

ИЗМЕНЧИВОСТЬ УРОВНЯ ПОЛЯРНЫХ МОРЕЙ РОССИИ В ГОЛОЦЕНЕ

канд. геогр. наук А.С. МАКАРОВ, инженер А.А. ТРУНИН

ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, e-mail: makarov@aari.ru

Рассматривается проблема изменчивости уровня морей арктической зоны Российской Федерации в голоцене. На основании анализа более чем 600 датировок документов, свидетельствующих о положении уровня морей АЗРФ в голоцене с использованием метода главных компонент удалось выявить палеособытия повышенного стояния уровня этих морей в голоцене на этапах 6, 4 и 2,5–1,5 тыс.л.н. и определить возможные причины таких изменений.

Ключевые слова: голоцен, изменчивость уровня моря, моря российской Арктики, палеореконструкции.

Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) приобретает все большее значение как действующая и развивающаяся транспортная магистраль, как минерально-сырьевой источник, а политика заставляет ее рассматривать и обустраивать в целях обороны страны. Развитие АЗРФ невозможно без освоения, использования и преобразования береговой зоны. Изменчивость уровня моря — это важнейший фактор, определяющий развитие береговой зоны в прошлом, в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Реконструкция хода уровня моря за последние 10 тыс. лет является фундаментальной задачей для создания прогнозных оценок колебаний уровня моря в будущем, в ближайшие десятки и сотни лет.

Сформированные к настоящему моменту представления о ходе уровня Мирового океана в послеледниковье (последние 10–15 тыс. лет) показывают, что в начале голоцена уровень моря был значительно ниже современного. Оценки величин отступления уровня у разных исследователей варьируют от –50 м до –120 м (Lambeck et al., 2001). После достижения минимума 15–17 тыс. лет назад (тыс.л.н.) уровень рос, достигнув современных отметок около 5 тыс. лет назад, затем стабилизировался. За последние 15–20 лет получено большое количество сведений по истории развития береговой зоны АЗРФ, что позволяет значительно уточнить устоявшиеся представления о колебаниях уровня моря в прошлом. Появились многочисленные данные изучения древних береговых линий суши наряду с давно ведущимися исследованиями морского дна.

Изменчивость уровня моря в Российской Арктике в течение голоцена часто была разнонаправленна. Так, побережье островов западных морей Российской Арктики характеризовалось падением уровня моря с отметок более +100 м в начале голоцена до современных отметок 5000 л.н. (Forman et al., 2004). При этом выделяются этапы стабилизации уровня и/или замедления скорости его падения, которые зачастую со-

ответствуют этапам повышения уровня в восточном секторе Российской Арктики и в зарубежной Арктике. По данным изучения донных отложений арктических морей реконструируется ход уровня, близкий к глобальному (Stein et al., 2004). Одновременно данные с побережья Карского моря (Manley et al., 2001) и дельт крупных рек (Большаянов и др., 2013) говорят о том, что уровень моря мог и превышать современные отметки на этапах 6–7, 3–4 и 1,2–1,5 тыс.л.н. Восточные моря Российской Арктики имеют более единообразную картину изменчивости уровня моря в голоцене или менее изучены в этом смысле по сравнению с западным сектором Российской Арктики. Изучение морских донных отложений показывает близкий к глобальному ход уровня моря (Vauch et al., 2001). Изучение же континентальных свидетельств положения уровня моря позволяет говорить, как минимум, о трех палеособытиях повышенного стояния уровня моря в голоцене (Макаров, 2009) на этапах 6–7, 3–4 и 1,2–1,5 тыс.л.н., что соответствует периодам падения или стабилизации уровня для береговых линий западного сектора Российской Арктики (Макаров, 2014). Эти результаты в той или иной степени подтверждаются данными с побережий зарубежной Арктики (Long et al., 2003).

Для реконструкции повышенного положения уровня моря в прошлом изучаются геологические и геоморфологические свидетельства побережий. О пониженном относительно современного уровне судят на основании изучения морских донных отложений и в редких случаях изучения отложений озер, расположенных вблизи современной береговой линии. Следы повышенного относительно современного уровня можно отыскать лишь на суше. Геоморфологические следы повышенного стояния уровня моря в прошлом — это морские террасы, древние береговые валы и береговые линии, а также морские отложения суши, которые могут и не формировать уровенных поверхностей, например морские отложения в озерах и лагунах, расположенных в прибрежной зоне. Исследования каскадов озер, расположенных в прибрежной зоне, дают возможность выявить с высокой точностью ход уровня моря в прошлом, определить амплитуду и время изменений уровня моря (Колька и др., 2012).

Важным для рассматриваемого вопроса является тот факт, что следы повышенного стояния уровня моря в прошлом можно найти только на суше, а пониженного — как правило, на дне моря. К сожалению, зачастую данные об изменчивости уровня моря в Арктике, полученные на суше и в море, рассматриваются отдельно. В связи с этим возникают сложности их интерпретации и сопоставления данных, полученных в море и на суше. Одна из них — разный характер получаемых данных. В ходе морских исследований возможно получение детальной, но при этом точечной информации о характере палеообстановок (результаты бурения), которые в интерпретациях распространяются на огромные площади морей (Hopkins, 1973; Vauch, 2001). Данные, полученные на суше, дают больше возможностей увидеть палеособытия на огромных пространствах арктических морей, т.к. изучаются объекты, которые можно увидеть и исследовать на значительных пространствах. Возраст отложений определяется их датированием. Для голоценовых осадков главным образом используется метод радиоуглеродного датирования. Исследования морских отложений на современном дне морей не дают информации о повышении уровня моря относительно современного в прошлом, но связаны в публикациях с понятием стабилизации уровня на современном этапе, временные оценки которого сконцентрированы на рубеже около 5000 лет назад.

В вопросе об изменчивости уровня обычно речь ведется об относительных колебаниях уровня моря, являющихся результатом совокупного влияния многих факторов, которые можно разделить на два типа. Первый — это гидрократический, вызванный изменением объема воды и изменения объема океанической (морской) впадины (Бадюков, 1982). Второй — геократический, отражающий изменение положения береговой линии в результате изменения объема океанической ванны тектоническими движениями, причины которых могут быть различны. К настоящему моменту, несмотря на многочисленные попытки (Mölgner, 1976), нет существенной возможности разделить влияние каждого из факторов на общую картину изменения уровня моря в прошлом.

В литературе упоминания о положении уровня моря часто неразрывно связаны с объяснением причин, их обуславливающих. Это дает информацию о региональных особенностях хода уровня, но затрудняет сравнение данных из разных регионов, выявление общих закономерностей хода уровня моря в голоцене и создание единой картины изменчивости уровня. Временный отказ от рассмотрения изменчивости относительного уровня в связи с возможными причинами, обуславливающими ее, позволил сосредоточиться на выявлении сходств и различий хода уровня регионов АЗРФ с целью определения временных этапов его преимущественного поднятия или опускания, а также их амплитуды.

Для выявления не локальной и региональной, а общей закономерности изменчивости уровня морей АЗРФ в голоцене использовался метод главных компонент (Бахтин и др., 2007; Белонин и др., 1982), достоинство которого заключается в возможности выделения не сопряженных между собой факторов изменчивости величин. Согласно работе (Бахтин и др., 2007) применение факторного анализа позволяет определять количество действующих факторов и их относительную интенсивность, выявлять признаковую структуру факторов, т.е. показывать, какими именно признаками изучаемого объекта обусловлено действие того или иного фактора и в какой относительной мере определяется влияние каждого из факторов на значение того или иного признака изучаемого объекта. Применение метода факторного анализа при реконструкции изменчивости уровня моря в голоцене дает возможность определять главные действующие факторы этого процесса и разделить их влияние в тот или иной временной период.

Следует отметить, что полученные в итоге факторы изменчивости не могут быть напрямую интерпретированы как те или иные факторы изменчивости уровня моря, а представляют собой лишь расчетные параметры.

Для использования факторного анализа необходимо было создать массив численных данных по изменчивости уровня морей АЗРФ в голоцене. Вначале была собрана обширная библиотека данных о свидетельствах изменчивости уровня моря в прошлом, содержащая данные более чем о 1000 датированных следах положения уровня моря в голоцене. Эти данные получены главным образом для побережья морей Баренцева, Карского и Лаптевых, что объясняется наибольшей степенью их изученности и доступности данных для использования. На первом этапе, этапе сбора информации, в библиотеку вносились любые упоминания о положении уровня моря в прошлом. Применение численных методов для поставленной задачи обнаружило дополнительную сложность в обработке собранных данных. К сожалению, не существует утвержденной единой формы предоставления данных о положении уровня моря в прошлом. От публикации к публикации, в зависимости от представлений

автора о полноте данных, необходимых для вывода о положении палеоуровня моря, таблицы данных о датировании следов положения уровня моря в прошлом, таблицы датировок имеют самое разное насыщение и предоставляют самую разную, зачастую сложно сравнимую между собой, информацию. Часто даются качественные характеристики, описываемых следов изменчивости уровня, которые никак не могут быть использованы при применении метода главных компонент. Качественные характеристики: характер материала, использованного для датирования, метод датирования, геоморфологическая позиция участка исследований, состав отложений и пр. — применялись для оценки возможности использования результатов, представленных в той или иной публикации, в расчетах.

В результате часть отобранных поначалу материалов, была отбракована и не использовалась в расчетах. И только четыре параметра следов изменчивости уровня моря в прошлом описываются количественно и встречаются в большинстве публикаций. Это возраст (фактор 1), высота (фактор 2) и координаты точки наблюдения, долгота (фактор 3) и широта (фактор 4). Именно эти параметры и использовались в расчетах. Исходя из расчетов на данные четыре фактора приходится 98 % значения изменчивости уровня моря. Реально же в расчетах использовались лишь значения изменчивости факторов 1, 2 и 3, как наиболее значимых, на них приходится около 90 % всей изменчивости.

На рис. 1 представлены первичные данные по результатам датирования следов положения уровня моря на арктическом побережье в голоцене и основные направления изменчивости уровня моря. Если рассматривать распределение датировок древних береговых линий в голоцене без применения метода факторного анализа, самой явной будет тенденция к постепенному понижению уровня моря на побережьях морей западного сектора АЗРФ. Но эта тенденция сильно отличается от данных датирования голоценовых береговых линий побережий восточного сектора АЗРФ. Применение

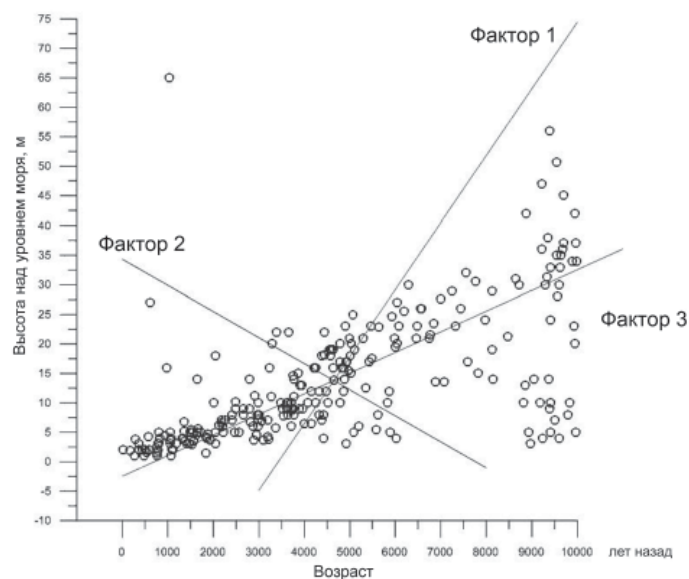


Рис. 1. Данные датирования следов положения уровня моря в Арктике в голоцене с нанесенными направлениями изменений основных факторов изменчивости.

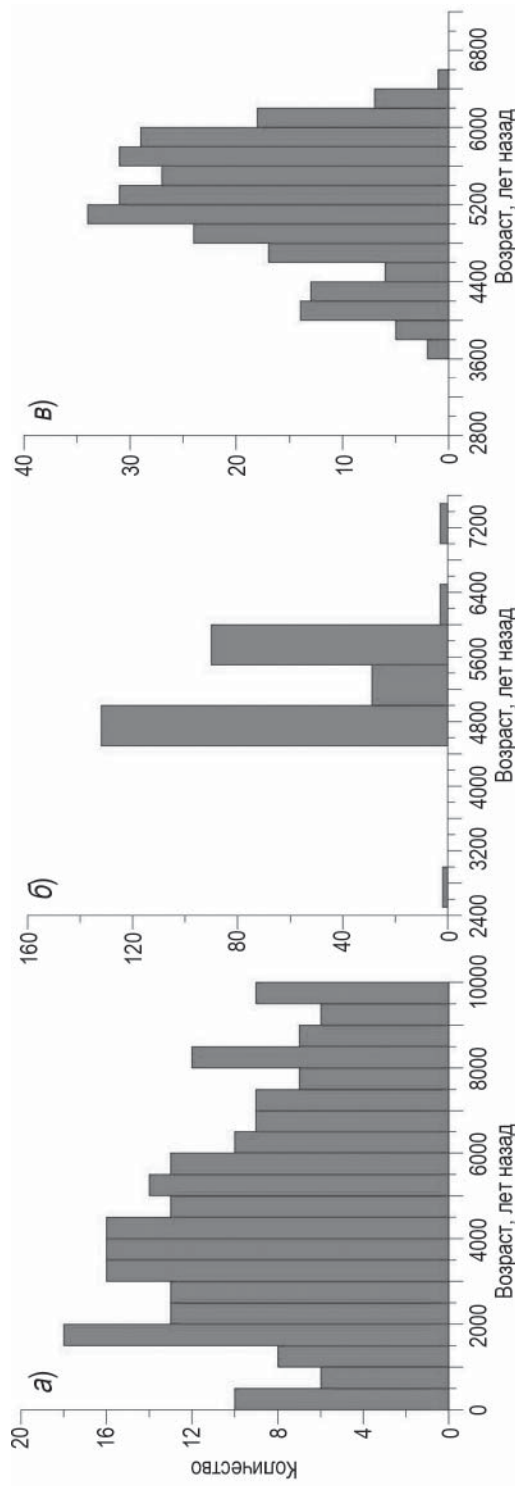


Рис. 2. Гистограммы распределения значений изменчивости факторов во времени: *a* — возраст, *б* — высота, *в* — долгота.

факторного анализа при работе с массивом данных датирования древних береговых линий морей АЗРФ позволяет выделить составные части общей изменчивости уровня и определить основные направления изменчивости. На рисунке они показаны линиями и соответствуют влиянию выделенных факторов.

Первый фактор изменчивости — возраст. На него приходится около 70 % составляющей всего значения изменчивости уровня морей АЗРФ в голоцене. Направление изменчивости этого фактора совпадает с падением уровня в голоцене и отражает регрессивную составляющую его изменчивости. Вторым фактором (высота) определяет примерно 20 % общего значения изменчивости уровня. Он противоположно направлен первому, что отражено на рис. 1. И, судя по всему, определяет трансгрессивную составляющую изменчивости уровня морей АЗРФ в голоцене. Третий фактор (долгота) определяет 1–2 % изменчивости и по своему направлению близок к фактору изменчивости уровня 1, т.е. отвечает за регрессивную составляющую.

Для того чтобы определить влияние каждого из трех найденных факторов на изменение уровня моря, были построены гистограммы распределения значений изменчивости уровня для периода 10000 лет (рис. 2). На рисунке видны колебания параметров изменчивости для всех трех факторов. На фактор 1 приходится более 70 % общей изменчивости, и он проявляется в течение всего рассматриваемого периода. Выделяются следующие интервалы повышенных концентраций значений изменчивости фактора возраста: 8 тыс.л.н.; большой по продолжительности отрезок времени от 6 до 3,8 тыс.л.н. с максимумом значений 4 тыс.л.н.; пик 1,5–2 тыс.л.н. и недавний интервал 500 лет назад. Особенно ярко выделяются пики концентрации значений фактора 2 (высота), который составляет около 20 % общего значения изменения уровня. Максимальные его значения приходятся на интервал времени 4,5 и 6 тыс.л.н. Также имеются маленькие пики 7,2–7,5 тыс.л.н. и 2,8–5 тыс.л.н. назад. Фактор 3 (долгота) проявляется в период от 6,6 тыс.л.н. до 3,6 тыс.л.н. с максимальными значениями 5,2 тыс.л.н. и 4,2 тыс.л.н. Все три фактора имеют совпадения максимальных значений изменчивости в интервалах концентрирующихся вокруг 6 тыс.л.н., 4 тыс.л.н. и 1,5–2,5 тыс.л.н.

Наглядным для определения влияния того или иного фактора на общее значение изменчивости уровня моря является представление данных в виде суммы значений изменчивости разных факторов. Наиболее ярко это видно на примере факторов 1 и 3, распределение совокупных значений которых представлено на рис. 3. Максимальные значения распределения суммы значений факторов 1 и 3 концентрируются в районе 4 тыс.л.н. Также пики наблюдаются в районе 5,6 тыс.л.н., 4,8 тыс.л.н. и 3,2 тыс.л.н.

Представленные данные, отражающие изменчивость значений изменения уровня морей АЗРФ в голоцене показывают наличие палеособытия, которое привело к повышению этого значения около 4 тыс.л.н. Также можно говорить о том или ином проявлении факторов изменчивости 6 тыс.л.н. и 1,5–2,5 тыс.л.н., и влиянии первого фактора изменчивости на положение уровня морей АЗРФ 500 лет назад.

Оценка амплитуды возможных изменений уровня морей АЗРФ в голоцене может колебаться значительно. Это связано с различным характером хода уровня морей восточного и западного секторов Российской Арктики. Для западного сектора перепад значений положения уровня в прошлом мог достигать 60–100 м (Zeeberg, 2001), в то время как для восточных морей этот показатель не превышал 15 м (Макаров, Большианов, 2011). Такие различия связаны с разным строением и направленностью тектонических

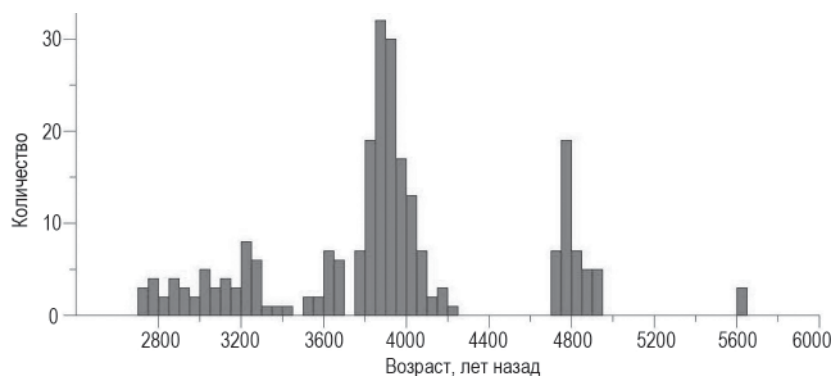


Рис. 3. Гистограмма распределения суммы значений изменчивости факторов 1 и 3, без учета фактора 2.

процессов. Побережья морей западного сектора АЗРФ в целом гораздо более тектонически активные, нежели восточного (Баранская, 2015; Shipilov, Vernikovsky, 2010).

Такие же различия наблюдаются и на современном (инструментальном), за последние 60 лет, этапе наблюдения за ходом уровня морей Российской Арктики. Он разнонаправлен в разных частях АЗРФ. При общей тенденции к подъему относительного уровня моря выделяется ряд регионов с наблюдаемой регрессией. Выделяются следующие участки опускания уровня: Оленекский залив, Обская губа, север Новой Земли (Ашик и др., 2010).

Ход уровня морей западного сектора АЗРФ в голоцене характеризуется нисходящим движением, что обычно интерпретируется как гляциоизостатическое поднятие территории. В такой ситуации достаточно сложно выделить этапы повышенного стояния уровня. Однако часто в течение голоцена наблюдаются этапы если не роста уровня, то его стабилизации или замедления падения (Zeeberg, 2001). Это могло быть связано не столько с изменением характера тектонических движений, сколько с наложением другой составляющей, непосредственного изменения уровня воды. Получается, что в случае с наложением активного влияния фактора локальных и региональных тектонических движений на собственно изменчивость уровня моря возможны несколько вариантов изменчивости относительного уровня моря. Первый — амплитуда положительных тектонических движений превышает значения роста уровня моря. В этом случае на кривой хода уровня будет отмечено замедление его падения или тектонического подъема. Второй — на положительные тектонические движения на берегу накладывается падение уровня моря. В этом случае будет наблюдаться рост скоростей тектонических движений или падения уровня моря. Третий вариант — скорость положительных тектонических движений примерно равна скорости изменения уровня моря. В итоге в кривой хода относительного уровня будет наблюдаться стабилизация. Четвертый — тектонические движения имеют нулевой знак или отрицательны. Это тот вариант, когда становится возможна фиксации трансгрессивных циклов в летописи изменчивости относительного уровня моря в прошлом, т.е. будет наблюдаться преобладание гидрократических факторов изменчивости уровня над геократическими.

Такие условия в голоцене больше характерны для побережья морей восточного сектора Российской Арктики, где и встречаются следы голоценовых трансгрессий.

По данным изучения морских террас (Макаров и др., 2008), древних береговых линий, дельтовых (Большаинов, 2006) и эстуарных отложений (Большаинов и др., 2013; Bolshiyarov et al., 2015), лагунных отложений (Анисимов и др., 2009) созданы реконструкции хода уровня моря в голоцене. Выделяются, как минимум, три этапа трансгрессии 6, 4 и 1,5–2 тыс.л.н. Время проявления таких этапов соответствует этапам замедления падения уровня или его стабилизации в западном секторе АЗРФ (Макаров, Большаинов, 2014), а высоты трансгрессий достигают 5–7 м, с максимальными значениями, приуроченными к этапу 4 тыс.л.н.

Принимая во внимание, что и побережья восточных морей могут испытывать воздействие тектонических процессов в голоцене, пусть и не таких интенсивных, как в западном секторе АЗРФ, дадим более консервативную оценку амплитуды изменчивости уровня морей АЗРФ в голоцене и ограничим ее 3–5 м.

Каковы же могут быть природные процессы, определяющие факторы изменчивости уровня моря? Как было отмечено в начале статьи, рассматриваемые факторы изменчивости не могут напрямую коррелироваться с природными процессами, определяющими общее изменение уровня моря. Однако характер распределения значений изменчивости рассмотренных факторов позволяет сделать некоторые предположения об их возможной природе. Факторы 1 (возраст) и 3 (долгота) проявляются на протяжении всего голоцена, отражая, скажем так, некоторую фоновую изменчивость уровня. В то время как фактор 2 (высота) проявляется лишь в ограниченный во времени период и отражает, по всей видимости, некоторые локализованные во времени процессы. Вероятно, это может объясняться активизацией тектонических процессов голоцена, их волновым характером (Кошечкин, 1975) с максимальными их значениями именно в середине голоцена. В этом случае вклад таких процессов в общее изменение уровня оценивается примерно в 20 %. Также следует отметить, что именно на период середины голоцена, по оценкам многих исследователей, приходится стабилизация уровня океана на отметках, близких к современным (Гаврилов и др., 2006; Bauch et al., 2001a, 2001b; Peltier et al., 2006), что косвенно говорит о некотором палеособытии стабилизации уровня. А как было показано ранее, стабилизация уровня, при определенных условиях, может свидетельствовать фактически о подъеме уровня моря.

Получается, что факторы 3 и 1 отражают фоновую составляющую изменчивости уровня моря в голоцене. Возможно, это некоторая совокупность гидрократических и геократических факторов изменчивости уровня, за исключением компоненты тектонических движений середины голоцена, вклад которой показывает распределение фактора 2 во времени.

Таким образом, в течение голоцена фиксируется, как минимум, три палеособытия повышенного положения уровня морей АЗРФ на этапах: 6 тыс.л.н., 4 тыс.л.н. и 1,5–2 тыс.л.н до высот 3–5 м., с максимальными значениями 4 тыс.л.н. При этом трансгрессия 4 тыс.л.н. определяется активизацией тектонической деятельности середины голоцена. Описанные этапы повышенного стояния уровня морей АЗРФ могут быть стадиями одной глобальной голоценовой трансгрессии, охватывавшей весь Мировой океан в послеледниковье. Факторный анализ показал интересную закономерность влияния фактора 2 (долготная позиция изученной береговой линии) на распределение колебаний уровня моря в пространстве в пределах АЗРФ. Вероятно, именно различия (тектонические, эвстатические) в западном и восточном секторах Российской Арктики и проявляются во влиянии долготы на колебания уровня моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

- Анисимов М.А., Иванова В.В., Пушина З.В., Питулько В.В.* Лагунные отложения острова Жохова: возраст, условия формирования и значения для палеогеографических реконструкций региона Новосибирских островов // Известия РАН. Серия географическая. 2009. № 5. С. 107–119.
- Ашик И.М., Макаров А.С., Большианов Д.Ю.* Развитие берегов российской Арктики в связи с колебаниями уровня моря // Метеоспектр. 2010. № 2. С. 23–27.
- Бадюков Д.Д.* Влияние изменения формы геоида и деформаций твердой Земли под действием водной нагрузки на изменение уровня моря в послеледниковое время // Колебания уровня морей и океанов за 15000 лет. М.: Наука, 1982 г. С. 51–76.
- Баранская А.В.* Роль новейших вертикальных тектонических движений в формировании рельефа побережий российской Арктики: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 2015. 26 с.
- Бахтин А.И., Низамутдинов Н.М., Хасанова Н.М., Нуриева Е.М.* Факторный анализ в геологии: Казань: Казанский государственный университет, 2007. 32 с.
- Белонин М.Д., Голубева В.А., Скублов Г.Т.* Факторный анализ в геологии. М.: Недра, 1982. 269 с.
- Большианов Д.Ю., Макаров А.С., Шнайдер В., Штоф Г.* Происхождение и развитие дельты реки Лены. СПб.: ААНИИ, 2013. 268 с.
- Большианов Д.Ю.* Пассивное оледенение Арктики и Антарктиды. СПб.: ААНИИ, 2006. 296 с.
- Гаврилов В., Романовский Н.Н., Хуббертен Х.-В.* Палеогеографический сценарий послеледниковой трансгрессии на шельфе моря Лаптевых // Криосфера Земли. 2006. Т. X. № 1. С. 39–50.
- Колька В.В., Корсакова О.П., Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б., Арсланов Х.А.* Перемещение береговой линии Белого моря и гляциоизостатическое поднятие суши в голоцене (район поселка Кузема, северная Карелия) // Доклады Академии наук. 2012. Т. 442. № 2. С. 263–267.
- Кошечкин Б.И.* Перемещение береговой линии Баренцева и Белого морей в поздне-послеледниковое время // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. 1975. № 4. С. 91–100.
- Макаров А.С., Большианов Д.Ю., Павлов М.В.* Геоморфологические и палеогеографические исследования междуречья Оленька и Анабара на южном побережье моря Лаптевых // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. Серия 7: Геология, география. 2008. Вып. 1. С. 79–86.
- Макаров А.С.* Колебания уровня моря Лаптевых как фактор формирования дельты р. Лена в голоцене: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 2009. 16 с.
- Макаров А.С., Большианов Д.Ю.* Колебания уровня арктических морей России в голоцене // Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. Вып. 3: Сборник научных статей / Под ред. Н.С. Болиховской, С.С. Фаустова. М.: Географический факультет МГУ, 2011. С. 315–321.
- Макаров А.С., Большианов Д.Ю.* Изменчивость уровня морей Российской Арктики в голоцене // Береговая зона — взгляд в будущее: Материалы XXV Международной береговой конференции. Т. 2. М.: ГЕОС, 2014. С. 34–36.
- Bauch H.A., Kassens H., Naidina O., Kunz-Pirring M., Thiede J.* Composition and flux of Holocene sediments on the eastern Laptev Sea shelf, Arctic Siberia // Quaternary Research. 2001a. Vol. 55. P. 344–351.
- Bauch H.A., Mueller-Lupp T., Taldenkova E., Spielhagen R.F., Kassens H., Grootes P.M., Thiede J., Heinemeier J., Petryashov V.V.* Chronology of the Holocene transgression at the North Siberian margin // Global and Planetary Change. 2001b. № 31. P. 125–139.
- Forman S.L., Lubinski D.J., Siegert M.J., Matishov G.G., Ingolfsson O., Zeeberg J.J., Snyder J.A.* A review of postglacial emergence on Svalbard, Franz Josef Land and Novaya Zemlya, northern Eurasia // Quaternary Science Reviews. 2004. Vol. 23. P. 1391–1434.
- Lambeck K., Chappell Jh.* Sea Level Change Through the Last Glacial Cycle // Science. 2001. Vol. 292. P. 679–686.

Long A.J., Roberts D.H., Rasch M. New observation on the relative sea level and deglacial history of Greenland from Innaarsuit, Disko Bugt // *Quaternary Research*. 2003. № 60. P. 162–171.

Manley W.F., Lokrantz H., Gataullin V., Ingolfsson O., Forman S.L. Late Quaternary stratigraphy, radiocarbon chronology, and glacial history at Cape Shpindler, southern Kara Sea, Arctic Russia // *Global and Planetary Change*. 2001. Vol. 31. P. 239–254.

Mörner N.A. Eustasy and geoid changes // *J. Geology*. 1976. Vol. 84. P. 123–151.

Peltier W.R., Fairbanks R.G. Global glacial ice volume and Last Glacial Maximum duration from an extended Barbados sea level record // *Quaternary Science Reviews*. 2006. Vol. 25. P. 3322–3337.

Shipilov E.V., Vernikovskiy V.A. The Svalbard–Kara plates junction: structure and geodynamic history // *Russian Geology and Geophysics*. 2010. Vol. 51. P. 58–71.

Stein R., Dittmers K., Fahl K., Kraus M., Matthiessen J., Niessen F., Pirrung M., Polyakova Ye., Schoster F., Steinke T., Futterer D.K. Arctic (palaeo) river discharge and environmental change: evidence from the Holocene Kara Sea sedimentary record // *Quaternary Science Reviews*. 2004. Vol. 23. P. 1485–1511.

A.S. MAKAROV, A.A. TRUNIN

VARIABILITY OF THE SEA-LEVEL IN THE RUSSIAN ARCTIC DURING THE HOLOCENE

The problem of fluctuations of the sea-level in the Arctic zone of Russian Federation in during Holocene. Based on the analysis of more than 600 dating of documents testifying to the level position of the Russian Arctic seas during the Holocene using principal component analysis was able to identify paleo-events of the high standing of the sea level during the Holocene in time periods 6000, 4000 and 2500–1500 y.b.p. and to identify possible reasons for such changes.

Keywords: Holocene, sea-level fluctuation, Russian Arctic seas, paleoreconstructions.