

© М. Ф. АНДРЕЙЧИК,* Л. Д.-Н. МОНГУШ**

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ИНДЕКСА КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ НА ФОНЕ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА В ХЕМЧИКСКОЙ КОТЛОВИНЕ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Введение. Хемчикская котловина расположена в долине р. Хемчик на расстоянии 2400—3200 км от океанов (рис. 1). Климат в котловине резко континентальный: абсолютный минимум температуры января составляет -48.6°C (1969 г.), а абсолютный максимум самого теплого месяца (июля) — 39.9°C (1995 г.). В зимний период котловина находится в зоне обширного и устойчивого антициклона, центр которого расположен над Монголией. Анализ значений индекса континентальности проводился на примере метеостанции Тээли, расположенной в западной части Хемчикской котловины как репрезентативной точки наблюдения.

Цель исследования — изучить динамику взаимосвязи между среднегодовой температурой воздуха и индексом континентальности на фоне потепления климата. При этом решались следующие задачи: 1) вычисление аномалий среднемесячных и среднегодовых температур воздуха и индекса континентальности, сглаживание их по 11-летним циклам солнечной активности за 1977—2010 гг., построение трендов по сезонам года; 2) анализ связей между исследуемыми климатическими показателями; 3) разработка нового критерия оценки континентальности климата — показателя изменения климата.

Методика исследования. Индекс континентальности (K) вычисляли по формуле Горчинского [5]

$$K = \frac{1.7A}{\sin \varphi} - 20.4,$$

где A — годовая амплитуда температуры воздуха; φ — географическая широта.

1. Для оценки изменения климата Всемирная метеорологическая организация рекомендует в качестве исходной характеристики использовать тридцатилетний период — 1961—1990 гг. [4]. Именно от этих средних значений метеорологических параметров данного периода и принято отсчитывать степень изменения климата. Для сравнения динамики изучаемого показателя нами выделены два периода: 1961—1990 (базовый) и 1977—2010 гг. (исследуемый).

2. В качестве критерия оценки изменения температуры воздуха используется коэффициент линейного тренда, определяемый по методу наименьших квадратов. Он характеризует среднюю скорость изменений анализируемого параметра. Мерой существенности тренда является доля дисперсии в процентах от полной дисперсии климатической переменной за рассматриваемый интервал времени. Оценка статистической значимости тренда определяется по 5%-ному уровню значимости (с вероятностью 0.95). Обнаруженные изменения температуры реальны (соответствуют действительности), если их величина превосходит ошибку оценки изменений. Более подробная методика обработки метеорологических данных изложена в нашей работе [1].

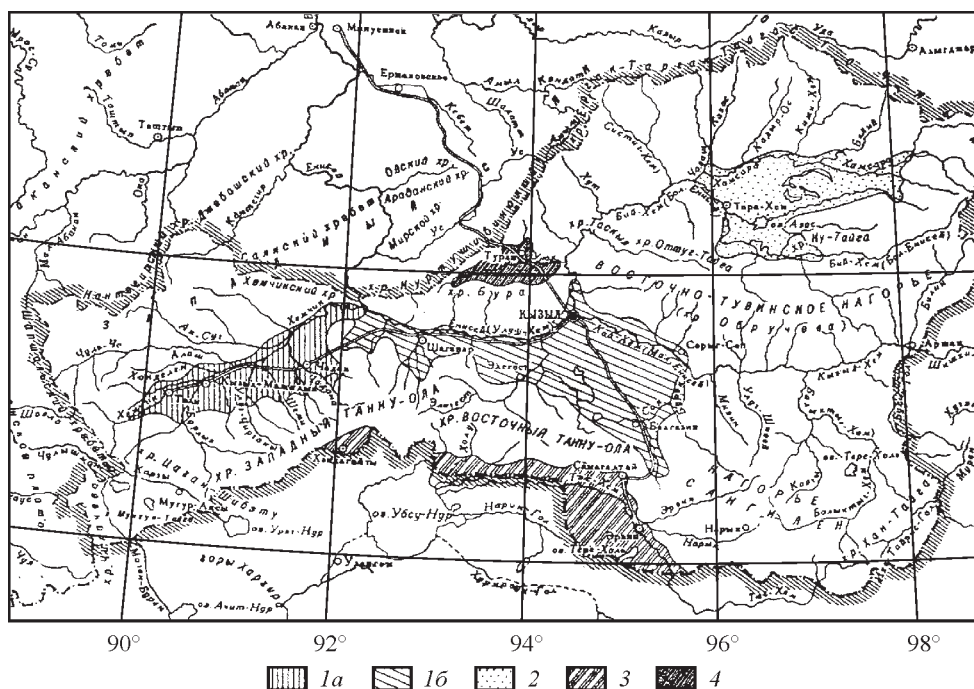


Рис. 1. Орографическая схема Республики Тыва [3].

Котловины: 1 — Центрально-Тувинская (1а — Хемчикская, 1б — Улуг-Хемская), 2 — Тоджинская, 3 — Убсунурская, 4 — Турано-Уюкская.

Подходы к определению индекса континентальности. Индекс континентальности отражает значение доли годовой амплитуды температуры воздуха за счет суши или величину континентального вклада в годовую амплитуду температуры. Он характеризует степень континентальности климата главным образом по температурному режиму января и июля.

Из определения следует, что K исчисляется в процентах, а из формулы, приведенной в п. 1, — в градусах Цельсия, т. е. возникает противоречие между географической верностью и математической точностью. На всех ниже приведенных рисунках соблюдены одинаковые масштабы: $1^\circ\text{C} = 1\% = 1$ (безразмерная единица измерения для предлагаемого нового показателя изменения климата — ПИК).

В научной литературе предложено около 20 различных вариантов вычисления индекса континентальности, с помощью которых можно дать краткую и сравнимую оценку этого важного свойства климата. Почти все они основаны на учете годовой амплитуды температуры воздуха [2].

В литературу введен даже показатель мористости, который выводится из формулы теплового баланса. В этом случае индекс континентальности обратно пропорционален затрате тепла на испарение. Естественно, последний метод значительно усредняет величины индекса континентальности и исключает дифференцированный его анализ на различных формах рельефа исследуемой территории.

В научной литературе нами впервые детально анализируются особенности динамики индекса континентальности на фоне потепления климата. На

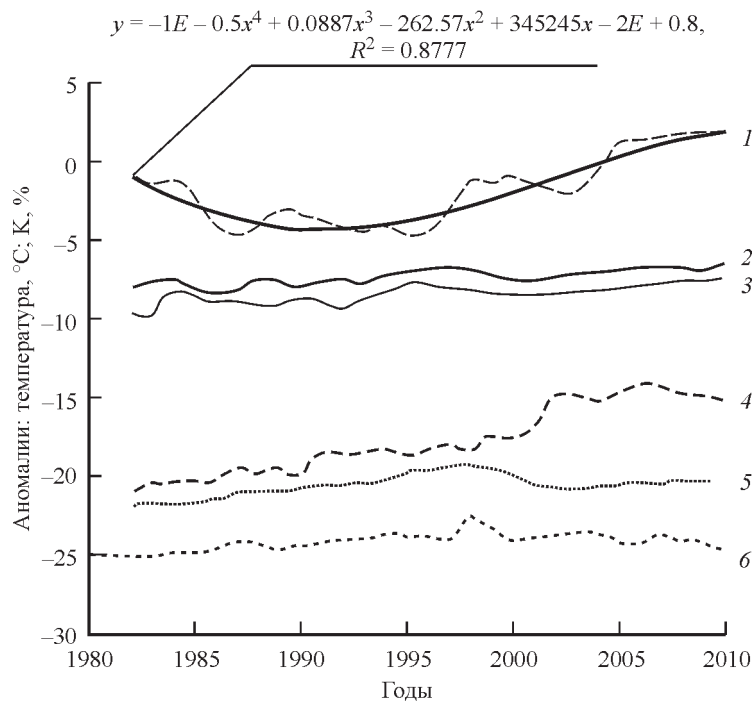


Рис. 2. Динамика аномалий среднемесячных температур воздуха в холодный период и индекса континентальности (K — кривая 1) за 1977—2010 гг.

Тренды: 2 — март, 3 — ноябрь, 4 — февраль, 5 — декабрь, 6 — январь.

практике при оценке потепления климата, как правило, используют два показателя — индекс континентальности и годовую амплитуду температуры воздуха. Приоритет отдается K , так как он отражает степень суровости климата. На земном шаре данный показатель возрастает от Гринвича (8 %) до Якутска (99 %) в среднем на 1.1 % на каждые 100 км [5].

Результаты исследований. Получены следующие параметры статистической обработки индекса континентальности: среднее арифметическое — 7.6, абсолютная ошибка — 1.4, относительная ошибка — 1.8 %, коэффициент вариации — 7.7 %, область разброса индивидуальных значений — ± 2.86 , доверительные интервалы — $73.54 \div 79.26$.

Регрессионный анализ показывает, что между A и K существует функциональная связь. Коэффициент корреляции равен единице, а коэффициент детерминации — 0.9992, т. е. 99.92 % величину индекса континентальности определяет годовая амплитуда температуры воздуха, а лишь 0.08 % — фиксированное значение географической широты метеостанции Тээли. В связи с этим мы предлагаем для определения индекса континентальности в Хемчикской котловине использовать следующую формулу, полученную в результате корреляционного и регрессионного анализа, $K = 2.2085 A - 20.5$.

При сравнении трендов аномалий среднегодовой температуры воздуха и аномалий индекса континентальности наблюдается несинхронность их динамики, что требует их анализа по сезонам 1977—2010 гг. Из рис. 2 следует, что ни один месячный тренд зимнего периода не согласуется с полиномом индекса континентальности.

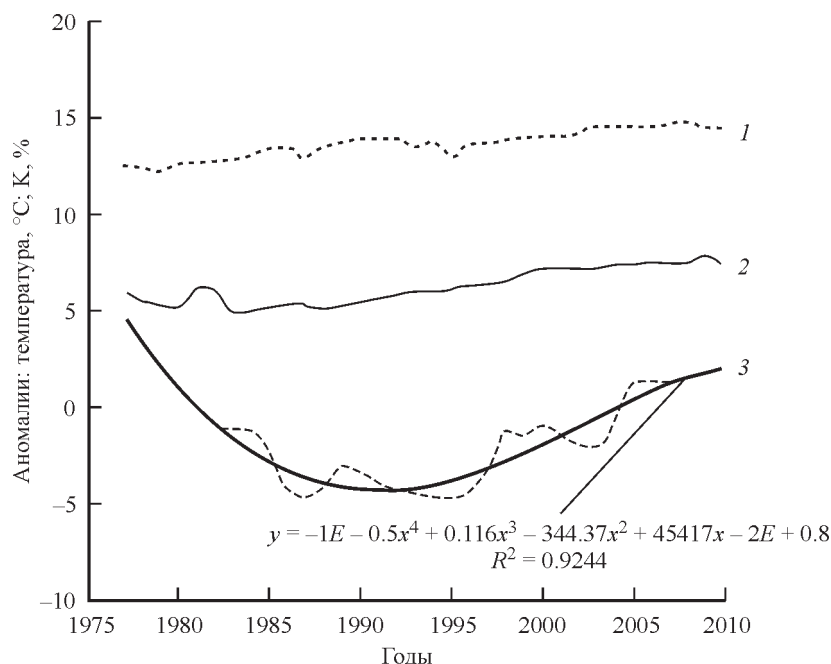


Рис. 3. Динамика аномалий среднемесячных температур воздуха в весенний период. Тренды: 1 — апрель, 2 — май и индекс континентальности (K — кривая 3) за 1977—2010 гг.

Так, в декабре и январе направленность трендов носит противоположный характер, закономерность повышения температуры воздуха марта и ноября выражается прямолинейной зависимостью, а февральский тренд целесообразно декомпозировать на два: 1977—2002 гг. — линейный, а 2002—2010 гг. — полиномиальный.

Особенности анализируемых трендов в весенний период представлены на рис. 3. Положение кривых апреля и мая соответствует закономерностям марта и ноября холодного периода на рис. 2. Наибольшая схожесть форм кривых проявляется у аномалий трендов среднемесячной температуры воздуха и индекса континентальности в летний период (рис. 4), в особенности для июля. Не обнаруживается синхронность динамики рассматриваемых аномалий трендов среднемесячной температуры воздуха в осенний период (рис. 5).

Выявленные асинхронности аномалий трендов среднегодовой и среднемесячной температуры воздуха и индекса континентальности обуславливают целесообразность введения в климатическую систему нового параметра — показателя изменения климата (ПИК), не исключающего показателя K .

Предлагаемый новый параметр определяется по той же методике, что и другие климатические характеристики, и вычисляется отношением сумм аномалий, сглаженных по 11-летним циклам солнечной активности для холодного периода к аналогичным суммам теплого периода.

$$\text{ПИК} = \frac{\Sigma t_x}{\Sigma t_i},$$

где Σt_x , Σt_i — суммы аномалий температуры воздуха холодного и теплого периодов.

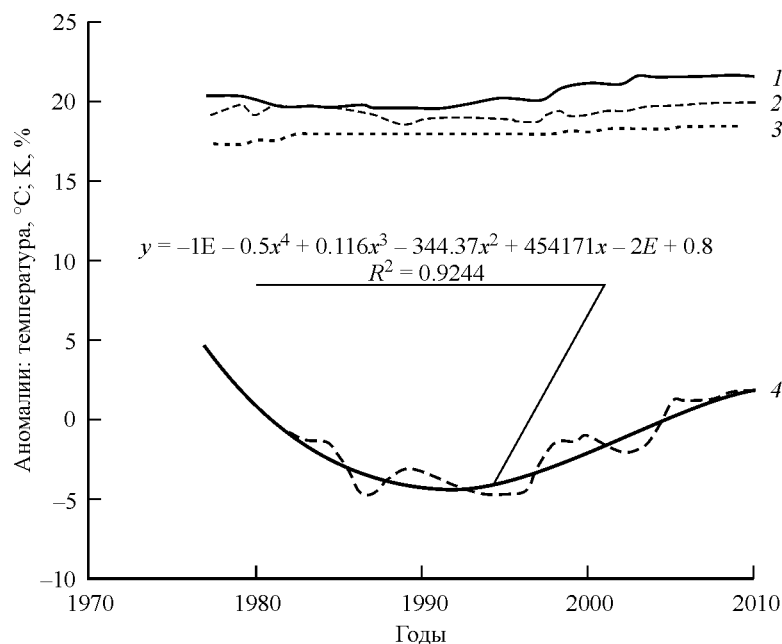


Рис. 4. Динамика аномалий среднемесячных температур воздуха в летний период. Тренды: 1 — июль, 2 — июнь, 3 — августа и индекс континентальности (K — кривая 4) за 1977—2010 гг.

На рис. 6 хорошо прослеживается согласованность тренда среднегодовой температуры воздуха с линейным трендом ПИК, подтверждающим процесс потепления.

Достоинством аномалий тренда ПИК является его стабильная направленность, выступающая надежным критерием в прогнозировании дальнейшего развития климата. Например, если в котловине наметилась тенденция к понижению среднегодовой температуры воздуха, анализ устойчивого тренда ПИК позволяет избежать ошибки скороспешного вывода о наступлении «похолодания». В данном случае наблюдаемый тренд среднегодовой температуры воздуха указывает не проявление обратного процесса в динамике климата, а понижение (флуктуацию) анализируемого показателя на фоне потепления климата. Следует отметить, что ПИК не дублирует коэффициента индекса континентальности, а является принципиально новой климатической характеристикой.

На последнем рис. 6 все значения ПИК в отличие от индекса континентальности имеют отрицательные величины. Фрагмент методики вычисления ПИК 1977—1980 и 2007—2010 гг. изложен в таблице.

Аномалии (отклонения) температуры воздуха определяются как разность средней температуры конкретного года и среднегодовой температуры базового периода (1961—1990 гг.). Отрицательные значения аномалий за холодный период указывают на то, что температура зимних месяцев была ниже среднегодовой температуры базового периода. Естественно, величины аномалий теплых месяцев всегда будут иметь только положительный знак, так как среднегодовая температура базового периода исследуемой котловины, как

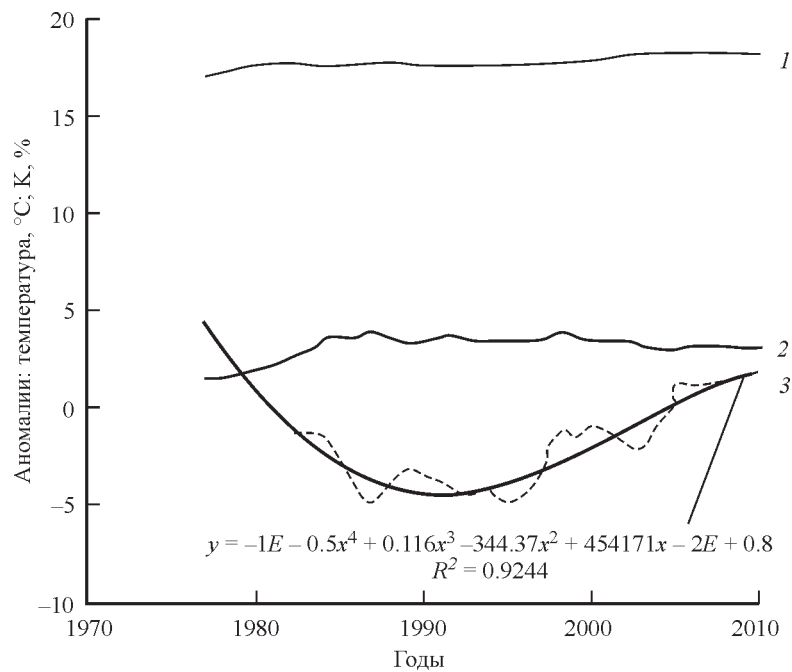


Рис. 5. Динамика аномалий среднемесячных температур воздуха в осенний период. Тренды: 1 — сентябрь, 2 — октябрь и индекс континентальности (K — кривая 3) за 1977—2010 гг.

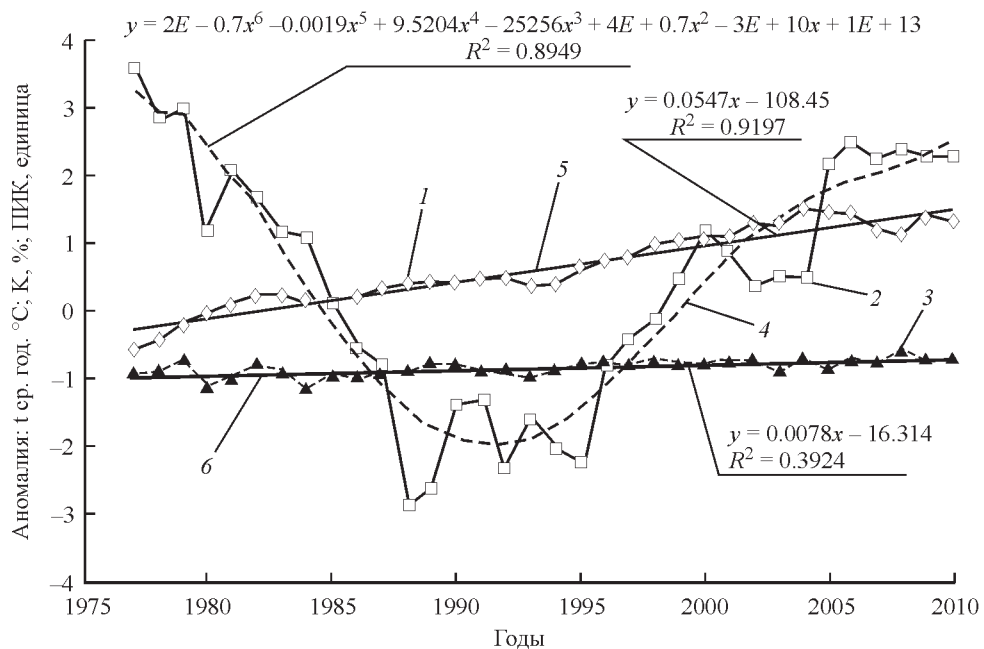


Рис. 6. Динамика аномалий среднегодовой температуры воздуха (t ср. год) (1), индекса континентальности (K) (2) и показателя изменения климата (ПИК) (3) сглаженных по 11-летним циклам за 1977—2010 гг.: 4 — полиномиальный (K), 5 — линейный (t ср. год), 6 — линейный (ПИК).

**Фрагмент технологии вычисления показателя изменения климата (ПИК)
1977—1980 и 2007—2010 гг.
(метеостанция Тээли)**

Год	Сумма аномалий температуры воздуха за холодный период (I—III, XI, XII), °C	Сумма аномалий температуры воздуха за теплый период (IV—X), °C	ПИК	Год	Сумма аномалий температуры воздуха за холодный период (I—III, XI, XII), °C	Сумма аномалий температуры воздуха за теплый период (IV—X), °C	ПИК
1977	–93.3	92.3	–1.0	2007	–75.3	102.8	–0.7
1978	–92.6	92.7	–1.0	2008	–74.6	103.0	–0.7
1979	–90.8	93.2	–1.0	2009	–75.4	102.6	–0.7
1980	–89.7	93.9	–1.0	2010	–75.4	101.8	–0.7

правило, не превышает -4°C . При делении значений аномалий графы второй на третью, мы получаем отрицательные числа.

При оценке потепления климата главным являются не знаки ПИК, а качественная сторона процесса: увеличиваются или уменьшаются величины ПИК. Анализ таблицы (графа 4) показывает, что значения ПИК закономерно увеличиваются от -1 в 1977—1980 гг. до -0.7 в 2004—2010 гг.

Предложенный метод оценки изменения климата исключает влияние на ПИК непредсказуемых погодных аномалий, поскольку в нем задействованы два фактора — огромный банк статистических данных и широкий диапазон осреднения вычисляемых аномалий температуры воздуха.

Выводы

Несинхронность направленности аномалий трендов среднегодовой температуры воздуха и индекса континентальности указывает на то, что последний показатель не совсем приемлем для оценки изменения приземной температуры воздуха на фоне потепления климата. В характеристики климата предлагается ввести новый параметр — показатель изменения климата, который не подменяет индекс континентальности, а характеризует лишь изменение климата.

Список литературы

- [1] Андрейчик М. Ф., Чульдун А. Ф. Изменение климата в Улуг-Хемской котловине Тувинской горной области // Оптика атмосферы и океана. 2010. Т. 23, № 1. С. 1—6.
- [2] Башалханова Л. Б., Буфал В. В., Русанов В. И. Климатические условия освоения котловин Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1989. 159 с.
- [3] Носин В. А. Почвы Тувы. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 342 с.
- [4] Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. М., 2008. 89 с.

[5] Хромов С. П. Метеорология и климатология для географических факультетов. Л.: Гидрометеониздат, 1974. 499 с.

Кызыл

Andreychickm@yandex.ru

* Тувинский государственный университет

** Тувинская центральная гидрометеорологическая станция «Кызыл»

Поступило в редакцию

14 марта 2013 г.

Изв. РГО. 2014. Т. 146. Вып. 1

© А. В. КРЫЛОВ

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО БОРЕАЛЬНЫМ МОЛЛЮСКАМ ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛИОЦЕНА—ЭОПЛЕЙСТОЦЕНА ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Введение. Во второй половине XX—начале XXI в. в центральной и западной частях Российской Арктики геологами производственных организаций: ЗАО «Поляргео», ПГО «Полярноуралгеология», ФГУП «ВНИИОкеангеология», ФГУП ПМГРЭ были собраны обширные коллекции моллюсков позднего кайнозоя. В результате их последующего изучения было установлено, что во многих разрезах кайнозоя этого региона отмечаются достаточно многочисленные виды морских моллюсков (рис. 1—6, табл. 1). Некоторые из них сегодня не обитают в западной части Российской Арктики и встречаются в морских бассейнах на юге и севере бореальной (умеренной) зоны Европы, Азии и Северной Америки. Другие виды являются вымершими и типичны для отложений плиоцена—эоплейстоцена Северной Атлантики и Северной Пацифики. Наличие в разрезах Российской Арктики комплексов бореальных моллюсков, характерных для морских отложений плиоцена—эоплейстоцена Западной Европы и Северной Америки, является доводом в пользу наличия плиоцен—эоплейстоценовых отложений в этом регионе и может быть использовано для палеогеографических реконструкций особенностей обстановок этого региона в кайнозое, биостратиграфического и климатостратиграфического расчленения кайнозойских отложений этого региона.

Фактический материал. Более 300 раковин и обломков морских моллюсков, которые принадлежат к 19 видам моллюсков и 1 виду ракообразных, представленных 7 ныне живущими видами и 13 вымершими видами бореальной зоны из 30 разрезов Российской Арктики (от п-ова Канин до арх. Северная Земля) [8—11] (рис. 1—6, табл. 1). В статье используется шкала, принятая на последнем постановлении МСК по четвертичной системе (2012), а также допускается возможность использования гелазского яруса соответствующего отложениям нижнего эоплейстоцена и калабрийского яруса соответствующего отложениям верхнего эоплейстоцена.

Ниже приводятся характеристика условий обитания и географическое распространение обнаруженных видов моллюсков в отложениях плиоцена—эоплейстоцена Арктики и ныне обитающих в иных регионах.