

УДК 551.4 (-02) (98)

*Зинченко А.Г.*

ВНИИОкеангеология

### **Дискретизация земной поверхности на циркумполярной геоморфологической карте Арктики масштаба 1:6 000 000**

Рассмотрены преимущества способа дискретизации земной поверхности по морфологическому принципу, обосновано его применение при составлении циркумполярной геоморфологической карты Арктики масштаба 1:6 000 000. Охарактеризованы особенности используемой методики при данном виде обзорного мелкомасштабного геоморфологического картографирования.

Циркумполярная геоморфологическая карта Арктики масштаба 1:6 000 000 входит в комплект карт Геолого-геофизического атласа Арктического бассейна, создание которого предпринято ВНИИОкеангеология. Карта охватывает прибрежные территории суши, шельфовые моря и глубоководный бассейн Северного Ледовитого океана. В данном масштабе циркумполярная геоморфологическая карта составляется впервые. Предшествующие работы такого рода представлены картами и схемами более мелкого масштаба [*Атлас океанов...*, 1980] или охватывают рассматриваемую территорию лишь частично [*Геоморфологическая карта...*, 1966; 1987; *Ласточкин, 1982; Орографическая карта...*, 1995].

Трудность решения поставленной задачи заключается в необходимости обеспечить единый подход при рассмотрении больших площадей с разнообразным строением земной поверхности, которая с разной степенью изученности исследована принципиально отличающимися друг от друга методами (если обширные пространства суши охвачены, помимо топографической, еще и аэрофотокосмическими съемками разных масштабов, то отдельные площади покрытого льдом океана охарактеризованы лишь единичными профилями гидрографического промера). В этих условиях решающее значение имеет выбор методики геоморфологического картографирования, которая, кроме всего прочего, должна обеспечивать извлечение информации из разнородных исходных материалов в однотипной, пригодной для интерполяции форме. Очень важным является также решение вопроса о способах проведения геоморфологических границ - о приемах вычленения различающихся между собой элементов земной поверхности, то есть - о способах их дискретизации, так как на геоморфологической карте (в отличие от континуальной изолинейной топографической модели) земная поверхность предстает в дискретном виде - в виде отдельных (и в то же время взаимосвязанных) элементов, на границах которых происходит изменение картируемых признаков. Не вдаваясь в дискуссию о соотношении континуального и дискретного аспектов [*Лазаревич, 1994; Ласточкин, 1988*], необходимо только отметить, что дискретизация

(элементаризация) земной поверхности - неотъемлемая процедура при геоморфологических исследованиях, она осуществляется в целях последующего анализа и синтеза геолого-географических знаний [Горелов и Тимофеев, 1988; Ласточкин, 1988; 1991].

Способ дискретизации (элементаризации) определяется классификацией, составляющей основу легенды геоморфологической карты. Общепринятой классификации рельефа, которая могла бы быть использована при построении легенды геоморфологических карт любых масштабов, не существует, как не существует и общепринятого универсального метода дискретизации. В настоящее время используются различные подходы к решению этого вопроса. В отечественной и зарубежной практике обзорного геоморфологического картографирования (в масштабах от 1:1 000 000 и мельче) широко используется морфоструктурный принцип, в основе которого лежат представления о генетической связи между геологической структурой и облекающей ее поверхностью, морфотектоника при этом составляет один из важнейших разделов легенды. Такие карты, помимо данных собственно о рельефе, содержат большой объем геолого-тектонической информации, интерпретируемой в зависимости от позиций, занимаемых авторами карты. Например, при составлении геоморфологической карты Азии масштаба 1:8 000 000 авторы задаются целью «отразить роль тектоники плит в формировании и развитии морфоструктур и рельефа» [Тимофеев и др., 1995]. Этот подход задает направление исследования не столько от рельефа, сколько от тектонической позиции того или иного участка земной поверхности. Геоморфологические характеристики при этом становятся зависимыми от данных, полученных не при изучении собственно земной поверхности, а глубоких горизонтов недр. Так в морской части легенды геоморфологической карты Китая масштаба 1:4 000 000 критерием для первого классификационного уровня морфотектоники избран тип коры [Тимофеев и др., 1995]. Выделение границ на геоморфологических картах, построенных по морфоструктурному принципу, не является однозначным - вычленение и оконтуривание элементов осуществляются по комплексу признаков (рис. 1А). Геоморфологические карты такого рода являются синтетическими, отражающими множество показателей, и представляют собой результаты крупных научных обобщений, они в полной мере несут груз априорных генетических представлений их составителей. Со всем основанием они считаются картами-выводами.

Однако в настоящее время возрастает интерес к геоморфологическим картам-обоснованиям, детально и объективно характеризующим устройство земной поверхности в целях решения широкого круга научных и практических задач в области геологии, географии и природопользования [Ласточкин, 1991]. В составе Геолого-геофизического атласа, в комплект которого входят карты: геологическая, тектоническая, четвертичных отложений, новейшей тектоники и другие, нет необходимости дублировать содержащуюся в них информацию и на геоморфологической карте. Напротив, уделив все внимание характеристике земной поверхности, можно составить геоморфологическую карту-основу для сопоставления и последующего совместного анализа разнообразных геолого-геофизических данных. Такая карта-обоснование должна быть аналитической (элементно-морфологической) [Горелов и Тимофеев, 1988], то есть характеризовать элементы рельефа [Спирidonov, 1985], но вне зависимости от состава, строения и возраста лежащего в его основании субстрата. Это другое, отличное от морфоструктурного, направление в геоморфологии представлено так называемым морфодинамическим анализом [Ласточкин, 1991]. Оно предполагает

разделение двух уровней исследования - статического и динамического. Первый - создание фактологической базы - изучение земной поверхности во всем единстве и многообразии ее состава на основании исследования поля высот (глубин). Они являются объективно оцениваемыми показателями, поскольку (в отличие от других разделов - в средах, расположенных гипсометрически выше и ниже) земная поверхность наиболее доступна для непосредственного наблюдения и измерения. Второй же уровень - динамический, основывается на результатах статического, его составляют «генетические, исторические и другие динамические, а также функциональные комплексные модели и исследования» [Ласточкин, 1991].

Земная поверхность, на которой осуществляется раздел и одновременно - контакт важнейших сред, несет в себе черты, определяемые структурой и динамикой недр. С другой стороны, она сама контролирует характер и результаты множества процессов, протекающих не только в поверхностном слое осадков, но и в соприкасающихся с ней водной и воздушной толщах [Ласточкин, 1991]. В круге контролируемых земной поверхностью процессов находятся и абиогенные, и биогенные, и антропогенные явления. Поэтому геоморфологической карте-основе и обоснованию не только статического, но и динамического уровней географических и геологических исследований принадлежит особое место в ряду геолого-геофизических материалов. Соответственно, дискретизация земной поверхности и ландшафтной оболочки должна осуществляться таким способом, который обеспечивал бы возможность совместного анализа широкого круга взаимосвязанных и взаимообусловленных процессов. Этим условиям отвечает дискретизация по морфологическому принципу. Данный подход разработан и сформулирован А.Н. Ласточкиным [1988; 1991 и др.] и уже свыше десяти лет успешно применяется во ВНИИОкеангеология при составлении геоморфологических карт различных частей Мирового океана. Однако при составлении мелкомасштабной карты области, включающей как сушу, так и дно морей и океана, такой подход применяется впервые. Для его реализации на визуальном уровне в качестве исходных материалов используются изолинейные гипсо- и батиметрические карты с достаточно дробной шкалой сечения и малой степенью обобщения при рисовке горизонталей. Для циркумполярной геоморфологической карты Арктики масштаба 1:6 000 000 исходными материалами послужили: топографические карты суши масштаба 1:1 000 000 (реже 1:2 500 000), разнообразные морские навигационные и батиметрические карты, а для глубоководной части Северного Ледовитого океана основным источником информации стала изданная ВНИИОкеангеология в 1995 г. «Орографическая карта Арктического бассейна» масштаба 1:5 000 000 (главный редактор Г.Д. Нарышкин) [1995].

В соответствии с избранным морфологическим принципом дискретизация земной поверхности - выделение в ее составе взаимообособленных и взаимосвязанных частей - осуществлено по так называемым структурным линиям [Ласточкин, 1991]. При этом использование конечного набора точечных линейных и площадных элементов и применение строгих правил их выделения позволяют выявить и отразить на геоморфологической карте геометрию рельефа. Если обычно для показа морфологии используется смешанный принцип [Спирidonов, 1985], а именно: рисовка горизонталями и внемасштабные знаки (причем выбор тех и других достаточно произволен), то в нашем случае используются два вида характерных точек (положительные и отрицательные вершины), четыре вида структурных линий (гребневые, килевые, выпуклого и

вогнутого перегиба) и ограниченные ими поверхности (чтобы избежать перегрузки карты, линии максимальных и минимальных уклонов не проводились). С помощью вышеуказанных элементов было осуществлено выделение всех вершин и ребер, образующих морфологический каркас земной поверхности. Составляющие его элементы могут быть определены как по карте, так и по профилю, а затем - протрассированы от одного профиля (или планшета) к другому. Важно, что морфологические элементы представляют собой реально существующие природные объекты: вершины гор и возвышенностей, линии водоразделов и тальвегов долин, бровки плато, террас, уступов, ограничения подножий склонов, границы днищ впадин и т.п. Таким образом, на геоморфологической карте отражается естественная делимость территории.

Сравнение способов дискретизации по морфоструктурному и морфологическому принципам (рис. 1) показывает, что в первом случае набор видов границ не является строго определенным, конфигурация границ достаточно произвольна (во втором случае она, как и набор границ, диктуется определенными правилами). Совпадение контуров на обеих картах наиболее характерно для элементов, связанных с гидрографической сетью. При морфологическом подходе рисовка границ имеет более естественный характер и более связный рисунок, здесь строже соблюдается требование замкнутости границ (ими служат только структурные линии). Парадоксальным, на первый взгляд, представляется тот факт, что разломы, выраженные в рельефе (согласно первой карте), а также показанный на ней денудационный уступ, никак не проявлены в рисунке морфологических границ на второй карте (то есть они не вырисовываются на топографической карте масштаба 1:1 000 000, послужившей исходным материалом для морфологического анализа). Следовательно, для вычленения типов морфоструктур на первой карте использованы границы низших порядков, что говорит о смещении принципа масштабности в данном случае. В заключение сравнения необходимо отметить, что кольцевые и овоидные формы, четко выделяющиеся на морфологической карте, почти никак не проявлены в альтернативном варианте. Характерно, что указанные образования в контурах, совпадающих с рисунком на морфологической карте, отчетливо видны в температурном поле земной поверхности (по данным съемки со спутника NOAA) [Арчegov и др., 1996], что свидетельствует в пользу дискретизации по морфологическому принципу.

Общим правилом генерализации при проведении морфологической информации к масштабу 1:6 000 000 было максимальное стремление к показу на итоговой карте структурных линий, соответствующих реально существующим природным объектам. В случае, когда при уменьшении исходных карт несколько сближенных границ сливались в одну, предпочтение отдавалось наиболее контрастно выраженным и протяженным.

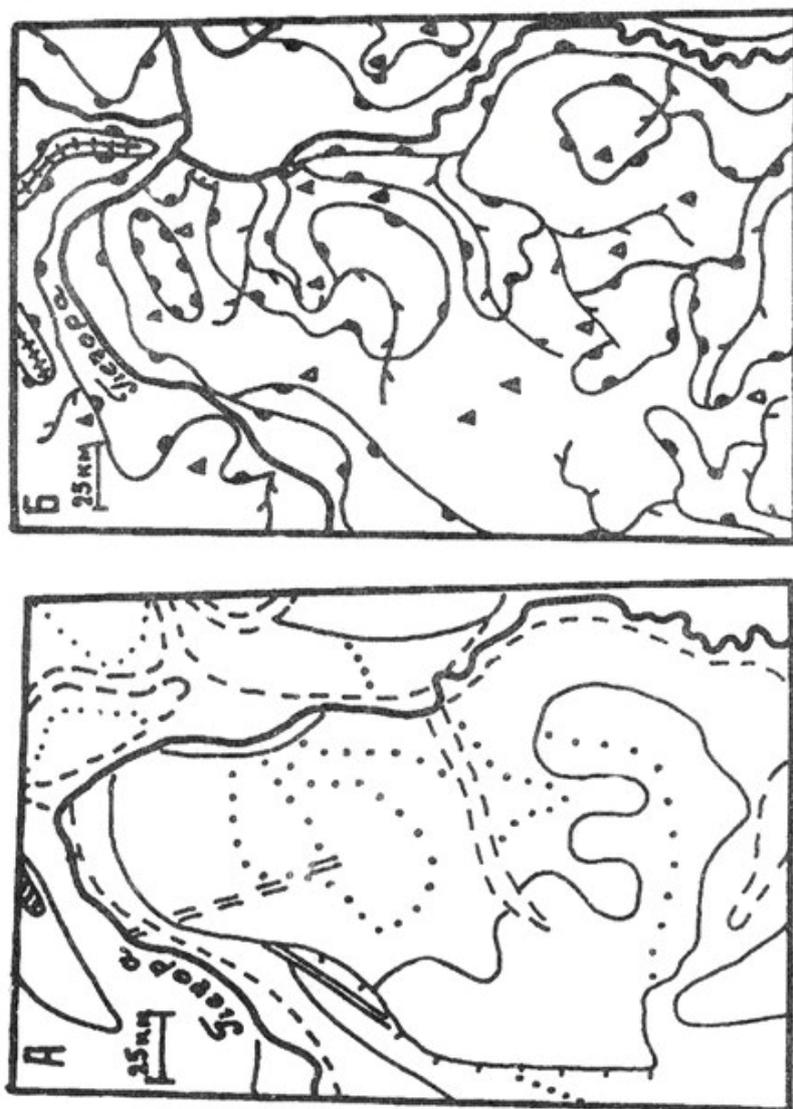
В целях лучшей читаемости карты, цветом (на рис. 2 - крапом и штриховкой) показано гипсометрическое положение субгоризонтальных и слабонаклонных поверхностей, а также относительные уклоны склоновых. При этом цветовая гамма различна для суши, шельфа, континентального склона и океана, что придает изображению некоторую объемность и позволяет избежать обычного недостатка карт, составленных по морфологическому принципу - плоскостного, лоскутного рисунка. Это особенно важно в нашем случае, когда обзорная карта охватывает столь большую и сложно построенную территорию. При этом важнейшие объекты легко распознаются, а изображение принципиально отличается от того, которое принято на изолинейных картах, так как осуществлено в дискретной форме.

Рис.1. Дискретизация земной поверхности участка Тимано-Печорской области

А — по морфоструктурному принципу [4], с упрощениями];

Границы: 1 — типов морфоструктуры, 2 — речных долин, 3 — типов морфоскульптуры, 4 — денудационные уступы, 5 — разломы, выраженные в рельефе, 6 — то же, предполагаемые.

Б — по морфологическому принципу (условные обозначения — см. рис.2).



1 2 3 4 5 6

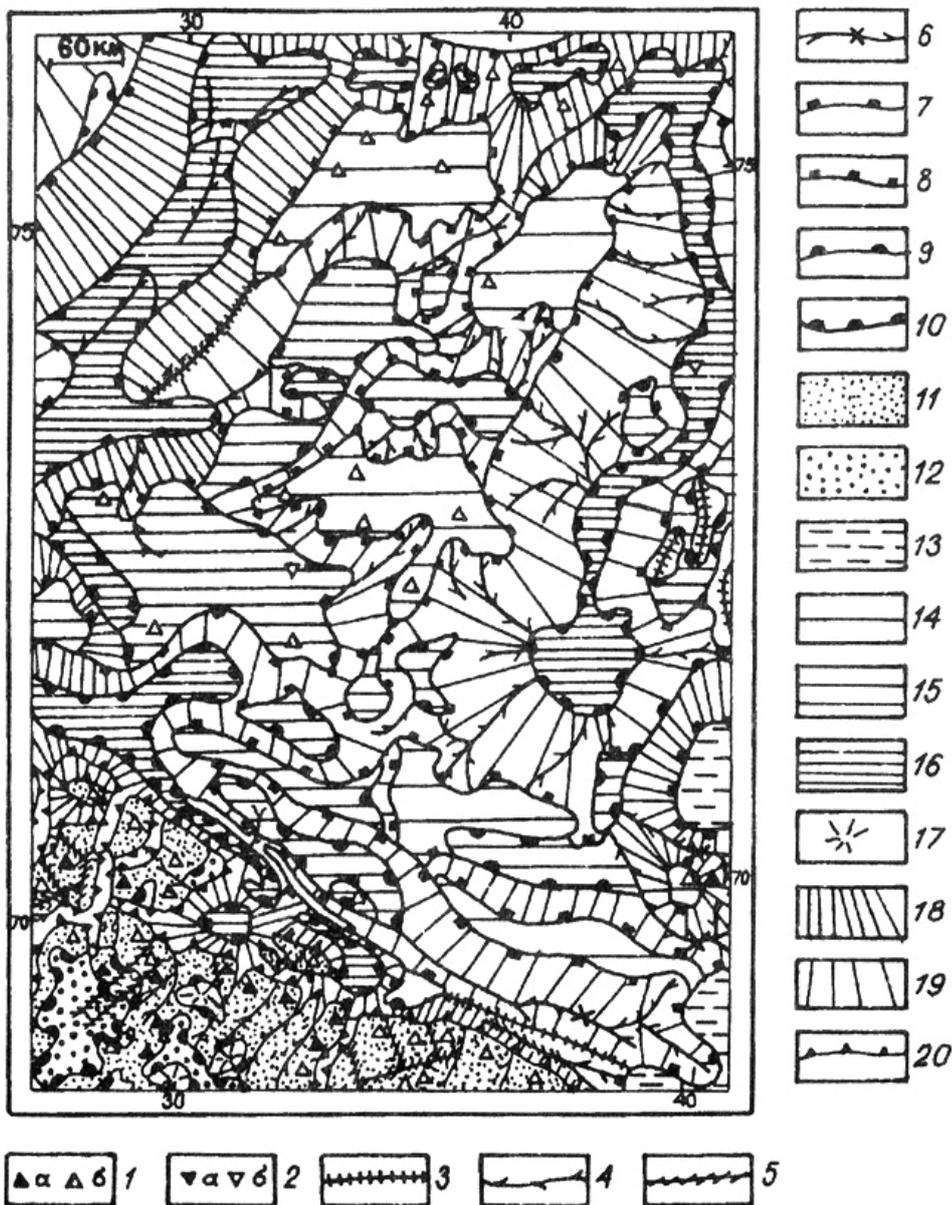


Рис.2. Фрагмент циркумполярной геоморфологической карты Арктики (с упрощениями).

1-2 — характерные точки: 1 — положительные, 2 — отрицательные (а — выходящие, б — не выходящие за пределы интервала высот или глубин); 3-10 — структурные линии: 3 — гребневые, 4 — килевые с уклоном в одном направлении, 5 — килевые без определенного или с часто меняющимся уклоном, 6 — килевые с переуглублением, 7 — выпуклого перегиба-ограничения промежуточных поверхностей, 8 — то же — ограничения верхних поверхностей, 9 — вогнутого перегиба — ограничения промежуточных поверхностей, 10 — то же — ограничения нижних поверхностей; 11-20 — поверхности: субгоризонтальные и слабонаклонные: на суше — 11 — с абсолютными отметками высот более +200 м, 12 — то же от +100 до +200 м; на шельфе — 13 — с абсолютными отметками глубин менее 100 м, 14 — то же — от 100 до 200 м, 15 — то же от 200 до 300 м, 16 — то же — свыше 300 м; склоновые: 17 — на суше склоны возвышенностей с абсолютными отметками высот менее +500 м, 18 — на шельфе склоны поверхностей относительно крутые, 19 — то же — относительно пологие, 20 — уступы.

Использование высотных ступеней в данном случае не свидетельствует о повсеместной террасированности. Их показ служит только для лучшей распознаваемости элементов, улучшения читаемости карты и означает только то, что данная конкретная поверхность преимущественно располагается в данном интервале высот (или глубин). Границы высотных ступеней в самостоятельный класс границ не выделяются. Величины высотных ступеней намеренно выбраны большими.

Предвидя возможные замечания по поводу нестрогого соблюдения правил морфологического анализа и нарушения единства морфологической системы (исключение ряда элементов и введение морфометрических показателей), следует подчеркнуть, что последние введены уже после проведения дискретизации по структурным линиям, то есть на итоговой карте (рис. 2) нет границ, которые не имели бы морфологического выражения. Что же касается способов выделения границ, то оно осуществлено на визуальном уровне, но не произвольно, а с соблюдением технологии, обеспечивающей однозначность и воспроизводимость этой процедуры. Профильные характеристики поверхности учтены при проведении границ и не показаны на итоговой карте из-за того, что в виде значковых изображений это технически невозможно ввиду малой площади выделяемых контуров, а удовлетворительный цветовой вариант пока еще не разработан. Кроме того, речь идет о первом опыте применения аппарата морфологического анализа при составлении обзорной мелкомасштабной геоморфологической карты сложно построенной области, в которую входят не только глубоководный бассейн и шельф, но и обрамляющая их суша со всем многообразием форм ее поверхности.

Полученная в итоге карта масштаба 1:6 000 000 имеет все основания называться геоморфологической (так как характеризует такой показатель, как морфология земной поверхности), построенной с использованием приемов морфологического анализа, который позволяет рассмотреть в едином ключе территории с различным строением и разной степенью изученности (рис. 2). Выявляемый при этом рисунок морфологического каркаса информативен как при изучении строения недр, (о чем говорит опыт предыдущих исследований [Зинченко, 1996]), так и при анализе явлений, контролируемых рельефом [Арчegov и др., 1996]. Используемый подход лучше, чем применявшиеся ранее, отражает геометрию поверхности, что делает его незаменимым при составлении карт-обоснований для последующих динамических исследований, а также - для решения разнообразных задач в области экологии и природопользования. На примере участка дна Баренцева моря (рис. 2) видно, что дискретизация поверхности по морфологическому принципу позволила выявить ее каркас, уточнить внутреннюю структуру дна впадин и желобов, характер разграничения и взаимосвязь различных элементов. Выделение и фиксация на карте верхних, нижних и промежуточных поверхностей дает возможность прослеживать пути движения литодинамических потоков и выявлять «ловушки» возможно содержащихся в них загрязняющих веществ.

Циркумполярную геоморфологическую карту Арктики масштаб; 1:6 000 000 выгодно отличает четкое разделение фактического материала и его интерпретации, которая переносится на следующий этап исследований, а также - воспроизводимость процедуры построения поскольку специалисты одного уровня квалификации, пользуясь данной методикой, получают принципиально сходные результаты. Сравнение с картами, построенными по морфоструктурному принципу (рис. 1), показывает, что морфологический анализ обеспечивает

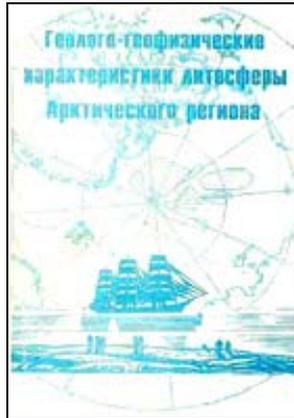
большую детальность, рельефность изображения и естественный характер границ. Дискретизация земной поверхности по данному принципу дает возможность обеспечить качество геоморфологической карты в части достоверности, полноты, объективности, правильности показа границ.

Указанная карта использована при составлении карт геологической и четвертичных отложений, входящих в состав Геолого-геофизического атласа Арктического бассейна. Опыт предыдущих исследований показал, что избранная форма представления геоморфологических данных удобна для сопоставления с другими материалами и при комплексном анализе позволяет делать выводы о структуре и динамике изучаемых территорий [Арчegov и др., 1996; Зинченко, 1996].

### Список литературы

1. Арчegov В.Б., Горный В.И., Зинченко А.Г. Тимано-Печорская НГП: сопоставление параметров нефтегазоносности с картами рельефа и температуры земной поверхности // Тезисы докл. 2 Межд. конф. «Поиски, разведка и добыча нефти и газа в Тимано-Печорском бассейне и Баренцевом море». Санкт-Петербург, 24-28 июня 1996. С. 60.
2. Атлас океанов. Северный Ледовитый океан. МО, 1980.
3. Геоморфологическая карта СССР. Масштаб 1:7 500 000. Ред. Г.С. Ганешин. Мингео СССР, ВСЕГЕИ, 1966.
4. Геоморфологическая карта СССР. Масштаб 1:2 500 000. Гл. ред. А.А. Асеев. М., ГУГК СССР, 1987.
5. Горелов С.К., Тимофеев Д.А. От морфологии рельефа к динамике рельефообразующих процессов // Геоморфология. 1988. № 1. С. 100-102.
6. Зинченко А.Г. Опыт морфологического картографирования шельфов и прилегающей суши с целью выявления их новейшей разломно-блоковой структуры. «Неотектоника и современная геодинамика континентов и океанов». М., 1996. С. 50-52.
7. Лазаревич К.С. Земная поверхность и ее дискретизация // Геоморфология. 1994. № 4. С. 25-28.
8. Ласточкин А.Н. Методы морского геоморфологического картографирования. Л., Недра, 1982. 270 с.
9. Ласточкин А.Н. Дискретность и непрерывность в земной поверхности, ее геоморфологическая и топографическая модели // Геоморфология. 1988. № 4. С. 21-29.
10. Ласточкин А.Н. Рельеф земной поверхности. Л., Недра, 1991. 340 с.
11. Орографическая карта Арктического бассейна. Масштаб 1:5 000 000. Гл. ред. Г.Д. Нарышкин. СПб, ВНИИОкеангеология, 1995.
12. Тимофеев Д.А., Бронгулеев В.В., Александров С.М., Ионин А.С., Чичагов В.П. Принципы построения легенды геоморфологической карты Азии // Геоморфология. 1995. № 4. С. 3-12.
13. Спиридонов А.И. Геоморфологическое картографирование. М., Недра, 1985. 185 с.

**Ссылка на статью:**



**Зинченко А.Г. Дискретизация земной поверхности на циркумполярной геоморфологической карте Арктики масштаба 1:6 000 000 // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. СПб, ВНИИОкеангеология, 1996. Вып. 1. С. 7-15.**