

КАК СФОРМИРОВАЛАСЬ ЭКОСИСТЕМА БЕЛОГО МОРЯ В ПОСЛЕЛЕДНИКОВОЕ ВРЕМЯ: СЦЕНАРИИ И ВОПРОСЫ

Спиридонов В.А.¹

Введение

Экосистема Белого моря существенно отличается от экосистемы прибрежной зоны Баренцева, имея существенное сходство с арктическими экосистемами морей Сибирского шельфа. Это сходство определяется значительной ролью ледяного покрова в сезонных процессах продуцирования и потребления органического вещества [Сажин и др., 2012], арктическим по своему составу и сезонному циклу зоопланктону глубоководных частей моря [Перцова, Прыгункова, 1995] и преимущественно бореально-арктическими и арктическими по своему видовому составу сообществами макробентоса на глубинах более 25 м [Наумов, 2007]. Зимнее перемешивание толщи воды в Горле приводит к формированию холодных вод с повышенной для моря соленостью, которые, скатываясь в котловину внутренней части Белого моря (глубиной около 300 м), формируют глубинную беломорскую воду. Эта водная масса круглый год сохраняет отрицательную температуру [Пантюлин, 2012] и определяет многие свойства экосистемы как арктической по своему характеру. При этом разнообразие донного рельефа [Невеский и др., 1977] и гидрологических условий Белого моря приводит к формированию целых пространственных блоков экосистемы и районов, где преобладают бореальные по своей биогеографической природе и требующие летнего прогрева воды виды планктона, макрофитов и фауны [Наумов, 2007; Перцова, Прыгункова, 1995; Naumov, 2001].

Геологические структуры, формирующие беломорский морской бассейн, имеют древнюю историю, но в своем современном виде Белое море и его экосистема очень молоды. Во время максимума последнего оледенения (около 18 т.л.н.) Скандинавский ледяной щит полностью Белое море, заполняя его впадину [Демидов, 2010; Евзеров, 2010]. Необходимо отметить, что для предшествующего периода микулинского межледниковья имеются указания на существование соединения между Белым морем и Балтикой. Находки ископаемой фауны этого периода указывают на то, что Белое море было населено преимущественно бореальной фауной моллюсков со многими видами, присутствующими

¹ Спиридонов В.А. — Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва.

в нем и сегодня [Funder et al., 2002; Knipowitsch, 1900]. Однако в этом море присутствовали и виды арктического комплекса с преобладанием *Portlandia* sp., которые также могли обитать в холодных придонных водах, образовавшихся в результате зимнего охлаждения [Funder et al., 2002]. Так или иначе, во время последнего ледникового максимума эта палео-беломорская фауна была неизбежно обречена на вымирание. Приледниковые озера могли быть населены своеобразным комплексом ракообразных и рыб, частично имеющих давнее морское происхождение и оказавших важное влияние на формирование современной фауны озер Северной Европы, но эти фауногенетические процессы имеют ограниченное отношение к Белому морю [Кудерский, 1963; Наумов, Федяков, 1981]. Таким образом, история формирования современной беломорской экосистемы начинается с разрушения Скандинавского ледяного щита. Ее сопровождала тенденция к регрессии моря в результате гляциоизостатического поднятия суши, прерываемая более краткими периодами трансгрессии.

Сценарии формирования

Сценарий формирования современной беломорской экосистемы предложен [Наумов, 2006; Наумов, Гонтарь, 2004; Наумов, Федяков, 1991] и описывает, в первую очередь, ее донный компонент. Этот сценарий основывается на классическом исследовании позднеледниковой и голоценовой эволюции Белого моря, выполненным [Невеский и др., 1977], и изучении раковин моллюсков в колонках донных осадках, послуживших основой указанной работы [Говберг, 1968; 1970]. Кроме того, важнейшую роль в сценарии играют представления об изменении глубины Горла Белого моря — того канала, по которому шло заселение моря морской биотой. Согласно данной концепции в конце плейстоцена (аллерёде, 12–11 ^{14}C т.л.н.) Белое море было заполнено ледником, по краям которого располагались подпружные пресноводные бассейны. В области Двинского залива в конце аллерёда наблюдались солоноватоводные виды диатомовых и фораминифер, что говорит о проникновении морских вод [Невеский и др., 1977].

В начале голоцена (молодой дриас) в краевых частях Белого моря существовали мелководные бассейны с пониженной соленостью, в которых обитал характерный для внешних частей эстуариев сибирских морей двустворчатый моллюск *Portlandia aestuariorum*. Ныне в Белом море этот вид отсутствует [Наумов, 2006]. По представлениям [Невеский и др., 1977] и Наумова [Наумов, 2006] на большей части акватории моря в дриасе произошло всплытие донного льда, в море сохранялся круглогодичный ледяной покров, а в центральной части находился

массив «мертвого льда» — гигантского заякоренного айсберга, остатка ледника. В работе [Наумов, Федяков, 1991] предполагается, что вокруг массива льда существовало круговое течение: сильное в северной части и более слабое в южной мелководной. Глубина Горла в это время в силу гляциоизостатических и эвстатических движений коры должна была быть больше, чем в настоящее время. Используя данные Б.И. Кошечкина [1979] о тектоническом поднятии в этом районе, Наумов [2006] приходит к выводу, что средняя глубина Горла могла составлять около 80 м. Заток вод из Баренцева моря, как и сейчас, происходил вдоль западного берега Горла, а вынос опресненных за счет таяния ледника и стока рек вод — вдоль восточного берега. Объем водообмена мог быть значительно больше, чем сейчас, но в силу большей глубины пролива приливные течения могли быть слабее и позволять формирование стратификации и накопление илистых осадков. В этих условиях в пребореальной климатической фазе голоцена (10—9 ^{14}C т.л.н.) произошло вселение бореального вида — мидии (*Mytilus edulis*) и арктического вида портландии, *Portlandia arctica*. В настоящее время портландия в Горле не встречена, и условий, обуславливающих ее обитание (близкая к нулю температура и илистые грунты, [Наумов, 2006]) там нет. Пелагическая личинка у этого вида отсутствует [Наумов, 2006] и, таким образом, расселиться на стадии взрослых особей через Горло портландия могла только в том случае, если в проливе существовала температурная стратификация с низкими придонными температурами летом (отсутствующая в современных условиях [Пантюлин, 2012]) и пригодные субстраты. Поскольку в рассматриваемом сценарии принимается представление о «мертвом льде» в глубоководной части моря, Наумов [2006] предполагает, что вначале портландия вселилась в котловины ковшовых губ (глубина которых сходна с обычной глубиной обитания вида на Сибирском шельфе) и только после таяния гигантского айсберга сформировала облик донных сообществ в центральной котловине. В бореальной фазе голоцена (9—8 ^{14}C тыс. л.н.) климат оставался достаточно холодным на фоне трансгрессии моря. Однако уже 7500 ^{14}C л.н. летняя температура поверхностного слоя была на 1,5—2 °C выше современной [Рыбалко и др., 2017]. В это время в результате новых вселений растет число видов моллюсков в ископаемых таксоценозах, как за счет аркто-бореальных холодноводных видов (*Yoldia hyperborea*, *Macoma calcarea*), так и бореальных, более тепловодных видов (*Crenella decussata*, *Macoma balthica*) и экологически пластичных таксонов с температурной толерантностью (*Hiatella* sp.) [Наумов, 2006].

С атлантической климатической фазой связано значительное потепление климата. По данным диатомового анализа (появление тепло-

водных видов) в это время реконструируется активное поступление в Белое море атлантических вод [Джиноридзе, 1972; Полякова и др., 2014]. По мнению А.Д. Наумова [2006] именно на этот период приходилось полное таяние «мертвого льда» и установление современного гидрологического режима Белого моря с образованием холодных глубинных вод в Горле зимой, и относительно теплого режима Онежского залива. К этому времени относится значительное увеличение разнообразия обитавших в Белом море двустворчатых моллюсков за счет как бореально-арктических видов семейства Astartidae (*Tridonta borealis*, *Nicania montagui*, *Elliptica elliptica*), Nuculanidae (*Nuculana pernula*, *N. minuta*), представителей других семейств, широко распространенных в Арктике, в частности гребешка *Chlamys islandica*. Впервые появляется и бореальный вид циприна *Arctica islandica* [Говберг, 1968; 1970; Наумов, 2006; Невесский и др., 1977]. Часть этих моллюсков обнаруживает несомненное предпочтение к илистым грунтам и лишена пелагической личинки, что предполагает наличие таких грунтов в период их вселения через Горло Белого моря [Наумов, 2006]. Обычные виды двустворчатых моллюсков, обитавших в Белом море в атлантическое время, значительно крупнее представителей тех же видов, встречавшихся в бореальное время и позже (рис. 1), что свидетельствует о более продуктивных условиях этой фазы [Говберг, 1968; 1970]. Повышенная продуктивность в это время подтверждается также микропалеонтологическими исследованиями [Новичкова, 2007; Полякова и др., 2014].



Рис. 1. Раковины *Hiatella cf. arctica*, собранные из морских отложений разного возраста в районе мыса Зеленый (пролив Великая Салма, Кандалакшский залив) в ходе экскурсии участников конференции «Поздне- и постгляциальная история Белого моря» 18.09.2018 г. Слева раковины моллюсков, живших в бореальную фазу голоцена, справа – раковины из отложений атлантической фазы (возраст по сообщению Н.Е. Зарецкой)

В течение следующей субантлантической фазы голоцена, начавшейся около 3000 ^{14}C л.н., наблюдалось относительное похолодание, а затем продолжающееся до наших дней чередование теплых и холодных периодов. К началу этой эпохи относится вселение в Белое море еще ряда бореально-арктических видов холодноводных двустворчатых моллюсков (*Clinocardium ciliatum*, *Crenella decussata*, *Dacrydium vitreum*, *Leionucula belottii*, *Musculus corrugatus*) и бореального вида модиолуса, *Modiolus modiolus* [Говберг, 1968; 1970; Наумов, 2006; Невесский и др., 1977]. Часть этих видов в настоящее время в Горле не встречается или редка [Solyanko et al., 2011]. Путем анализа «отрицательных черт фауны Белого моря» (дефицита видов в определенных группах по сравнению с баренцевоморской фауной) с помощью модели расселения Пикколи-Сартори А.Д. Наумов и В.И. Гонтарь [2004] приходят к выводу о наличии механизма, ограничившего вселение в Белое море представителей баренцевоморской донной фауны — Горла Белого моря. К этому времени оно приобрело глубину около 40 м, характерный гидрологический режим с сильными придонными течениями и длительным выхолаживанием всего столба воды [Пантюлин, 2012], подвижные песчаные осадки на значительной площади [Рыбалко и др., 2017] и практическое отсутствие биотопов с илистыми осадками. Все эти факторы ограничивают сегодня распространение целого ряда групп макробентоса [Спиридонов и др., 2010; Solyanko et al., 2011].

Для планктона Горло, конечно, барьером не является, однако разделяет районы с разными океанографическими режимами, в которых обитают характерные для них планктонные сообщества. Кроме того, Горло в его современном виде является коридором, через который проходят сезонные и эпизодические миграции морских птиц [Краснов, 2012], млекопитающих [Светочев, Светочева, 2012] и рыб [Белое море, 1995], связывающие экосистему Белого моря с экосистемами других морей Северного Ледовитого океана.

Необходимо отметить, что значительная часть видов моллюсков, вселившихся в Белое море к концу атлантической фазы голоцена, являются в настоящее время доминантами донных сообществ, как арктического и бореально-арктического типа на глубинах более 25 м (*P. arctica*, *Astartidae*, *Y. hyperborea*, *M. calcarea*, *C. ciliatum*), бореального типа на меньших глубинах (*A. islandica*, *M. modiolus*) и на литорали (*M. edulis*, *M. balthica*) [Наумов, 2006, Чикина и др., 2014; 2107; Naumov, 2001]. Показано, что сообщества с доминированием таких долгоживущих видов как циприна и модиолус могут существовать на одном и том же месте в Белом море по меньшей мере десятилетия,

если не столетия [Чикина и др., 2014; 2017]. Нельзя исключить, что эти сообщества могли сформироваться там, где они присутствуют сейчас, еще в субатлантическую фазу голоцена.

Современные геологические и палеогеографические данные заставляют модифицировать изложенный выше биолого-океанографический сценарий. Прежде всего представление о «мертвом льде» в глубоководной части Белого моря не находит литологических и седиментологических подтверждений; накапливающиеся факты говорят о формировании современного морского бассейна в глубоководной части Белого моря у Соловецкого архипелага в позднем дриасе [Полякова и др., 2014]. Проникновение морских вод в район современного Онежского залива по современным радиоуглеродным датировкам также могло произойти достаточно рано (13–11,5 тыс. ^{14}C л.н.) [Новичкова, 2007]. Нерешенным до конца остается вопрос об условиях Горла Белого моря в голоцене. Современные исследования, в т.ч. представленные в этом издании, свидетельствуют, что помимо процессов гляциоизостатического поднятия и изменений уровня океана на изменение береговой линии в западном Беломорье в голоцене оказывали влияние и неотектонические процессы. Это затрудняет генерализацию реконструкций динамики береговой линии в немногих исследованных участках Терского берега на Кольском п-ве. Палеогеографические исследования на Зимнем (материковом) берегу Горла указывают на относительно небольшие изменения береговой линии в голоцене [Шилова и др., 2018]. Отсутствие донного льда, скорее всего, предполагает еще более раннее проникновение порتلандии и, в целом, формирование арктического элемента фауны Белого моря (и, при этом, совершенно необязательно в первую очередь в ковшовых губах). Это обстоятельство указывает на существенно иные, чем сейчас условия Горла, даже если пролив не был столь глубоким, как предполагает А.Д. Наумов.

Археологические и исторические свидетельства

С наступлением атлантической фазы беломорское побережье становится пересечением ареалов нескольких неолитических культур [14]. Беломорские петроглифы в устье р. Выг, относимые к этому времени, примерно 5700–4900 л.н. [14] сохранили изображения белухи сцен охоты на них приморского населения (Рис. 2) [13]. Белуха обычна в Белом море в настоящее время, а в целом обитает в морях с сезонным ледяным покровом и зависит от пелагической пищевой цепи [8], в которой промежуточными потребителями зоопланктона являются такие рыбы, как сельдь, мойва, сайка и песчанка [1]. В свою очередь массовость этих рыб обеспечивается наличием калорийного и образующего сезонные

агрегации зоопланктона, например, популяций арктического вида веслоногих рачков *Calanus glacialis*, обитающего в настоящее время в Белом море [22]. Можно предполагать, что несмотря на более теплые, чем сейчас условия атлантической фазы голоцена в Белом море формировалась холодная глубинная вода (в которой зимует калянус и обитают макробентосные виды арктического комплекса), сезонный ледяной покров и функционировала полная пелагическая пищевая цепь, характерная для полярных морей. К сожалению, остатки морской фауны, промысляемой рыболовами и морскими охотниками неолита, изучены недостаточно и не могут пока быть использованы для характеристики других особенностей беломорской экосистемы того времени. Многие для понимания динамики беломорской экосистемы в масштабе тысячелетий — столетий мог бы дать и статистический анализ существования древних рыболовных поселений на берегах моря с атлантического времени до появления современных поселений в XV–XVII веках.



Рис. 2. Изображение белухи с детенышем. Петроглифы Залавруги, в окрестностях г. Беломорска (Карелия). Фото В.А. Спиридонова

Исторические свидетельства достаточно давно используются для оценки изменений в беломорской экосистеме за последние столетия. Правда касаются они, в основном, организмов высших трофических звеньев. Наиболее существенное событие, упоминание о котором можно найти в литературе, это исчезновение в Белом море промысляемой популяции атлантического моржа в XVI–XVIII веках [12]. Архангелого-

родский краевед XVIII века А.И. Фомин [28] отмечал, что моржей «при мезенских берегах нарочитое водится количество, а главное их жилище у Шпицбергена и Новой Земли». Возможно в Малый ледниковый период, пришедшийся как раз на то время, о котором пишет А.И. Фомин, более продолжительный ледовый сезон способствовал широким миграциям зимующих на дрейфующих льдах моржей печорской популяции, часть которых задерживалась в Белом море и устраивала залежки на его северных берегах. Об обитании там моржей свидетельствуют такие названия, как остров Моржовец на границе Горла и Мезенского залива. Сокращение стада моржей в результате промысла сузило и область массового распространения. В настоящее время встречи моржей в Белом море участились [26], что можно связать с ростом численности охраняемой печорской популяции.

Заключение

Реконструкция становления и динамики экосистемы Белого моря в голоцене возможна в результате синтеза данных морской геологии, изучения динамики береговой линии, плейстоцен-голоценовой микропалеонтологии и изучения ископаемых и субфоссильных моллюсков, геохронологии, археологии, анализа исторических источников и знания экологии современных видов и сообществ. Перспективно приложение к истории экосистемы и появляющихся, но еще крайне немногочисленных филогеографических исследований видов, обитающих в Белом море. Для всех указанных областей такой синтез будет полезен благодаря новой постановке вопросов и переосмыслению имеющегося материала. Чрезвычайно важна была бы современная сводка о составе и геохронологических датировках моллюсков в голоценовых отложениях как на морском дне, так и на берегу. Реконструкция роста моллюсков из отложений позволит по-новому оценить температурные условия и продуктивность вод в те или иные фазы голоцена. Далеко не реализован потенциал использования археологических данных и исторических источников в реконструкции динамики промышляемых видов морской фауны с атлантического времени до современности. Ключевым же для понимания становления беломорской экосистемы является обращенный к геологам вопрос об изменении глубины и седиментационной обстановки в Горле Белого моря в голоцене.

Исследование поддержано грантом РФФИ 18-05-60053 «Бентос шельфа морей западного сектора Российской Арктики как индикатор состояния морских экосистем в современных условиях».

Литература

- [1] Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. Часть. II. Под ред. В.Я. Бергера. 1995. Исследования фауны морей. Т. 42(50). — 216 с.
- [2] Говберг Л.И. 1968. Распределение моллюсков в толще голоценовых осадков Онежского залива // Океанология. Т.8. №4. С.666—679.
- [3] Говберг Л.И. 1970. Распределение моллюсков в толще голоценовых осадков Белого моря // Океанология. Т. 10. №5.
- [4] Демидов И.Н. Геология и динамика новейшего периода формирования акватории Белого моря // Система Белого моря. Т. 1. Природная среда водосбора Белого моря. Под ред. А.П. Лисицына. — М.: Научный мир. — С. 58—75.
- [5] Джиноридзе Р.Н. 1972. Изменение ареалов некоторых характерных диатомовых водорослей Белого моря в голоцене // Вестник ЛГУ. 1972 №12. — С.132—138.
- [6] Евзеров В.Я. Оледенения района беломорской котловины // Система Белого моря. Т. 1. Природная среда водосбора Белого моря. Под ред. А.П. Лисицына. — М.: Научный мир. — С. 76—93.
- [7] Климанов В.А., Елина Г.А. Изменения климата на Северо-западе Русской равнины в голоцене // ДАН. СССР. 1984. Т. 274. №5. — С. 1164—1167.
- [8] Клунов С.К. 1936. Распределение белухи *Delphinapterus leucas* (Pall.) на европейско-азиатском севере // Труды Полярной комиссии. Вып. 27. 71 с.
- [9] Кошечкин Б.И. 1979. Голоценовая тектоника восточной части Балтийского щита. — Л.: Наука. — 158 с.
- [10] Краснов Ю.В. 2012. Морские птицы: современное состояние популяций, распределение и трофические связи // Биологические ресурсы Белого моря: изучение и использование. Исследование фауны морей. Т. 69 (77). СПб: Зоологический и-т РАН. С.244—260.
- [11] Кудерский Л.А. 1963. О балтийских реликтах в фауне и флоре Белого моря // Океанология. Т.3. №2. —С. 297—307.
- [12] Кузнецов В.В. 1960. Белое море и биологические особенности его флоры и фауны. — М.-Л.: Изд-во АН СССР. — 322 с.
- [13] Лобанова Н.В. 2005. Тайны петроглифов Карелии. Петрозаводск. — 32 с.
- [14] Лобанова Н.В. 2015. Петроглифы в низовьях реки Выг: проблемы хронологии и периодизации // Российская археология. 2015. №4. — С.16—33.

- [15] *Наумов А.Д.* 2006. Двустворчатые моллюски Белого моря. Эколого-фаунистический анализ // Исследования фауны морей. Т.59 (67). — СПб: Зоологический и-т РАН. — С. 1–351.
- [16] *Наумов А.Д.* 2007. Биогеографическая зональность бентали Белого моря // Труды ГосНИОРХ. Вып.337. — С. 580–590.
- [17] *Наумов А.Д., Гонтарь В.И.* 2004. Расселение морских донных животных как механизм биологической инвазии // Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. Под ред. Алимова А.Ф. и Богдацкой Н.Г. — М.: Т-во научных изд. КМК. — С. 214–220.
- [18] *Наумов А.Д., Федяков В.В.* 1991. Вечно живое Белое море. СПб: Изд. СПбГДТУ. — 336 с.
- [19] *Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В.* 1977. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. — М.: Наука, 1977. — 236 с.
- [20] *Новичкова Е.А.* 2007. Постледниковая история развития Белого моря по материалам изучения водных и наземных палиноморф. Автореф. дисс. к.г.м. — М.: ИО РАН. — 26 с.
- [21] *Пантюлин А.Н.* 2012. Динамика, структура и водные массы // Система Белого моря. Т. II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. Под ред. А.П. Лисицына и И.А. Немировской. — М.: Научный мир. — С. 309–379.
- [22] *Перцова Н.М., Прыгункова Р.В.* Зоопланктон // Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. Часть. II. Под ред. В.Я. Бергера. Исследования фауны морей. Т. 42(50). — С. 115 – 141
- [23] *Полякова Е.И., Новичкова Е.А., Лисицын А.П., Баух Х.А., Рыбалко А.Е.* Современные данные по биостратиграфии и геохронологии донных осадков Белого моря // ДАН. 2014. Т. 454. №4. —С. 467–472.
- [24] *Рыбалко А.Е., В.А. Журавлев, Л.Р. Семенова, М.Ю. Токарев.* 2017. Четвертичные отложения Белого моря и история развития современного Беломорского бассейна в позднем неоплейстоцене-голоцене // Система Белого моря. Т. IV. Процессы осадкообразования, геология и история. Под ред. А.П. Лисицына, И.А. Немировской, В.П. Шевченко, В.Г. Воронцовой. — М.: Научный мир. — С. 16–84.
- [25] *Сажин А.Ф., Ратькова Т.Н., Мошаров С.А., Романова Н.Д., Мошарова И.В., Портнова Д.А.* 2012. Биологические компоненты сезонного льда // Биологические ресурсы Белого моря: изучение и использование. Исследование фауны морей. Т. 69 (77). — СПб: Зоологический и-т РАН. — С. 97–115.
- [26] *Светочев В.Н., Светочева О.Н.* 2012. Морские млекопитающие: биология, питание, запасы // Биологические ресурсы Белого моря:

- изучение и использование. Исследование фауны морей. Т. 69 (77). — СПб: Зоологический и-т РАН. — С. 261 — 286.
- [27] *Спиридонов В.А., Солянко Е.Ю., Наумов А.Д.* 2010. Почему не схожи между собой сообщества сублиторального макробентоса Горла и Онежского залива Белого моря? // Материалы XI конференции с международным участием «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря». — СПб. — С. 175–17П7.
- [28] *Фомин А.И.* 1788. Опыт исторический о морских зверях и рыбах, промыслаемых Архангелгородской губернии жителями в Белом море, Северном и Ледовитом океанах, с описанием образа тех промыслов // Новые ежемесячные сочинения. СПб. Ч. 25. С. 24–60. Цит. по Кузнецову [1960].
- [29] *Чикина М.В., Спиридонов В.А., Мардашова М.В.* 2014. Изучение пространственной и временной изменчивости прибрежных донных сообществ Керетского архипелага и пролива Великая Салма (Кандалакшский залив, Белое море) // Океанология. Т. 54, №1. — С. 60–72.
- [30] *Чикина М.В., Спиридонов В.А., Наумов А.Д.* 2017. Многолетняя стабильность ряда характеристик сообществ с доминированием *Modiolus modiolus* в Онежском заливе Белого моря // Труды MARESEDU-2017, Москва, 30,11–02,2017 г. — Тверь: ООО «ПолиПРЕСС». — С. 503–506.
- [31] *Шилова О.С., Репкина Т.Ю., Зарецкая Н.Е.* 2018. Изменения уровня моря на Зимнем берегу Белого моря в голоцене по данным диатомового анализа // в наст. сборнике.
- [32] *Funder S., Demidov I., Yalovicheva Ya.* 2002. Hydrography and mollusc faunas of the Baltic and the White Sea — North Sea seaway in the Eemian // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Vol.184. — P. 275–304.
- [33] *Knipowitsch N.M.* 1900. Zur Kenntniss der geologischen Geschichte der fauna des Weissen- und des Murman-Meeres // Verhandlungen Kaiserlichen Russischen Mineralogischen Gesellschaft St Petersburg 2 Ser. Bd. 38 (1). — S. 1 — 169.
- [34] *Naumov A.D.* 2001. Zoobenthos // V.Y. Berger, S. Dahle (eds). White Sea. Ecology and environment. St. Petersburg: Derzavets. — P. 42–54.
- [35] *Solyanko K., Spiridonov V., Naumov A.* 2011. Benthic fauna of the Gorlo Strait, White Sea: a first species inventory based on data from three different decades from the 1920s to 2000s // Marine Biodiversity. Vol.41 (3). — P. 441–453.