировать и сопоставлять результаты исследования, а также обеспечить их хранение и в будущем дополнение, публикацию в открытом доступе.

В рамках проекта с помощью спектральной волновой модели реализованы расчеты длительных непрерывных рядов среднесуточных параметров ветрового волнения (высоты значительных волн, период волны, длина волны, направление волны и др.) Каспийского моря и

отдельных районов в XX-XXI вв. Выполнены анализ пространственно-временных особенностей полей элементов ветрового волнения, оценка связи с региональными проявлениями изменения климата в регионе, выявлены важные этапы во внутривековой динамике элементов.

Впервые для Каспийского моря получены оценки межгодовой динамики коэффициента интенсификации испарения на основе восстановленных данных о ветровом волнении, в том числе и штормовом, с учетом вариаций относительных глубин в зависимости от межгодовых колебаний уровня моря. Выполнены некоторые прогностические оценки. Показано, что совпадение фаз падения уровня моря и роста максимальных высот волн в Северном Каспии в 1960-70-е гг. привели к существенному увеличению (практически в два раза) коэффициента интенсификации испарения в этот период.

Предложена и реализована процедура ретроспективного анализа элементов гидрологического режима Каспийского моря при колебаниях уровня, которая включила на первом этапе восстановление TS-полей в узлах регулярной сетки с помощью трехмерной численной гидродинамической модели, что заменило методы интерполяции, а на втором этапе – использование гидрологической компартментальной модели непосредственно для расчета температуры, солености вод моря, водообмена между отдельными районами. Таким образом, выполнен реанализ и описание многолетних рядов и полей солености Каспийского моря для характерных периодов положения уровня моря. Определены основные общие схемы циркуляции вод моря при различных положениях уровня в XX-XXI вв. для водоема в целом и отдельно Северного Каспия.

На основе гидрометеорологических данных, литературных сведений и математического моделирования ветрового волнения выделен ряд сочетаний опасных гидрометеорологических явлений, наблюдавшихся в зимние периоды, и рассчитана оценка динамической нагрузки на берег. Впервые выполнено районирование береговой зоны Каспийского моря по степени воздействия динамической нагрузки.

За три года на основе результатов проекта опубликовано 14 печатных работ, в том числе 8 в периодических изданиях, включенных в базы данных Web of Science, Scopus, РИНЦ. Руководитель проекта выступил на 10 международных и всероссийских конференциях с устными и постерными докладами, в том числе в международном круглом столе, организованном РФФИ в ноябре 2018 г. по проблемам Каспийского региона.

В печати находится 3 статьи (Scopus, Web of Science, РИНЦ, ВАК), содержащие результаты настоящего исследования (справки из издательств прилагаются). Подготовлены документы для: регистрации базы данных по ветровому волнению в Каспийском море и отдельных районах; получения свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

Поставленные задачи реализованы. Выделены перспективные направления исследований, создана основа для докторской диссертации руководителя проекта.

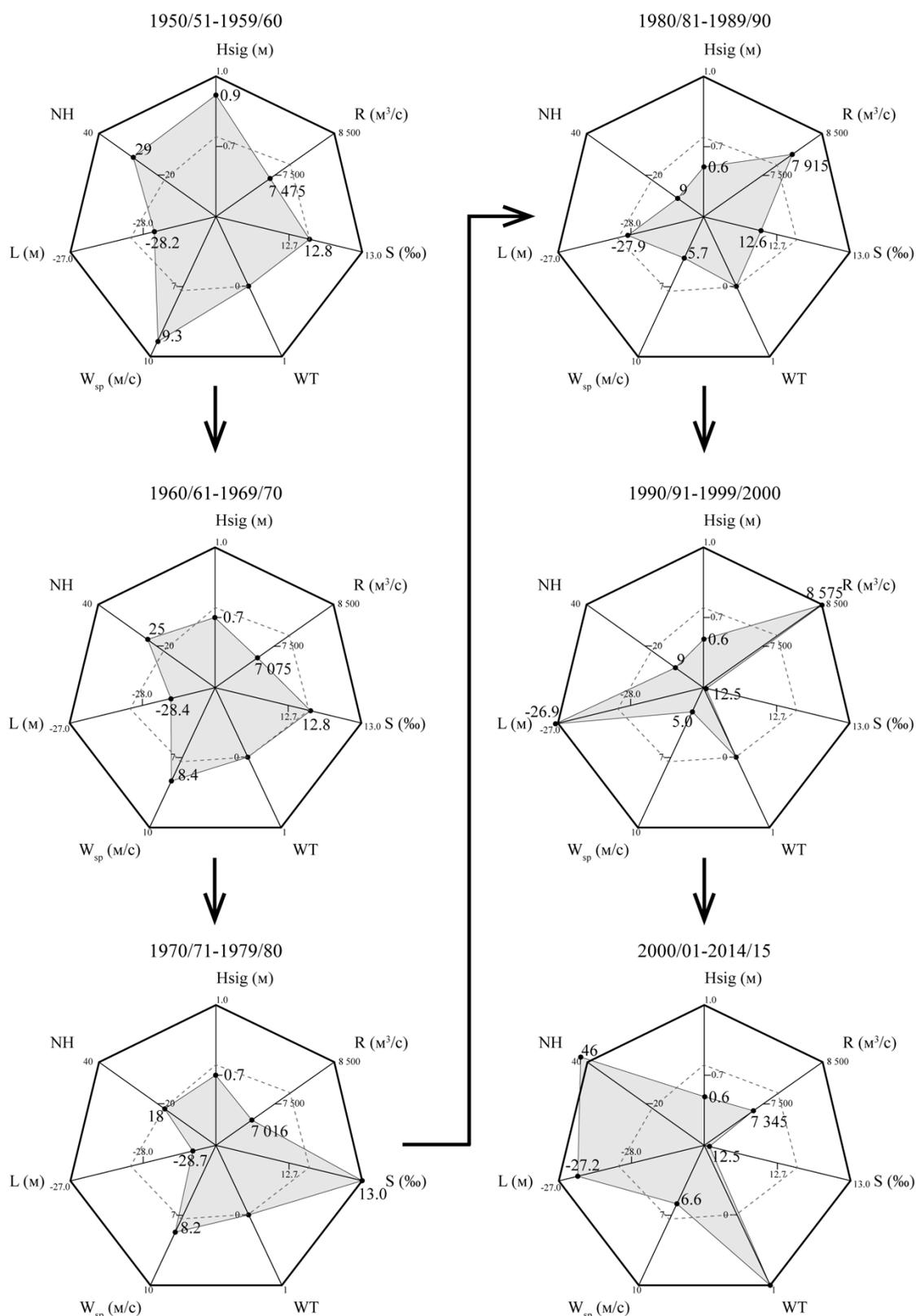


Рисунок – Внутривековые изменения элементов гидрометеорологического режима Каспийского моря. Hsig – среднемноголетняя высота значительных волн. R – среднегодовой расход р. Волги. S – среднемноголетняя соленость. WT – преобладающий за десятилетие тип зимы по степени суровости. Wsp – среднемноголетняя скорость ветра (о. Тюлений). L – среднемноголетний уровень моря. NH – суммарное количество зимних мультиопасных гидрометеорологических явлений за десятилетие. Пунктирной линией обозначены среднемноголетние значения («норма»)

По результатам проекта опубликовано 14 печатных работ, в том числе 8 в журналах, включенных в базы данных Web of Science, Scopus, РИНЦ:

1) **Матишов Д.Г., Яицкая Н.А., Бердников С.В.** Изменение температуры и солености вод Каспийского моря в XX веке // *Океанология*. 2018. Том 58. No 6. С. 864–874. DOI: 10.1134/S0030157418060114 (**Web of Science, Scopus**)

Переводная версия:

Matishov D.G., Yaitskaya N.A., Berdnikov S.V. Temperature and Salinity Variations in Caspian Sea Waters in the 20th Century // *Oceanology*. 2018. Vol. 58. No. 6. Pp. 786–795. DOI: 10.1134/S0001437018060103 (**Web of Science, Scopus**)

2) **Лопатухин Л.И., Яицкая Н.А.** Адаптация гидродинамических моделей для расчета режима волнения Каспийского моря // *Метеорология и гидрология*. 2018. №4. С. 54–61. (**ВАК, РИНЦ**)

Переводная версия:

Lopatukhin L.I., Yaitskaya N.A. Peculiarities of the Approach to Calculation of Wind Waves in the Caspian Sea // *Russian Meteorology and Hydrology*, 2018, Vol. 43, Iss. 4, pp. 245–250. ISSN 1068-3739. DOI: 10.3103/S1068373918040052 (**Web of Science, Scopus**)

3) **Яицкая Н.А.** Ретроспективный анализ ветрового волнения в Каспийском море во второй половине XX–начале XXI вв. и связь с региональными проявлениями изменения климата // *Географический вестник = Geographical bulletin*. 2017. №2 (41). С.57–70. DOI 10.17072/2079-7877-2017-2-57-70. IF=0.354 (**ВАК, РИНЦ. Статья**)

4) **Яицкая Н.А.** Восстановление полей температуры и солености вод Каспийского моря в узлах регулярной сетки с помощью гидродинамических моделей // *Наука и образование*. № 1 (85), 2017. С. 122–128. ISSN 2073-8129. IF= 0.319 (**ВАК, РИНЦ. Статья**)

5) **Lopatoukhin L., Yaitskaya N.** Wind data reanalysis as the input data for wave climate simulation. Caspian Sea as an example // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 2017. 17(31). Pp. 801–806. DOI: 10.5593/sgem2017/31/S12.101 (**Web of Sciences, Scopus. Статья**)

6) **Yaitskaya N., Tretyakova I., Makarovskiy G., Shagarov L.** Development of the investigation approach to winter multi-hazards for closed reservoirs on the example of the Caspian Sea // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 2017. 17(51). Pp. 285–290. DOI: 10.5593/sgem2017/51/S20.037 (**Web of Sciences, Scopus. Статья**)

7) **Yaitskaya N., Berdnikov S.** Preliminary Results of Assessment of the Wave Climate Changes in the Sea of Azov and the Caspian Sea During the XX and XXI Centuries // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM*, ISBN 978-619-7105-61-2 / ISSN 1314-2704, 2016. Book 3. Vol. 1. Pp 585–592. DOI: 10.5593/SGEM2016/B31/S12.076. (**Web of Science, Scopus. Статья**)

8) **Яицкая Н.А.** Цифровая модель рельефа дна Каспийского моря // *Экология. Экономика. Информатика. Сборник статей: в 2-х т. Т. 2: Геоинформационные технологии и космический мониторинг*. Выпуск 2. - Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. ISSN 2500-123X. С. 187–196. (**РИНЦ. Статья**)

Тезисы:

9) **Yaitskaya N.** The study of the hydrological regime extreme effects of the Caspian Sea during the XX–XXI centuries // *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 18, EGU2016-PREVIEW, 2016. EGU General Assembly 2016 (**Scopus. Абстракт**)

10) **Яицкая Н.А.** Адаптация спектральной волновой модели SWAN к условиям бассейна Каспийского моря // *Окружающая среда и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии: материалы международной научной конференции и молодежной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, Россия, 5–8 сентября 2016 г.)* / [глав. ред. акад. Г.Г. Матишов]. Ростов н/Д: Изд-во Южного научного центра РАН, 2016. - С. 253–256. (**РИНЦ. Тезисы конференции**)

11) **Яицкая Н.А.** Изучение экстремальных проявлений гидрологического режима Каспийского моря: ре-анализ и прогноз // *Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий*. Том 2: Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции (2–4 декабря 2015 г., Сочи). Сочи: ГБУ КК «Природный орнитологический парк в Имеретинской

низменности», Дониздат, 2015. С. 358-365. **(РИНЦ. Тезисы конференции)** (опубликована после объявления результатов конкурса)

12) Яицкая Н.А., Третьякова И.А., Магаева А.А., Шагаров Л.М., Лесной А.С., Макаровский Г.В. Некоторые результаты исследования гидрологического режима Азовского и Каспийского морей во второй половине XX-начале XXI вв. и его экстремальных проявлений // Моря России: наука, безопасность, ресурсы / Тезисы докладов научной конференции. г. Севастополь, 3-7 октября 2017 г. Севастополь: ФГБУН МГИ, 2017. С. 173-175. **(РИНЦ. Тезисы конференции)**

13) Yaitskaya N., Tretyakova I., Makarovskiy G., Shagarov L. The approach to assessment to winter multi-hazards for closed reservoirs (on the example of the Caspian Sea) // Abstracts of the 3rd International Workshop – 2017 “Eco-Environment Safety along the Silk-Road” (August 22-24, 2017, Marco Polo Hotel, Issyk-Kul region, Kyrgyzstan). Boz-Beshik 2017. Pp. 61-64. **(Тезисы конференции)**

14) Яицкая Н.А. Опасные гидрометеорологические явления в Каспийском море в XX-XXI вв. по данным натурных наблюдений // Социальные, экономические, технологические и экологические аспекты устойчивого развития регионов России: сб. науч. ст. Всерос. науч. конф., Сочи, 23-26 окт. 2018 г. Сочи: ИП Кривлякин С.П., типография «Оптима», 2018. С. 290-295. **(Тезисы конференции)**

В печати находятся статьи, содержащие результаты настоящего исследования (справки из издательств прилагаются):

1) Лопатухин Л.И., Яицкая Н.А. Волновой климат Каспийского моря. Входные данные по ветру для гидродинамического моделирования и некоторые результаты расчетов // Океанология. **2019 (ВАК, Scopus, Web of Science, РИНЦ)**

2) Лопатухин Л.И., Яицкая Н.А. Данные ре-анализа полей ветра над Каспийским морем для расчета режима ветрового волнения // Водные ресурсы. **2019 (ВАК, Scopus, Web of Science, РИНЦ)**

3) Яицкая Н.А. Каспийское море: мультидекадные изменения и экстремальные феномены в XX-XXI вв. // Метеорология и гидрология. Направлена в печать **(ВАК, Scopus, Web of Science, РИНЦ)**

Руководитель проекта выступил на 10 международных и всероссийских конференциях с устными и постерными докладами, в том числе в международном круглом столе, организованном РФФИ по проблемам Каспийского региона:

1) II Всероссийская научно-практическая конференция «Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий» (2-4 декабря 2015 г., Сочи). Выступление с устным докладом:

«Изучение экстремальных проявлений гидрологического режима Каспийского моря: ре-анализ и прогноз». (Конференция проводилась после опубликования результатов конкурса)

2) EGU General Assembly 2016 (17-22 April, 2016, Vienna, Austria). Выступление с постерным докладом:

«The study of the hydrological regime extreme effects of the Caspian Sea during the XX-XXI centuries».

3) 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016 (June 28 - July 6, 2016, Albena, Bulgaria). Выступление с постерным докладом:

«Preliminary Results of Assessment of the Wave Climate Changes in the Sea of Azov and the Caspian Sea During the XX and XXI Centuries».

4) Всероссийская конференция «Геоинформационные технологии и космический мониторинг» (11-17 сентября, 2016 г., Дюрсо). Выступление с устным докладом:

«Цифровая модель рельефа дна Каспийского моря».

5) Международная научная конференция «Окружающая среда и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии» (памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова) (5-8 сентября 2016 г., Ростов-на-Дону). Выступление с устным докладом «Адаптация спектральной волновой модели SWAN к условиям бассейна Каспийского моря».

6) IV Международная конференция «Индикаторы климатических изменений в морских экосистемах. GeoID'2016» (3-7 октября, Сухум, Республика Абхазия). Выступление с

устным докладом «Результаты экспериментов по ретроспективному анализу волнового климата в Каспийском море».

7) 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017 (29 June - 5 July, 2017, Albena, Bulgaria). Выступление с постерными докладами:

«Wind data reanalysis as the input data for wave climate simulation. Caspian Sea as an example»,

«Development of the investigation approach to winter multi-hazards for closed reservoirs on the example of the Caspian Sea».

8) 3rd International Workshop – 2017 “Eco-Environment Safety along the Silk-Road” (August 22-24, 2017, Issyk-Kul region, Kyrgyzstan). Выступление с устным докладом:

«The approach to assessment to winter multi-hazards for closed reservoirs (on the example of the Caspian Sea)».

9) Моря России: наука, безопасность, ресурсы (3-7 октября 2017 г., Севастополь). Выступление с устным докладом:

«Гидрологический режим Азовского и Каспийского морей во второй половине XX-начале XXI вв. и его экстремальные проявления».

10) Международный круглый стол «Будущее Каспия. Научные проекты и исследования» (28-29 ноября 2018 г., Москва, ИО РАН). Выступление с устным докладом:

«Элементы гидрологического режима Каспийского моря в XX-XXI вв. и их экстремальные проявления».

Опубликовано 3 интервью (Приложение В):

1) Журнал Собака. Топ 30 людей Ростова-на-Дону.

2) Газета «Академия». №38 от 8.12.2018 г.

3) Новостная лента РИА-Новости. От 11.09.2018 г.