

Анализ исторических изменений абиотических параметров среды Азовского моря, как возможный инструмент долгосрочного прогнозирования в рыбном хозяйстве

DOI

Кандидат биологических наук, доцент **Д.Ф. Афанасьев** – начальник центра рыбохозяйственной экологии и комплексного анализа экосистем; кандидат биологических наук **В.Н. Белоусов** – заместитель руководителя филиала **Е.А. Кожурин** – руководитель филиала – Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АзНИИРХ»)

@ afanasiev_d_f@azniirkh.ru;
belousov_v_n@azniirkh.ru;
kozhurin_e_a@azniirkh.ru

Ключевые слова:

Азовское море, соленость, эвстатический уровень, лиманно-плавневая зона, долгосрочное прогнозирование

Keywords:

Azov Sea, salinity, eustatic level, estuary-flooded zone, long-term forecasting

ANALYSIS OF HISTORICAL CHANGES OF THE ABIOTIC PARAMETERS OF THE SEA OF AZOV, AS A POSSIBLE TOOL FOR LONG-TERM FORECASTING IN FISHERIES

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor **D.F. Afanasyev** – Head of the Center for Fisheries Ecology and Integrated Ecosystem Analysis; Candidate of Biological Sciences **V.N. Belousov** – Deputy Head of the Branch **E.A. Kozhurin** – Head of the branch – Azov-Black Sea Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography ("AzNIIRH")

Over the past millennia, the Sea of Azov has undergone a number of very significant changes in the hydrological regime, salinity, and boundaries of biological communities. An increase in the salinity of the waters of the Azov Sea up to 15 ‰ was noted many times. This suggests that the current "record" salinity levels from a historical point of view are not extreme. According to forecasts of changes in the level of the World Ocean, one should expect another transgression and intensive ponticization of the Sea of Azov. This creates the preconditions for a long-term forecast of a change in the basic fishing objects in the Sea of Azov from a group of pontic relicts to Mediterranean invaders and introduced species.

Последнее десятилетие в Азово-Черноморском бассейне отмечается значительными и разнонаправленными изменениями численности популяций водных биоресурсов. Наблюдается сокращение запасов тюльки с 590 тыс. т в 2008 г. до 123 тыс. т в 2021 г., бычков – с 80 тыс. т в 2015 г. до 20 тыс. т в 2021 г., азовской хамсы – с 300 тыс. тонн в 2011 г. до 105 тыс. т в 2020 г., тарани – с 8,5 тыс. т в 2015 г. до 2 тыс. т в 2020 г. [1]. В то же время

отмечается рост запаса пиленгаса с 1,2 тыс. т в 2016 г. до 9 тыс. т в 2019 г. [2], азовского калкана – с 0,06 тыс. т в 2015 г. до 2,3 тыс. т в 2021 году. Кроме того, в Азовском море увеличивается численность некоторых черноморских видов.

Всё это происходит на фоне целого ряда абиотических и биотических изменений: увеличения биомассы желетелых организмов (с конца XX-начала XXI вв. – гребневигов, а с 2018 г.

– и медуз) [3], высоких темпов инвазии чужеродных гидробионтов, снижения пресноводного стока, осолонения Азовского моря, быстрых темпов потепления воды, заиления лиманов. Особую тревогу вызывает сочетание рекордного уровня осолонения воды и потепления, чего за прошедшее столетие инструментальных измерений ни разу не наблюдалось. Последнее связывается либо с региональными эффектами глобального изменения климата, либо с циклами аридизации и гумидизации климата в степной зоне Юга России [4].

Для построения прогнозных сценариев в целях планирования развития рыбохозяйственного комплекса важно ответить на вопрос – насколько характерны (или нехарактерны) такие существенные изменения состояния среды для Азовского моря и как они могут в дальнейшем повлиять на состояние рыбных запасов? Цель настоящей работы – анализ имеющихся сведений о динамике солености, эвстатического уровня воды и конфигурации береговой линии Азовского моря за период от момента формирования условий, близких к современным, до настоящего времени и предварительная оценка возможности использования этих данных для долговременного прогнозирования в рыбохозяйственной отрасли.

ОБЗОР ИСТОРИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ЭВСТАТИЧЕСКОГО УРОВНЯ МОРЯ И СОЛЕННОСТИ

Считается, что условия, более-менее близкие к современным, сложились в Азовском море всего около 3,5 тыс. лет назад [4]. Чтобы сформировать общее представление об эволюции абиотических условий в исследуемом регионе и ее взаимосвязи с изменениями климата Земли, начнем краткий обзор с периода существования Карангатского бассейна (36,9-27,4 тыс. л.н.). Бассейн характеризовался ингрессией черноморских вод в Азовское море. Судя по фауне двустворчатых моллюсков, это был теплый соленый водоем, причем его соленость достигала 25‰. С наступлением «последней ледниковой эпохи» (The Last Glacial Period, или вюрмское оледенение) и последовавшей карангатской регрессии, связь со Средиземным морем, скорее всего, была утрачена, а фауна и флора представляли собой переходную между средиземноморской и каспийской солоноватоводной [5]. Эта фаза длилась ориентировочно в период с 26 по 14 тыс. лет назад. Около 15 тыс. лет назад началась деградация последнего оледенения и заполнение котловины Азовского моря пресной водой. В результате соленость начала снижаться и около 13 тыс. лет назад достигла 2‰ и менее [5]. Во время существования Бугазского бассейна (около 9,0-6,2 тыс. лет назад), поступление большого количества пресной воды с севера прекратилось, а соленость повысилась ориентировочно от 3 до 10‰. Последовавшая древнеазовская трансгрессия (3,4-2,3 тыс. л.н.) несколько расширила Азовское море относительно современных границ и повысила его соленость до 18‰ [5]. Новоазовский бассейн (современное Азовское море) сформировался 3,4 тыс. лет назад. С этого времени Азовское море пережило несколько регрессий и трансгрессий, относительно интенсивности

Азовское море за последние тысячелетия претерпело ряд весьма существенных изменений гидрологического режима, солености, границ биологических сообществ. Увеличение солёности вод Азовского моря до 15‰ отмечалось многократно. Это говорит о том, что современные «рекордные» уровни солёности, с исторической точки зрения, таковыми не являются. Согласно прогнозам изменения уровня Мирового океана, стоит ожидать очередную трансгрессию и интенсивную понтизацию Азовского моря. Это создаёт предпосылки для долгосрочного прогноза о смене базовых объектов промысла в Азовском море с группы понтических реликтов (мелкосельдевых и бычков) на средиземноморских вселенцев (калкан, кефали, барабуля) и интродуцентов (пиленгас).

которых идут дискуссии. Обзор, бытовавших представлений об этих фазах, не входит в задачу настоящей статьи, исчерпывающая информация по этому вопросу изложена в работе В.А. Дикарева [6]. Судя по данным, основанным на уточненной датировке двустворчатых моллюсков из колонок, отобранных в разных частях Азовского моря, вероятно, эти изменения не были большими, а предположение о мощной фанаторийской регрессии (3,0-1,9 тыс. л.н.), понизившей уровень моря на метры, пока не находит однозначных подтверждений; регрессивный этап мог иметь место лишь между I и II в. до н.э. [5-8]. В целом, первые 1,1 тыс. лет, с момента формирования современного Азовского моря (3,4-2,3 тыс. л.н.), соленость в Азовском море не опускалась ниже 17‰: уровня, который является пороговым для расселения многих черноморских двустворчатых моллюсков, обнаруженных в слоях этого времени [5]. Такой высокий уровень солёности может объясняться иной морфологией проливов между Черным и Азовским морями (сейчас предполагается наличие в то время двух проливов между Азовским и Чёрным морем – Боспора Киммерийского и, так называемого, Боспора Кубанского, с островами между ними) [5-7; 9; 10], а также разгрузкой р. Кубань в Черное море. По мере объединения островов и образования Таманского полуострова, Азовское море со временем все сильнее изолировалось от Черного, его соленосный режим все больше зависел от стока рек, прежде всего р. Дон. Донные сообщества, с доминированием стеногалинных двустворчатых моллюсков, в этот период сменялись сообществами эвригалинных видов, что хорошо отражается на горизонтах с датировкой ~1700 лет назад. [5]. Распреснение моря и доминирование эвригалинных видов в этот период подтверждается и диатомовым анализом [11]. В дальнейшем в истории Азовского моря выделяют нимфейскую трансгрессию (~1,9-0,9 тыс. л.н.), корсуньскую регрессию (~0,8-0,6 тыс. л.н.) и ордынскую трансгрессию (~0,6-0,4 тыс. л.н.) [4]. В то же время эти фазы, вероятно, значительно не меняли уровень моря.

Таким образом, голоценовый тренд изменения эвстатического уровня моря последние 9 тыс. лет заключался в постепенном повышении уровня воды, но прерывался кратковременными фазами

понижения уровня. При этом указанный тренд совпадает с кривыми уровня воды, полученными для Средиземного моря [8].

Данные, необходимые для реконструкции динамики солености в Азовском море, к сожалению, малочисленны. Инструментальные наблюдения не распространяются в прошлое более чем на сотню лет, а реконструкция галинного режима моря по грунтовым колонкам пока носят ориентировочный характер [4]. Тем не менее, используя данные датировок двустворчатых моллюсков с сомкнутыми раковинами, полученными из грунтовых колонок в центральной и восточной частях Азовского моря М.В. Набоженко [5], а также исходя из границ толерантности к солености тех или иных моллюсков, полученных из справочной литературы [5; 13-15], можно попытаться реконструировать ориентировочную динамику солености моря с момента формирования Новоазовского бассейна (рис. 1).

Не претендуя на абсолютную точность рисунка 1, и принимая во внимание, что это весьма приблизительные данные по усредненной солености моря, можно, тем не менее, сделать некоторые важные для рыбного хозяйства выводы. Во-первых, кривые показывают, что соленость Азовского моря – крайне нестабильна во времени. Во-вторых, пониженная соленость моря, близкая к современным значениям, сформировалась лишь не более 2 тыс. лет назад. Во-третьих, последние 2 тыс. лет периоды пониженной солености прерывались периодами более высокой солености.

Очевидно, что соленость моря зависит от очень многих параметров, в том числе, эвстатического уровня воды, морфологии проливов между Черным и Азовским морями и интенсивности стока рек. Повышению солености способствуют: повышение эвстатического уровня и ингрессия черноморских вод, расширение проливов, снижение общего стока рек и впадение р. Кубань в Черное море. В настоящее время, ввиду стабилизации расположения устья р. Кубань, влиять на соленость могут только

интенсивность стока рек и, в долгосрочной перспективе, эвстатический уровень моря.

ДИНАМИКА ЛИМАННО-ПЛАВНЕВОЙ ЗОНЫ

Одной из важнейших рыбохозяйственных акваторий, с точки зрения воспроизводства проходных рыб Азовского моря, является обширный лиманно-плавневый комплекс, связанный с дельтой р. Кубань. В то же время, очевидно, что его морфология не оставалась неизменной с течением времени и определялась постепенным заилением лиманно-плавневой зоны и выдвиганием фронтальной зоны дельты в сторону моря [10; 16]. Считается, что в античное время существовал обширный палеолиман, включавший не только территории современных темрюкской и черноморской дельт р. Кубань, но и часть кубанской долины вплоть до современной ст. Варениковской [9]. При этом, в южной части палеодолины р. Кубань показано нахождение водоема лиманного типа, время существования которого, по данным радиоуглеродного датирования, охватывает период от середины III тыс. до н.э. до начала I тыс. н.э. [16]. Таким образом, около 2 тыс. лет назад здесь существовал, по-видимому, гораздо более обширный лиманно-плавневый комплекс, который, несмотря на более высокую соленость в собственно Азовском море, обеспечивал высокий уровень воспроизводства и высокую рыбопродуктивность.

Развитие устьевой зоны р. Кубань протекало на фоне неоднократной смены трансгрессивно-регрессивных фаз. Во время трансгрессивных периодов в устьевой области происходило образование лиманов-заливов, гидравлический подпор провоцировал формирование лиманно-дельтового ландшафта [17]. Выполнение лиманно-заливных водоемов происходило в условиях стабилизации и понижения уровня моря. Во время трансгрессий прибрежные районы дельты затапливались, дельтовые рукава дробились и образовывалась много-рукавная дельта с сопутствующим рельефом [17]. В

эпоху падения уровня моря увеличивалась площадь дельты. При относительной стабилизации уровня моря в прибрежной зоне активно образовывались береговые бары, расчленившие приморское побережье на обширные неглубокие депрессии – сосредоточение лагун и лиманов [17].

Считается, что до конца XVIII в. черноморское русло (р. Старая Кубань) являлось основным, по которому осуществлялся речной сток р. Кубань через Кизилташский лиман в Черное море [16]. При этом, речной сток из Кизилташского лимана в Черное море осуществлялся согласно описаниям, приведенным в Лоциях Черного моря (1807, 1850), через относительно широкие (до 100 м) и сравнительно мелководные протоки [16]. Расчистка в конце XVIII в. русла р.

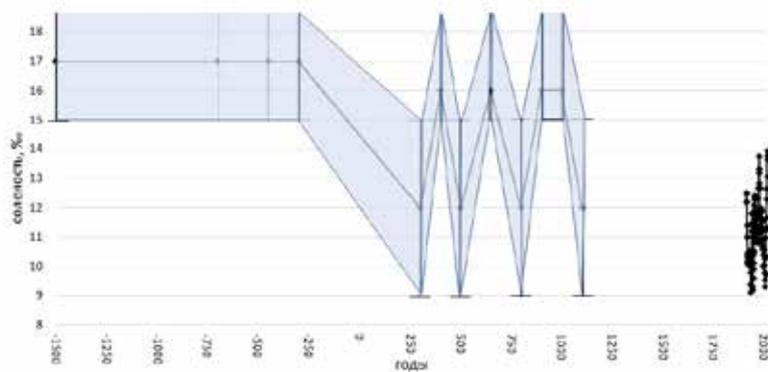


Рисунок 1. Реконструкция динамики диапазона солености в центральной части Азовского моря (на основании данных М.В. Набоженко [5] (-1500-1100 гг.) и современных наблюдений (1912-2021 гг.)

Figure 1. Reconstruction of the dynamics of the salinity range in the central part of the Sea of Azov (based on the data of M.V. Nabozhenko [5] (-1500-1100) and modern observations (1912-2021) selective insertion) (n= 959)

Переволоки, соединявшей р. Кубань с Ахтанизовским лиманом, вызвало перераспределение стока в сторону Азовского моря, сопровождавшееся постепенным отмиранием старого черноморского русла и формированием современной темрюкской дельты [16]. Выдвижение новообразовавшейся дельты, за прошедшие немногим больше 200 лет, прошло со средней скоростью около 5-6 км в столетие [16].

Таким образом, площади лиманно-плавневой зоны и, соответственно, нерестилищ, существенно и быстро менялись с течением времени. При быстрых трансгрессиях, обусловленных повышением уровня моря, происходило осолонение и сокращение площадей лиманно-плавневых зон, при регрессиях – наоборот. Следовательно, запасы полупроходных видов, в частности, судака и тарани, также должны были быть подвержены существенным изменениям в течении времени: трансгрессии, скорее всего, приводили к снижению запасов полупроходных рыб, регрессии – к их увеличению.

ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ЭВСТАТИЧЕСКОГО УРОВНЯ ВОДЫ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ АЗОВСКОГО МОРЯ

Как было показано исследованиями последних лет, голоценовый тренд изменения эвстатического уровня воды направлен на увеличение уровня Мирового океана (МО) в целом, и Азовского моря в частности [7; 8; 10]. При этом с чем бы ни было связано современное потепление и повышение уровня МО – с естественными глобальными циклами, или с деятельностью человека – очевидно, что оно существенно повлияет на динамику уровня моря в ближайшие десятилетия. Согласно данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), глобальная температура между 2025 и 2050 годами увеличится на 1,5-4,5°C по сравнению с началом XXI века [цит. по 18]. Потепление будет способствовать таянию ледников, изменению глобального водообмена, термическому расширению поверхностного слоя океана. Все это будет способствовать повышению океанического уровня. Инструментальные наблюдения показывают, что в последние десятилетия уровень МО повышается со средней скоростью около 1,5 мм/год, а наибольшие оценки подъема уровня за последнее столетие составляют 15-20 см. За этот же период средняя глобальная приземная температура воздуха повысилась на 0,55°C [цит. по 18]. Существует несколько прогнозных сценариев изменения уровня МО и очертаний береговой линии в различных регионах земного шара. Оценки средней величины подъема уровня в ближайшем столетии колеблются от 10-20 см до 4 м и более [18]. На рисунке 2 приведен осредненный график инструментальных наблюдений за последние 150 лет и прогноз на ближайшее столетие, по данным МГЭИК (2007).

Проведенные расчеты показывают, что повышение уровня на 1 м вызовет интенсивное размывание всех восточных берегов Азовского моря и мощную ингрессию морских вод в лиманно-плавневую зону [18-20].

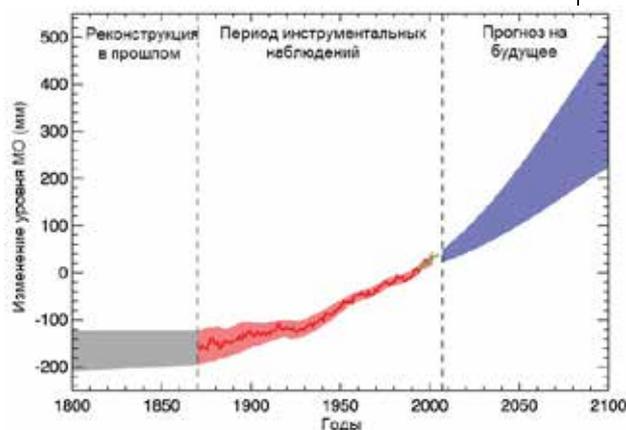


Рисунок 2. Изменение уровня Мирового океана и прогноз на ближайшее столетие, по данным МГЭИК (2007) [по 18]

Figure 2. Sea level change and forecast for the next century according to the IPCC (2007) [by 18]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Азовское море за последние два тысячелетия претерпело ряд весьма существенных изменений морфологии проливов и гидрологического режима. По нашему мнению, это свидетельствует о том, что частые и значительные изменения солёности, и, как следствие, флуктуации границ биологических сообществ – естественная особенность Азовского моря. В период 6-3 тыс. лет назад доминирующим процессом была понтизация флоры и фауны Азовского моря, сменившаяся трендом на опреснение лишь чуть более 2 тыс. лет назад. Последний в свою очередь прерывался периодами осолонения. В настоящее время, согласно прогнозам изменения уровня Мирового океана, по данным МГЭИК, мы, вероятно, стоим на пороге очередной трансгрессии, и в ближайшем будущем вновь стоит ожидать интенсивную и длительную понтизацию Азовского моря. При этом, будет наблюдаться ингрессия солёных вод в лиманы и плавни.

Синоптический взгляд на историю развития Азовского моря позволяет по-новому посмотреть на некоторые чисто рыбохозяйственные вопросы:

- увеличение солёности вод Азовского моря до 15‰ и выше отмечалось многократно, соответственно изменялась и ихтиофауна. Это говорит о том, что современные «рекордные» уровни солёности с исторической точки зрения таковыми не являются. В свою очередь это создаёт предпосылки для долгосрочного прогноза о смене базовых объектов промысла в Азовском море с группы понтических реликтов (мелкосольдевых и бычков) на средиземноморских вселенцев (калкан, кефали, барабуля), а также ряд иных вселенцев (моллюск рапана) и интродуцентов (пиленгас), для которых солёность 14-18‰ входит в зону оптимума;

- относительно короткое эволюционное время служит серьезным доводом в пользу того, что азовская хамса – скорее экологическая форма черноморской, нежели генетически закрепленная, при этом резкие колебания численности азовской формы в значительной степени имеют экологические причины.

Таким образом, в силу своих небольших размеров, эстуарного характера и необычного географического положения, современное Азовское море находилось и находится в постоянном изменении абиотических и биологических характеристик. По всей вероятности, квазистабильные состояния экосистемы моря достаточно редки, относительно непродолжительны и разделены периодами перестройки экосистемы разной длительности.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Уловы, запасы и искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов, производство продукции аквакультуры в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне (2006–2015 гг.): статистический сборник / отв. ред. В.Н. Белоусов. – Ростов-на-Дону: Мини-тайп, 2020. – 128 с.

1. Catches, stocks and artificial reproduction of aquatic biological resources, production of aquaculture products in the Azov-Black Sea fisheries basin (2006-2015): statistical collection / ed. by V.N. Belousov. - Rostov-on-Don: Mini-type, 2020. - 128 p.

2. Кожурин Е.А. Аналитическое оценивание пиленгаса в Азовском море с помощью когортной модели XSA / Е.А. Кожурин, М.М. Пятинский, В.А. Шляхов, О.В. Шляхова // Труды ВНИРО. – 2020. – Т. 182. – С. 7-26.

2. Kozhurin E.A. Analytical estimation of pilengas in the Sea of Azov using the XSA cohort model / E.A. Kozhurin, M.M. Pyatinsky, V.A. Shlyakhov, O.V. Shlyakhova // Proceedings of VNIRO. - 2020. - Vol. 182. - Pp. 7-26.

3. Мирзоян З.А., Мартынюк М.Л., Хренкин Д.В., Афанасьев Д.Ф. Развитие популяций сцифоидных медуз *Rhizostoma pulmo* и *Aurelia aurita* в Азовском море / З.А. Мирзоян, М.Л. Мартынюк, Д.В. Хренкин, Д.Ф. Афанасьев // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2019. – Т.2. – №. 2. – С. 27-35.

3. Mirzoyan Z.A. Development of populations of scyphoid jellyfish *Rhizostoma Pulmo* and *Aurelia aurita* in the Sea of Azov / Z.A. Mirzoyan, M.L. Martynyuk, D.V. Khrenkin, D.F. Afanasyev // Aquatic bioresources and habitat. - 2019. - Vol.2. - No. 2. - Pp. 27-35.

4. Палеогеография Приазовья в голоцене / отв. ред. акад. Г.Г. Матишов. – Ростов-на-Дону: изд-во ЮНЦ РАН, 2019. – 224 с.

4. Paleogeography of the Azov Sea in the Holocene / ed. academician G.G. Matishov. - Rostov-on-Don: publishing house of the YUNTS RAS, 2019. - 224 p.

5. Набоженко М.В. Реконструкция и динамика таксоценоза двустворчатых моллюсков (*Mollusca: Bivalvia*) Азовского моря в позднем голоцене в связи с изменением солености // Труды Зоологического института РАН. – 2013. – №. 3. – С. 182-191.

5. Nabozhenko M.V. Reconstruction and dynamics of the taxocenosis of bivalve mollusks (*Bivalve mollusk*) The Sea of Azov in the Late Holocene due to changes in salinity // Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. – 2013. – №. 3. – Pp. 182-191.

6. Дикарёв В.А. О Фанагорийской регрессии Чёрного моря // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. – 2011. – №. 1. – С. 35-40.

6. Dikarev V.A. About the Phanagoria regression of the Black Sea // Bulletin of the Moscow University. Ser. 5. Geography. - 2011. - No. 1. - Pp. 35-40.

7. Brückner H., Kelterbaum D., Marunchak O., Porotov A., Vött A. The Holocene sea level story since 7500 BP – Lessons from the Eastern Mediterranean, the Black and the Azov Seas // Quaternary International. – 2010. – V. 225. – P. 160-179.

7. Fouache E., Kelterbaum D., Bruckner H., Lericolais G., Dikarev V. The Late Holocene evolution of the Black Sea – a critical view on the so-called Phanagorian regression // Quaternary International. – 2012. – V. 266. – P. 162-174.

9. Журавлев Д.В. Новые данные о географии Таманского полуострова в античное время / Д.В. Журавлев, А. Дан, Х. Герке, Д. Келтербаум, У. Шлотцауер // XVI Боспорские чтения. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Географическая среда и социум. Керчь: Керченская городская типография, 2015. – С. 107-115.

9. Zhuravlev D.V. New data on the geography of the Taman Peninsula in ancient times / D.V. Zhuravlev, A. Dan, H. Gerke, D. Kelterbaum, U. Schlotzauer // in the XVI Bosporan Readings. Bosporus Cimmerician and barbarian world in the period of antiquity and the Middle Ages.

Geographical environment and society. Kerch: Kerch City Printing House, 2015. - Pp. 107-115.

10. Dan A., Brückner H., Gehrke H.-J., Kelterbaum D., Schlotzhauer U., Zhuravlev D. Coracanda, Korokondamè, Korokondamitis: Notes on the most ancient names of the Cimmerician Bosporus, the Kuban Bosporus and the southern part of the Taman Island // Homo omnium horarum / Под редакцией А.В. Белоусова и Е.В. Илюшечкиной. – М.: Издательство Университета Дмитрия Пожарского. – 2020. – С. 682-725.

10. Dan A., Brückner H., Gerke H.-Th., Centerbeam D., Schlotzhauer U., Zhuravlev D. Karaganda, Coromandel, Coromandelica: notes on the ancient names of the Cimmerician Bosporus, Kuban Bosporus and the southern part of the island of Taman // omnium horarum Homo / Under the editorship of A. V. Belousov, E. V. Ilyushechkina. – M.: Publishing House Of University Of Dmitry Pozharsky. – 2020. – Pp. 682-725.

11. Матишов Г.Г., Ковалёва Г.В., Новенко Е.Ю. Результаты спорово-пыльцевого и диатомового анализа грунтовых колонок азовского шельфа. – Доклады РАН. – 2007. – Т. 416. – №. 2. – С. 250-255.

11. Matishov G.G., Kovaleva G.V., Novenko E.Yu. The Results of spore-pollen and diatom analysis of soil columns Azov sea shelf. - Reports of the Russian Academy of Sciences. - 2007. - Vol. 416. - No. 2. - Pp. 250-255.

12. Kelterbaum D., Brückner H., Porotov A., Schlotzhauer U., Zhuravlev D. Geoarchaeology of Taman peninsula (SW Russia) – the example of the ancient Greek settlement of Golubitskaya 2 // Die Erde. – 2011. – №. 143 (3). – P. 235-258.

13. Карпевич А.Ф. Отношение беспозвоночных Азовского моря к изменению солености // Труды ВНИРО. – 1955. – Т. 31. – Вып. 1. – С. 240-275.

13. Karpevich A. F. Attitude invertebrates of the sea of Azov to the salinity changes // Trudy VNIRO. – 1955. – V. 31. – Vol. 1. – Pp. 240-275.

14. Заика В.Е. Митилиды Черного моря. / В.Е. Заика, Н.А. Валовая, А.С. Повчун, Н.К. Ревков – Киев: Наукова думка. – 1990. – 208 с.

14. Zaika V. E. Latin Black sea. / V. E. Zaika, N. And. Gross, A. S. Powcon, N. To. Revkov – Kiev: Naukova Dumka. - 1990 - 208 p.

15. Warén A. Ecology and systematics of the north European species of *Rissoa* and *Pusillina* (*Prosobranchia: Rissoidae*) // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. – 1996. – V. 76. – №. 4. – С. 1013-1059.

16. Сударев Н.И., Поротов А.В., Гарбузов Г.П. Некоторые результаты археолого-палеогеографических исследований в долине Кубани // XVIII Боспорские чтения. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Торговля: пути – товары – отношения. Симферополь-Керчь, 2017. – С. 544-551.

15. Varen A. Ecology and systematics of the Northern European species *Rissoa* and *Pusillina* (*Prosobranchia: Rissoidae*) // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. – 1996. – V. 76. - No. 4. - Pp. 1013-1059.

16. Sudarev N.I., Porotov A.V., Garbuzov G.P. Some results of archaeological and paleogeographic studies in the Kuban valley // in XVIII Bosporan readings. Bosporus Cimmerician and barbarian world in the period of antiquity and the Middle Ages. Trade: ways - goods - relationships. Simferopol-Kerch, 2017. - Pp. 544-551.

17. Свиточ А.А. Строение и развитие основных геоморфологических структур голоценовой дельты р. Кубани / А.А. Свиточ, Д.В. Магрицкий, А.В. Поротов, Р.Р. Макшаев и другие // Геоморфология. – 2019. – №. 4. – С. 77-87.

17. Svitoch A.A. Structure and development of the main geomorphological structures of the Holocene delta of the Kuban River / A.A. Svitoch, D.V. Magritsky, A.V. Porotov, R.R. Makshaev and others // Geomorphology. - 2019. - No. 4. - Pp. 77-87.

18. Дикарёв В.А. Динамика берегов Таманского и Керченского полуостровов в условиях изменения уровня моря // Экосистемы: экология и динамика. – 2018. – Т. 2. – №. 4. – С. 61-74.

18. Dikarev V.A. Dynamics of the shores of the Taman and Kerch peninsulas in conditions of sea level change // Ecosystems: ecology and dynamics. - 2018. - Vol. 2. - No. 4. - Pp. 61-74.

19. Дикарёв В.А. Оценка устойчивости южных берегов Азовского моря и Керченского пролива в условиях изменения уровня моря // Береговая зона – взгляд в будущее. М.: ГЕОС, 2014. – Т. 1. – С. 49-51.

19. Dikarev V.A. Assessment of the stability of the southern shores of the Sea of Azov and the Kerch Strait in conditions of sea level change // Coastal zone - a look into the future. Moscow: GEOS, 2014. - Vol. 1. - Pp. 49-51.

20. Dikarev V.A. The Sea of Azov under anticipated sea-level rise // IGC 610 Fourth Plenary Conference and Field Trip «From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary», Tbilisi, Georgia. Proceedings / Ed.: A.Gilbert, V.Yanko-Hombach, T.Yanina, Georgian National Academy of Science Tbilisi. – 2016. – P. 56-59.