Арктический вектор геологических исследований Arctic vector of geological research

УДК 551.334

DOI: 10.19110/2221-1381-2019-11-3-8

НОВЫЕ СХЕМЫ ИЗОБАЗ ПОДНЯТИЯ СЕВЕРО-ВОСТОКА ФЕННОСКАНДИИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 10 ТЫСЯЧ ЛЕТ

Д. С. Толстобров, В. В. Колька

Геологический институт Кольского научного центра РАН, Апатиты

tolstobrov@geoksc.apatity.ru

На основании данных об амплитуде поднятия, полученных при изучении донных осадков изолированных бассейнов северо-востока Фенноскандии, были построены новые схемы изобаз. Поднятие оценивалось за последние 10 тыс. лет. Для построения схем изобаз поднятия были использованы интерполяционные (*триангуляция с линейной интерполяцией*, *метод естественной окрестности*, *метод локальных полиномов*) и геостатистические (*кригинг*) методы. Установлено, что наиболее пригодные результаты моделирования схем изобаз поднятия при данном количестве данных отмечаются при построении методами *естественной окрестности* и *кригинга* с линейным дрейфом. На схемах отражен куполообразный характер поднятия земной поверхности. Максимальная амплитуда поднятия — более 120 м — отмечается на юго-западе района исследования.

Ключевые слова: голоцен, гляциоизостазия, схемы поднятия, интерполяционное и геостатистическое моделирование, северо-восток Фенноскандии.

NEW SCHEMES OF ISOBASES OF UPLIFT OF NORTHEASTERN FENNOSCANDIA FOR THE LAST 10,000 YEARS

D. S. Tolstobrov, V. V. Kolka

Geological Institute, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences, Apatity

Based on data of the uplift amplitude, obtained from the study of bottom sediments of isolated basins of northeastern Fennoscandia, new schemes of isobases of the uplift were constructed. The uplift was estimated for the past 10,000 years. Interpolation (*Triangulation with Linear Interpolation*, *Natural Neighbor*, *Local Polynomial*) and geostatistical (*kriging*) methods were used to construct the schemes of isobases of the uplift. It was determined that the most acceptable results of modeling the isobases of uplift, based on a given amount of data, were obtained using the methods *Natural Neighbor* and *Kriging* with linear drift. The schemes show the domed character of the uplift of the earth's surface. The maximum amplitude of the uplift (more than 120 meters) is noted in the southwest of the study area.

Keywords: Holocene, glacioisostasia, uplift schemes, interpolation and geostatistical modeling, northeastern Fennoscandia.

После деградации последнего оледенения в конце плейстоцена территория северо-востока Фенноскандии испытывает поднятие, затухающее во времени. Долгое время для определения амплитуды и характера поднятия изучались древние береговые образования (береговые валы, террасы и др.) [6, 7, 10 и др.]. Отсутствие данных об абсолютном возрасте береговых форм затрудняло их корреляцию в разных частях побережья, что приводило к различным интерпретациям амплитуды и характера поднятия. Существовало несколько схем изобаз позднеледникового и голоценового поднятий северо-востока Фенноскандии, различающихся между собой (рис. 1, а—е).

С конца XX века для определения поднятия земной поверхности применяется метод изолированных бассейнов [18], который основан на определении пространственного и временного положения переходной зоны от моря к пресному озеру, в колонках донных отложений из котловин озер. Данный метод позволяет для небольшого района исследования определить амплитуду и скорость поднятия земной поверхности. Такие работы выполнены на берегах Баренцева [16—20] и Белого [2—5] морей. На основании этих данных построена схема изобаз поднятия земной поверхности

северо-восточной части Фенноскандии (рис. 1, ф) [11]. Необходимо отметить, что построение схемы изобаз поднятия выполнялось вручную. Характер изобаз на схеме показывает общее сводовое поднятие. В районе Кандалакшского залива Белого моря сводовое гляциоизостатическое поднятие осложнено тектоническими движениями, связанными здесь с активностью Кандалакшского и Колвицкого грабенов в голоцене [1], и выражено на схеме искривлением изобаз (рис. 1, ф). Во внутренних частях и на самом востоке района исследования положение изобаз вызывает сомнение из-за отсутствия данных и показано пунктирными линиями (рис. 1, ф).

В последнее время были получены новые данные об амплитуде поднятия земной поверхности Кольского региона (северо-восток Фенноскандии) [12—14]. На основании появившихся и ранее известных данных с использованием различных методов компьютерного моделирования были построены новые схемы изобаз поднятия северо-востока Фенноскандии за последние 10 тыс. лет. Также для определения наиболее подходящего метода моделирования проведено их сопоставление между собой и с ранее построенной схемой, представленной на рисунке 1, ф.

Рис. 1. Схемы изобаз поднятия северо-востока Фенноскандии:

а—е — построенные по данным изучения береговых форм рельефа (а — [6]; б — [7]; в — [10]; д — [6]; е — [9]); ф — построенная по данным изучения донных отложений озерных котловин [11]. Каждая линия отражает значение амплитуды поднятия в метрах

Fig.1. Schemes of isobases of uplift of northeastern Fennoscandia:

а—е — constructed according to the study of coastal landforms (a — [6]; b — [7]; c — [10]; d — [6]; e — [9]); f — constructed according to the study of sediments in lake basins [11]. The magnitude of the amplitude of the uplift is indicated in meters

Материалы и методы моделирования. Для построения изобаз поднятия земной поверхности были использованы данные, полученные методом изолированных бассейнов на территории Кольского региона, Карелии, а также Северной Норвегии. На рисунке 2, а показаны районы, для которых выполнены работы по изучению перемещения береговой линии моря. Для этих районов установлены амплитуда и характер поднятия земной поверхности в голоцене. Данные об амплитуде поднятия земной поверхности за 10 тыс. лет для каждого района приведены в таблице 1. Моделирование схем изобаз поднятия выполнялось в программе Surfer (Golden Software, Inc.).

Было выполнено построение схем изобаз интерполяционными и геостатистическими методами для дальнейшего сопоставления их с уже известной схемой изобаз и выявления наиболее приемлемых результатов моделирования. При построении схем анизотропия данных не учитывалась. Для построения схем изобаз поднятия были использованы несколько методов, описанных кратко в работе Мальцева и Мухарамова [8]:

1) метод *триангуляции с линейной интерполяцией* — *Triangulation with Linear Interpolation*. Метод использует алгоритм построения триангуляции Делоне — разбиения области исследования на совокупность треу-

гольников. Вершинами треугольников являются соседние точки выборки; точки соединяются таким образом, что ребра треугольников не пересекаются. Триангуляция является точным интерполяционным методом;

2) метод *естественной окрестности* — *Natural Neighbor*. Метод позволяет получать хорошие изолинейные карты по наборам данных, содержащим скопления выборочных точек в одних подобластях исследуемой территории и разреженные выборочные точки в других подобластях. Получаемая в произвольной точке оценка Z всегда будет заключаться в пределах диапазона значений в ближайших точках. В построенной модели не будет «пиков», «ям», «хребтов», «долин», которые не были бы представлены исходными данными. Метод является точным интерполятором;

3) метод *локальных полиномов* — *Local Polynomial*. Этот метод оценивает зависимость пространственной переменной Z от координат X, Y , при этом использует кусочно-полиномиальное интерполирование. Он строит полиномиальную регрессию Z на X, Y по данным, попавшим в поисковый эллипс с центром в заданной точке области исследования, получая таким образом полиномиальное приближение в локальной окрестности этой точки. Поисковый эллипс определяет размеры и форму локальной окрестности, в кото-

рой находятся точки данных при построении интерполяционной функции в заданном узле сети. Точки данных за пределами эллипса поиска не рассматриваются при интерполяции узла сети;

4) *кригинг (Kriging)* является геостатистическим методом, основывается на вероятностной модели, рассматривающей изучаемую пространственную переменную $Z(X, Y)$ как реализацию случайной функции $Z(X, Y)$. Такой подход позволяет учитывать пространственную корреляцию данных и дает возможность не только создавать модели поверхностей, но также получать оценку точности этих моделей.

Для применения метода кригинга предварительно должна быть определена модель вариограммы — меры пространственной корреляции данных. При построении схем изобаз поднятия использовалась линейная вариограмма. Точки, расположенные поблизости, имеют большую связь, чем те, которые расположены дальше. При росте расстояния вероятность взаимосвязи между значениями в точках измерений уменьшается, такая закономерность описывается линейной функцией.

Также при построении схем методом *кригинга* была использована функция *линейного дрефта*. Это функция предполагает, что в данных присутствует линейный тренд, и тогда оценка выполняется методом универсального *кригинга*. Без линейного дрефта оценка выполняется методом *ординального кригинга*.

Обсуждение схем изобаз поднятия. Разными методами были построены пять схем изобаз поднятия земной поверхности северо-востока Фенноскандии (рис. 2, b—f). Изобазы на схемах, полученных методом *триангуляции с линейной интерполяцией* (рис. 2, b) и методом *естественной окрестности* (рис. 2, c), имеют практически одинаковое положение. На баренцевоморском побережье амплитуда поднятия за 10 тыс. лет изменилась с востока на запад от 20 до 40 метров. На беломорском побережье амплитуда поднятия увеличилась к вершине Кандалакшского залива, где её значение составляет 80 метров. На данных схемах видно, что на баренцевоморском побережье в районе Кольского залива происходит изменение направления изобаз. Если западнее Кольского залива изобазы идут вдоль береговой линии, то восточнее изобазы

Рис. 2. а — район исследования, для которого выполнено моделирование схем изобаз поднятия за последние 10 тыс. календарных лет. Цифрами в красных кружках показаны районы из таблицы 1:

(b—f) — схемы изобаз поднятия, построенные разными методами (b — *триангуляция с линейной интерполяцией*, c — метод *естественной окрестности*, d — метод *локальных полиномов*, e — *кригинг*, f — *кригинг с линейным дрефтом*)

Fig. 2. (a) The study area for which modeling the schemes of isobases of uplift for the last 10,000 calendar years was carried out. Numbers in red circles show the areas from Table 1.

(b—f) Schemes of isobases of uplift, constructed by various methods (b — «triangulation with linear interpolation», c — the method of «natural neighborhood», d — the method of «local polynomials», e — «Kriging», f — «Kriging with linear drift»)

**Данные для моделирования схем изобаз поднятия земной поверхности северо-востока Фенноскандии
за 10 тыс. календарных лет**

**Data for modeling the isobases of the uplift of the earth's surface in northeastern Fennoscandia
for the last 10000 calendar years**

№	Район / Area	Координаты / Position		Амплитуда поднятия, м Uplift amplitude, m	Источник Source
		E	N		
1	п-ов Нордкин, Норвегия Nordkinn Peninsula, Norway	27,25	70,92	13,2	[19]
2	п-ов Варангерфьорд, Норвегия Varangerfjord Peninsula, Norway	28,94	70,08	42,0	[18]
3	г. Никель, Россия / Nikel City, Russia	30,19	69,64	60,0	[16]
4	г. Полярный / Polyarny City	33,40	69,19	36,0	[17]
5	пос. Териберка / Teriberka settl.	35,13	69,17	15,0	[14]
6	пос. Дальние Зеленцы / Dalniye Zelentsy settl.	36,02	69,11	14,0	[20]
7	г. Кола / Kola City	33,01	68,88	46,5	[12, 13]
8	пос. Верхнетуломск / Verkhnetulomsk settl.	31,83	68,70	65,0	[12, 13]
9	р. Лотта (устье) / Lotta River (mouth)	30,39	68,73	101,3	[12]
10	р. Лотта (среднее) / Lotta River (middle)	29,61	68,62	115,0	[12]
11	г. Кандалакша / Kandalaksha City	32,43	67,17	98,6	[11]
12	г. Умба / Uмба City	34,20	66,69	41,2	[2]
13	пос. Лесозаводский / Lesozavodsky settl.	32,75	66,72	58,3	[11]
14	пос. Чупа / Chupa settl.	32,81	66,27	61,7	[5]
15	пос. Энгозеро / Engozero settl.	34,42	65,81	30,5	[4]
16	пос. Кузема / Kuzema settl.	34,24	65,36	46,5	[3]
17	мыс Корабль / Korabl Cape	36,51	66,20	15,0	[11]
18	р. Индера / Indera River	37,12	66,31	0,0	[11]

начинают пересекать берег. В восточной части района исследования из-за отсутствия данных изобазы не построены. При сопоставлении новых схем (рис. 2, b и рис. 2, c) с ранее построенной схемой (рис. 1, f) отмечено схожее положение линий в прибрежных частях. Это связано с тем, что основная часть районов, по которым строились изобазы, расположена на побережье. В пределах Кандалакшского залива Белого моря как на новых схемах, так и на ранее построенной схеме отмечается небольшое изгибание изобаз, что указывает на тектоническую активность в голоцене Кандалакшского и Колвицкого грабен. Значительное расхождение между новыми и ранее построенной схемами отмечается во внутренней и восточной частях северо-востока Фенноскандии из-за небольшого количества данных либо их полного отсутствия.

Методом *локальных полиномов* была получена сглаженная схема изобаз поднятия (рис. 2, d). На схеме максимальная амплитуда поднятия достигает 180 м в юго-западной части района исследования. Как и на предыдущих схемах, на баренцевоморском побережье изменение направления изобаз происходит в районе Кольского залива. Схема хорошо сопоставляется с ранее построенной (рис. 1, f) и отражает общий характер поднятия земной поверхности, но при этом теряются локальные искривления линий, вызванные тектоническими особенностями определенных районов. Также отмечается некоторое расхождение значения амплитуды поднятия на баренцевоморском побережье: если на ранее построенной схеме амплитуда под-

нятия в районе полуострова Рыбачий составляла 20—30 м (рис. 1, f), то на данной схеме её значение увеличилось до 40—50 м (рис. 2, d).

Методом *кригинга* были построены две схемы изобаз (без дрефта (рис. 2, e) и с линейным дрефтом (рис. 2, f)). Как видно из построенных схем изобаз поднятия, разница в полученных результатах существенная только для районов, где данные об амплитуде поднятия отсутствуют (особенно для юго-западной части района исследования). В западной части района исследования на схеме изобаз (рис. 2, e) кольцевое замыкание изобаз со значением 100 и 110 метров может быть исключено. В направлении на юго-запад амплитуда поднятия продолжает возрастать вплоть до района Ботнического залива Балтийского моря, где её величина за 10 тыс. лет составляет примерно 240 метров [15]. В остальном эти новые схемы показывают куполообразный характер поднятия северо-восточной части Фенноскандии. Здесь аналогично схеме на рисунке 1, f в пределах Кандалакшского залива Белого моря отражено небольшое искривление изобаз поднятия, что связано с тектонической активностью. Однако при сопоставлении с ранее построенной схемой (рис. 1, f), как и на схеме *локальных полиномов* (рис. 2, d), в районе полуострова Рыбачий отмечается более высокое значение амплитуды поднятия (40—50 м) (рис. 2, f).

Таким образом, на полученных схемах наблюдается схожий характер поднятия земной поверхности. Видно, что поднятие имеет куполообразный вид, максимальная амплитуда отмечается на юго-западе района исследования (более 120 м). С запада на восток

происходит постепенное уменьшение величины поднятия. На всех схемах видно, что на баренцевоморском побережье в районе Кольского залива происходит изменение направления изобаз. Если западнее Кольского залива изобазы идут вдоль береговой линии, то восточнее изобазы начинают пересекать берег. По мнению авторов, это связано с характером деградации последнего ледникового покрова на данной территории.

Имеются и некоторые отличия в построенных схемах. В районе полуострова Рыбачий отмечается различное значение амплитуды поднятия земной поверхности. На одних схемах (рис. 2, b, c), так же как и на ранее построенной схеме (рис. 1, f), её значение составляет 20—30 метров, на других схемах (рис. 2, d—f) 40—50 метров. Также приличный разброс значения амплитуды поднятия и искривленный ход некоторых изобаз (нулевая изобаза) отмечается на юго-западе и востоке района исследования. Для решения этих вопросов необходимо продолжать исследования вертикальных движений земной поверхности северо-востока Фенноскандии.

Анализ новых схем изобаз поднятия, а также их сопоставление с ранее построенной схемой показал, что при данном количестве данных наиболее подходящим методом для построения являются методы *естественной окрестности* — *Natural Neighbor* и *кригинга* с линейным дрейфом. Однако отсутствие вычисления значения амплитуды поднятия на территориях, для которых отсутствуют данные, можно отнести к недостаткам метода *естественной окрестности*.

Выводы. На основании данных об амплитуде поднятия, полученных при изучении донных осадков изолированных котловин, были построены новые схемы изобаз. Установлено, что при небольшом количестве данных наиболее пригодные результаты моделирования схем изобаз поднятия отмечаются методами *естественной окрестности* и *кригинга* с линейным дрейфом. Из схем видно, что поднятие земной поверхности имеет куполообразный характер, амплитуда поднятия увеличивается в направлении на юго-запад Кольского региона, где её значение достигает более 120 м. В пределах Кандалакшского залива происходит искривление изобаз поднятия, что связано с тектонической активностью Кандалакшского и Колвицкого грабенов в этом районе в голоцене.

Работа выполнена в Геологическом институте КНЦ РАН (тема 0226-2019-0054) при частичной поддержке гранта РФФИ № 16-05-00311-А и № 18-35-00054-мол_а.

Литература

1. Балувев А. С., Журавлев В. А., Терехин Е. Н., Пржиялговский Е. С. Тектоника Белого моря и прилегающих территорий: Объяснит. записка к «Тектонической карте Белого моря и прилегающих территорий» масштаба 1:1 500 000. М.: ГЕОС, 2012. 104 с.
2. Колька В. В., Евзеров В. Я., Мёллер Я. Й., Корнер Г. Д. Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене — голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озер на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба // Известия Российской академии наук. Серия географическая. М.: Наука, 2013. № 1. С. 73—88.
3. Колька В. В., Корсакова О. П., Шелехова Т. С., Алексеева А. Н., Толстобров Д. С., Лаврова Н. Б. Временная последовательность перемещения береговой линии Белого моря в голоцене по данным изучения донных отложений озер района Кузема (Северная Карелия) // Известия русского географического общества. 2014. Т. 146. Вып. 6. С. 14—26.
4. Колька В. В., Корсакова О. П., Шелехова Т. С., Лаврова Н. Б., Арсланов Х. А. Реконструкция относительного положения уровня Белого моря в голоцене на Карельском берегу (район поселка Энгозеро, Северная Карелия) // ДАН. 2013. Т. 449. № 5. С. 587—592.
5. Колька В. В., Корсакова О. П., Шелехова Т. С., Толстоброва А. Н. Восстановление относительного положения уровня Белого моря в позднеледниковье и голоцене по данным литологического, диатомового анализов и радиоуглеродного датирования донных отложений малых озер в районе пос. Чупа (Северная Карелия) // Вестник МГТУ. 2015. Т. 18. № 2. С. 255—268.
6. Кошечкин Б. И. Голоценовая тектоника восточной части Балтийского щита. Л.: Наука, 1979. 158 с.
7. Лаврова М. А. Четвертичная геология Кольского полуострова. Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 234 с.
8. Мальцев К. А., Мухарамова С. С. Построение моделей пространственных переменных (с применением пакета Surfer): Учеб. пособие. Казань: Казанский университет, 2014. 103 с.
9. Николаев Н. И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М.: Недра, 1988. 492 с.
10. Никонов А. А. Проблемы неотектоники северо-восточной части Балтийского щита // Тектонические движения и новейшие структуры земной коры. М.: Недра, 1967. С. 191—198.
11. Система Белого моря. Том IV. Процессы осадкообразования, геология и история. М.: Научный мир, 2017.
12. Толстобров Д. С. Голоценовая тектоника северо-западной части Кольского региона: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук (спец. 25.00.01). Апатиты: Изд-во ФГБУН КНЦ РАН, 2018. 28 с.
13. Толстобров Д. С., Колька В. В., Толстоброва А. Н., Корсакова О. П. Опыт хронологической корреляции береговых форм рельефа голоценового моря в депрессии реки Тулома и Кольском заливе // Вестник МГТУ. 2016. Т. 19. № 1/1. С. 142—150.
14. Толстобров Д. С., Толстоброва А. Н., Колька В. В., Корсакова О. П., Субетто Д. А. Возможные следы голоценовых цунами в озёрных донных отложениях в районе пос. Териберка (Кольский полуостров, Россия) // Труды КарНЦ РАН. № 9. Сер. Лимнология. Океанология. 2018. С. 92—102 DOI: 10.17076/lim865
15. Berglund M. Holocene shore displacement and chronology in Angermanland, eastern Sweden, the Scandinavian glacio-isostatic uplift centre // Boreas. 2004. Vol. 33. P. 48—60.
16. Corner G. D., Yevzerov V. Ya., Kolka V. V., Moller J. J. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian-Russian border north of Nikel, north-west Russia // Boreas. 1999. Vol. 28. №1. P. 146—166.
17. Corner G. D., Kolka V. V., Yevzerov V. Ya., Moller J. J. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia // Global and Planetary Change. 2001. Vol. 31. P.153—175.
18. Donner J., Eronen M., Jungner H. The dating of the Holocene relative sea-level changes in Finnmark, North Norway // Norsk geografisk Tidsskrift. 1977. Vol. 31. P. 103—128.

19. Romundset A., Bondevik S., Bennike O. Postglacial uplift and relative sea level changes in Finnmark, northern Norway // *Quaternary Science Reviews*. 2011. Vol.30. P.2398—2421.

20. Snyder J. A., Forman S. L., Mode W. N., Tarasov G. A. Postglacial relative sea-level history: sediment and diatom records of emerged coastal lakes, north-central Kola Peninsula, Russia // *Boreas*. 1997. Vol. 26. P. 329—346.

References

1. Baluyev A. S., Zhuravlev V. A., Terekhin Ye. N., Przhivalgovskiy Ye. S. *Tektonika Belogo morya i prilegayushchikh territoriy (Obyasnitelnaya zapiska k «Tektonicheskoy karte Belogo morya i prilegayushchikh territoriy» masshtaba 1:1 500 000)*. (Tectonics of the White Sea and adjacent areas (The explanatory notes to “the Tectonic Map of the White Sea and Adjacent Areas”, at a Scale of 1:1500 000)) Moscow: GEOS, 2012, 104 pp.

2. Kol'ka V. V., Yevzerov V. Ya., Moller Ya. Y., Korner G. D. *Peremeshcheniye urovnya morya v pozdnem pleystotsene — golotsene i stratigrafiya donnykh osadkov izolirovannykh ozer na yuzhnom beregu Kol'skogo poluostrova, v rayone poselka Umba* (The Late Weichselian and Holocene relative sea-level change and isolation basin stratigraphy at the Umba settlement, southern coast of Kola Peninsula). *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. Moscow: Nauka, 2013, No. 1, pp. 73—88.

3. Kol'ka V. V., Korsakova O. P., Shelekhova T. S., Alekseyeva A. N., Tolstobrov D. S., Lavrova N. B. *Vremennaya posledovatel'nost' peremeshcheniya beregovoy linii Belogo morya v golotsene po dannym izucheniya donnykh otlozheniy ozer rayona Kuzema (severnaya Kareliya)* (Temporal sequence of the White Sea shoreline movement in Holocene according to the study of bottom sediments of lakes in Kuusema region (North Karelia)). *Izvestiya russkogo geograficheskogo obshchestva*, 2014, V. 146, 6, pp. 14—26.

4. Kolka V. V., Korsakova O. P., Shelekhova T. S., Lavrova N. B., Arslanov Kh. A. *Rekonstruktsiya otnositelnogo polozheniya urovnya Belogo morya v golotsene na Karel'skom beregu (rayon poselka Engozero, Severnaya Kareliya)* (Reconstruction of the relative White Sea level in the Holocene on the Karelian coast (near the village of Engozero, North Karelia)). *Doklady Earth Sciences*. Moscow: Nauka, 2013, V. 449. No. 5, pp. 587—592.

5. Kol'ka V. V., Korsakova O. P., Shelekhova T. S., Tolstobrova A. N. *Vosstanovleniye otnositel'nogo polozheniya urovnya Belogo morya v pozdnelednikov'ye i golotsene po dannym litologicheskogo, diatomovogo analizov i radiouglerodnogo datirovaniya donnykh otlozheniy malykh ozer v rayone pos. Chupa (severnaya Kareliya)* (Reconstruction of the relative level of the White Sea during the Lateglacial — Holocene according to lithological, diatom analyses and radiocarbon dating of small lakes bottom sediments in the area of the Chupa settlement (North Karelia, Russia)). *Vestnik MGTU. Murmansk: MGTU*, 2015, V. 18, No. 2, pp. 255—268.

6. Koshechkin B. I. *Golotsenovaya tektonika vostochnoy chasti Baltiyskogo shchita* (Tectonics of the eastern part of the

Baltic Shield during the Holocene). Leninrad: Nauka, 1979, 158 p.

7. Lavrova M. A. *Chetvertichnaya geologiya Kolskogo poluostrova* (The Quaternary geology of the Kola Peninsula). Leninrad: AS USSR, 1960, 234 p.

8. Mal'tsev K. A., Mukharamova S. S. *Postroyeniye modely prostranstvennykh peremennykh (s primeneniym paketa Surfer)* (Constructing spatial variable models (using the Surfer package)). Text book. Kazan: Kazan university, 2014, 103 p.

9. Nikolayev N. I. *Noveyshaya tektonika i geodinamika litosfery* (The newest tectonics and geodynamics of the lithosphere). Moscow: Nedra, 1988, 492 p.

10. Nikonov A. A. *Problemy neotektoniki severo-vostochnoy chasti Baltiyskogo shchita*. In: *Tektonicheskiye dvizheniya i novyshiye struktury zemnoy kory* (Neotectonics problems of the northeastern part of the Baltic Shield). Moscow: Nedra, 1967, pp. 191—198.

11. The White Sea system. Volume IV. The processes of sedimentation, geology and history. Moscow, Scientific World, 2017, 1030 p.

12. Tolstobrov D. S. *Golotsenovaya tektonika severo-zapadnoy chasti Kol'skogo regiona* (Holocene tectonics of the north-western Kola region). Ext. abstract of Cand. Sc. thesis. 25.00.01). Apatity: FGBUN KSC RAS, 2018, 28 p.

13. Tolstobrov, D. S., Kolka, V. V., Tolstobrova, A. N., Korsakova, O. P. 2016. Experience of the chronological correlation of the Holocene sea coastal landforms in the Tuloma River valley and the Kola Bay. *Vestnik MGTU*, 19, (1/1), pp. 142—150.

14. Tolstobrov, D. S., Tolstobrova, A. N., Kolka, V. V., Korsakova, O. P., Subetto, D. A. Putative records of the Holocene tsunami in lacustrine bottom sediments near the Teriberka settlement (Kola peninsula, Russia). *Limnology and oceanology Series*, (9), 2018, 92—102.

15. Berglund M. Holocene shore displacement and chronology in Angermanland, eastern Sweden, the Scandinavian glacio-isostatic uplift centre. *Boreas*, 2004, V. 33, pp. 48—60.

16. Corner G. D., Yevzerov V. Ya., Kolka V. V., Moller J. J. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian-Russian border north of Nikel, north-west Russia. *Boreas*, 1999, V. 28, No.1, pp. 146—166.

17. Corner G. D., Kolka V. V., Yevzerov V. Ya., Moller J. J. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia. *Global and Planetary Change*, 2001, V. 31, pp.153—175.

18. Donner J., Eronen M., Jungner H. The dating of the Holocene relative sea-level changes in Finnmark, North Norway. *Norsk geografisk Tidsskrift*, 1977, V. 31, pp. 103—128.

19. Romundset A., Bondevik S., Bennike O. Postglacial uplift and relative sea level changes in Finnmark, northern Norway. *Quaternary Science Reviews*, 2011, V. 30, pp.2398—2421.

20. Snyder J. A., Forman S. L., Mode W. N., Tarasov G. A. Postglacial relative sea-level history: sediment and diatom records of emerged coastal lakes, north-central Kola Peninsula, Russia. *Boreas*, 1997, V. 26, pp. 329—346.