

52. Richards A., Ramezani A. Mechanization, off-farm employment and agriculture // Labor and Rainf. Agr. West Asia and N. Africa, 1990. P. 49–65.
53. Serez M. Forest fires and fire management in Turkey // 19th World Congr.: "Sci. Forest: IUFRO's 2nd Century" (Montreal. 1990, 5–11 Aug.). Montreal, 1990. V. 1. P. 197–214.
54. Schonau A.P.G. Some forestry aspects and relevant research in Israel // Ann. Rep., Pietermaritzburg, 1988. P. 50–52.
55. Cohen S., Stanhill S. Contemporary climate change in the Jordan valley // J. Appl. Meteorol. 1996. V. 35. № 7. P. 1051–1058.

Казанский госуниверситет

Поступила в редакцию
04.12.2001

THE TRENDS OF EROSION AND SUSPENDED LOAD RUNOFF IN ASIA DURING THE SECOND HALF OF THE 20th CENTURY

A.V. GUSAROV

Summary

The long-term observations of the suspended load runoff, data on factors of erosion, published materials and Internet data were used for determining the regions with certain trends of erosion. In the Northern Asia the main factor of erosion changes is climate while in the eastern, southern, south-eastern and south-western regions of Asia it is human activity (deforestation and reforestation, scarifying, regrassing etc.)

УДК 551.4.03(–924.16)

© 2002 г. О.П. КОРСАКОВА

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ШИТА¹

Анализ рельефа является важнейшей частью структурно-геологических, неотектонических, палеогеографических и других исследований. Основные региональные работы в этих направлениях выполнялись А.А. Никоновым, С.А. Стрелковым, Г.С. Рубинраутом и другими авторами, которые при выделении форм рельефа всегда основывались на генетических (морфоструктурных) принципах [1–3 и др.], т.е. в качестве формы (морфоструктуры) предлагалась геологическая или неотектоническая структура, в пределах которой описывался рельеф. Нисколько не умаляя целесообразность их подходов при решении разных конкретных задач, предлагается проанализировать территорию, исходя из морфологии поверхности северо-восточной части Балтийского щита, не вдаваясь в генетические объяснения ее строения. В таком случае предметом исследования и средством познания земной поверхности становится сама форма. Морфологическая структура, или форма рельефа, представляющая собой морфологически обособленную часть земной поверхности, отражает проявление пространственно-временного комплекса геолого-геоморфологических процессов. Разным формам соответствует и разное содержание, объем которого устанавливается, исходя из доступных знаний, далеко не исчерпывающих всего многообразия природных взаимосвязей. Рельеф всегда доступен изучению, и морфологический анализ поверхности может служить методом познания геолого-геоморфологических процессов и явлений, имеющих место в пределах конкретных регионов.

Суть проведенного морфологического анализа рельефа состоит в генерализации дневной поверхности северо-восточной части Балтийского щита, в определении количественных различий между высотными градациями рельефа (значимых изогипс), в разделении поверхности на структурные единицы, которыми являются отдельные формы рельефа: низменности, возвышенности и горы. Это три основных категории рельефа, в каждом регионе обладающие

¹ Работа выполнена в рамках тематических исследований Геологического института КНЦ РАН. Автор благодарна В.В. Ладан и С.А. Селиверстовой за помощь, оказанную в морфометрических построениях.

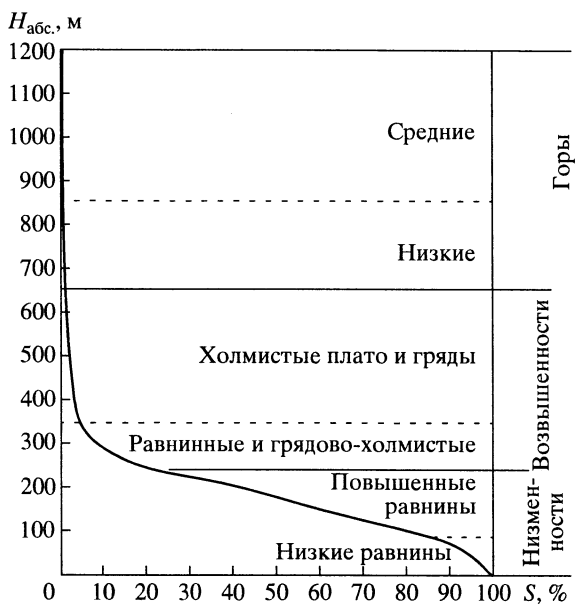


Рис. 1. Гипсографическая кривая современной поверхности северо-восточной части Балтийского щита

конкретными параметрами. Они характеризуются определенными значениями вершинного уровня (максимальных абсолютных высот поверхности) и площади. Итогом данного анализа выступает морфологическое районирование северо-восточной части Балтийского щита.

Для изображения форм рельефа на карте существуют различные высотные шкалы, имеющие разные значения рубежных горизонталей (морфоизогипс). В большинстве случаев выбор этих значений достаточно произволен и далеко не однозначен, из-за чего тому или иному высотному уровню придается большая значимость, которой он может и не обладать. В качестве действительно значимой для региона рубежной горизонтали, отделяющей низменности от возвышенностей, в условиях равнинных территорий вслед за А.А. Тилло [4], Ю.А. Мещеряковым [5, 6], В.А. Исаченковым [7] и другими авторами целесообразно считать горизонталь, соответствующую средней высоте региона. Наличие горных массивов в северо-восточной части Балтийского щита обусловило более дробную высотную дифференциацию поверхности, поэтому для определения количественных показателей морфоизогипс использовалась гипсографическая кривая, описывающая идеализированный профиль поверхности (рис. 1). Значения абсолютной высоты в "точках перегиба" данной кривой, или в точках резкого изменения наклона касательной к графику функции $F(h)$, где h – абсолютная высота, наряду со средней высотой соответствуют значениям рубежных горизонталей региона. Подобные работы для Русской равнины выполнялись и ранее [7, 8]. Для северо-восточной части Балтийского щита они представлены впервые.

Методика исследования. Морфологические построения и обобщения, членение поверхности на морфологические структуры осуществлялись посредством общепризнанных морфометрических методов разномасштабного осреднения топографической поверхности [7–10 и др.]. Разномасштабному осреднению предшествовало построение гипсографической кривой с целью определения высотных значений (абсолютная высота над уровнем моря) основных категорий рельефа – низменностей, возвышенностей и гор. Для построения гипсографической кривой (рис. 1) использовались среднемасштабные топографические карты м-ба 1 : 500 000, по которым вычислялась площадь территории, ограниченной горизонталями в пределах каждых 50 м высоты.

Разноранговая генерализация рельефа осуществлялась при помощи графоаналитических приемов, т.е. осреднением топографической поверхности способом "скользящего окна" на основе определения среднего арифметического значения абсолютной высоты ключевых участков – равновеликих квадратов. Исходными данными для сглаживания рельефа служили высотные отметки, снятые с топографических карт СССР м-бов 1 : 500 000 (состояние

местности на 1973–81 гг.) и 1 : 100 000 (состояние местности на 1965–66 гг.). В зависимости от ранга выделяемых морфологических единиц отметки снимались по соответствующим сеткам равновеликих квадратов. Квадраты располагаются с 50%-ным, перекрытием по рядам и столбцам, что позволяет многократно учесть одну и ту же территорию в составе разных ячеек и тем самым максимально точно представить поле средней высоты. Сетки равновеликих квадратов произвольно накладывались на карту м-ба 1 : 500 000.

Для определения средней высоты суммировались максимальная и минимальная ее величины в соответствующей ячейке, а также значения характерных точек внутри ключевых участков и точек, расположенных в углах равновеликих квадратов. Полученная сумма делилась на количество учтенных значений, число которых зависит от контрастности рельефа и от масштаба сглаживания, или от размеров ячеек осреднения.

Размеры ячеек осреднения обусловлены размерами выделяемых форм рельефа, т.е. их рангом. Крупнейшие и крупные формы соотносятся по своим размерам с площадью региона, которая составляет 144 878 км² (таблица) в проекции на карте м-ба 1 : 500 000, принятого в качестве рабочего. Величина ячеек осреднения в целом на порядок меньше площади региона для выделения крупнейших форм и на два порядка меньше для крупных форм. Размеры ячеек сглаживания при среднеранговой генерализации рельефа поверхности к площади региона не привязаны. Они определялись, исходя из правила, что размеры "скользящего окна" должны быть не менее чем в 2 раза меньше величины выделяемой формы [11]. В.А. Исаченков определил, что величина средних форм рельефа на северо-западе Русской равнины составляет 1000 – 10 км² [7], поэтому для их выделения в данном случае принята площадь ячеек осреднения, которая в 2 раза меньше установленных максимальных размеров средних форм рельефа.

Осреднение топографической поверхности наиболее высокого ранга, соответствующей крупнейшей региональной форме (без крупных, средних, мелких и мельчайших), осуществлялось по 52 квадратам площадью 10 000 км². В зависимости от контрастности рельефа средняя высота в пределах ключевого участка вычислялась по 100–120 значениям характерных точек. Подобное осреднение поверхности с целью определения крупных форм (без средних, мелких и мельчайших) выполнялось по показателям, учитывающим значение 25–30 характерных точек для каждого из 215 участков, размеры которых соответствуют площади листа карты м-ба 1 : 100 000 (примерно 1630 км²).

При выделении средних форм рельефа (без мелких и мельчайших) искомые показатели вычислялись по 10–12 значениям характерных точек из 710 равновеликих квадратов площадью примерно 500 км² каждый. Чем ниже ранг осредненной поверхности, тем более она приближается к реальной топографической. Определение мелких и мельчайших форм рельефа методом осреднения не проводилось, но оно имеет смысл при крупномасштабных исследованиях. В каждом случае найденные значения средних высот приписывались центру соответствующих ключевых участков, сетка которых помещена на топографической основе м-ба 1 : 500 000. Точки с одинаковыми значениями соединялись изолиниями.

Данные для построения гипсографической кривой

Абс. высота, м	Площадь ступеней		Абс. высота, м	Площадь ступеней	
	км ²	% от общей площади		км ²	% от общей площади
1100–1200	7.50	0.005	500–550	540.00	0.373
1050–1100	16.75	0.012	450–500	852.75	0.589
1000–1050	41.50	0.029	400–450	1430.00	0.987
950–1000	60.50	0.042	350–400	2760.75	1.906
900–950	96.75	0.067	300–350	6018.50	4.154
850–900	116.00	0.080	250–300	17293.75	11.937
800–850	140.50	0.097	200–250	32875.00	22.690
750–800	208.00	0.144	150–200	28296.50	19.531
700–750	183.50	0.127	100–150	29995.25	20.703
650–700	222.00	0.153	50–100	15468.00	10.677
600–650	242.00	0.167	0–50	7690.50	5.308
550–600	322.00	0.22	ВСЕГО	144878	100

Для того чтобы более объективно ранжировать формы рельефа и определить характер их морфологии (выпуклость, вогнутость или выровненность, замкнутость и т.п.), строились морфометрические карты остаточного осредненного рельефа – разности между осредненной поверхностью низкого и соответствующего ему более высокого рангов. Остаточный осредненный рельеф также представляется в виде изолиний.

Изображение рельефа на карте в виде изолиний предполагает определение линейных границ морфологических структур. Выделение морфологических единиц осуществлялось визуально при глазомерной оценке осредненных поверхностей по рисунку горизонталей и сопоставлении их с соответствующими морфометрическими картами, на которых показан разноранговый остаточный осредненный рельеф. Следует заметить, что это не составляло труда при наличии выраженных линейных элементов рельефа. В других случаях границы проводились в некоторой степени условно, поэтому их положение может незначительно меняться в зависимости от масштаба приближения осредненной поверхности к реальной и от степени генерализации исходной информации.

Выделялись крупные и средние формы двух порядков. Причем формы II порядка определялись на картах остаточного осредненного рельефа, в то время как на картах осредненного рельефа соответствующего ранга они изолиниями не фиксируются. Кроме того, ко II порядку отнесены крупные и средние формы рельефа, площадь которых не соответствует принятому условию: размеры выделенных морфологических единиц должны быть не менее чем в 2 раза крупнее размеров ячеек осреднения [11]. Таким образом, в зависимости от интерпретации крупные формы II порядка могут быть средними формами I порядка, а средние формы II порядка соответствовать мелким формами I порядка. В целом крупные формы рельефа I порядка в северо-восточной части Балтийского щита при выбранном масштабе сглаживания рельефа имеют размеры, превышающие 3300 км², средние формы рельефа I порядка не могут быть меньше 1000 км².

Результаты морфометрических построений и обобщений. Согласно данной методике, в пределах северо-восточной части Балтийского щита установлены три главные *гипсометрические ступени* рельефа: *нижняя*, имеющая высоту менее 250 м, занимающая 79.0% территории и соответствующая низменностям; *средняя*, обусловленная распространением возвышенностей с высотами от 250 до 650 м и занимающая 20.25% территории; *верхняя*, имеющая высоту более 650 м, занимающая 0.75% поверхности и связанная с наличием горных массивов (таблица).

Принадлежность каждой отдельной формы рельефа к низменностям, возвышенностям или горам определяется существующими максимальными значениями вершинного уровня конкретных морфологических структур. Уточненная средняя (среднеарифметическая) высота региона составляет 232 м над уровнем моря, поэтому ближайшее к ней в масштабе исследования (1 : 500 000, высота сечения рельефа – 50 м) значение изолинии 250 лимитирует вершинный уровень низменностей, т.е. в северо-восточной части Балтийского щита к низменностям относятся все формы рельефа, высота которых не превышает этого значения. Формы рельефа, имеющие высоту более 250 м, отнесены к возвышенностям, причем те формы, которые выше 650 м, в северо-восточной части Балтийского щита являются горами. На гипсографической кривой в качестве "точек перегиба" графика функции $F(h)$ выделяются значения 100, 350, 800 м. Они являются второстепенными высотными границами форм в пределах главных гипсометрических ступеней рельефа.

Общий гипсографический облик рельефа дневной поверхности (равнина, плато, гряда и т.п.), ограничивающей отдельные его формы, зависит от распределения абсолютных высот. Распределение абсолютных высот в северо-восточной части Балтийского щита позволяет выделить шесть подтипов форм рельефа (рис. 1).

Низменности подразделяются на два уровня: 1) низкие в основном приморские равнины и впадины с преобладающими абсолютными высотами до 100 м и 2) повышенные, главным образом, наклонные равнины с абсолютными высотами до 250 м. Выделяются две высотные разновидности *возвышенностей*: 3) равнинные и грядово-холмистые с абсолютными отметками, не превышающими 350 м; 4) преимущественно холмистые плато и гряды с вершинным уровнем до 650 м. *Горы* подразделяются на: 5) низкогорные – до 800 м и 6) среднегорные массивы с максимальными высотами до 1200 м.

Названные формы рельефа в зависимости от занимаемой площади могут быть крупнейшими, крупными, средними и т.п. Их ранжирование выполнено традиционным способом разномасштабного гипсометрического осреднения рельефа. Установлено, что северо-восточная часть Балтийского щита является крупнейшей формой II порядка, т.е. ее размеры сравнимы с размерами региона (величина крупнейших форм I порядка превышает площадь региона

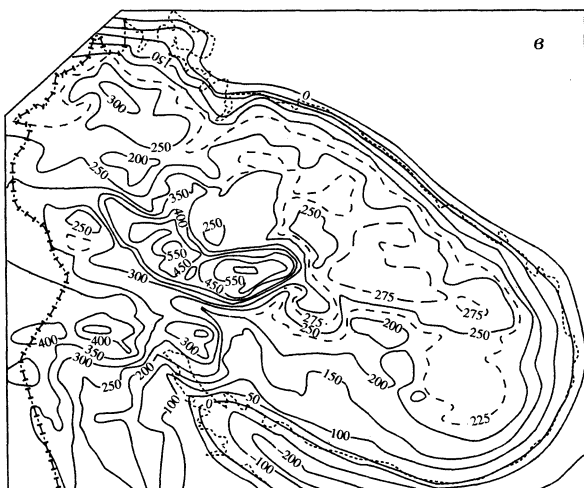
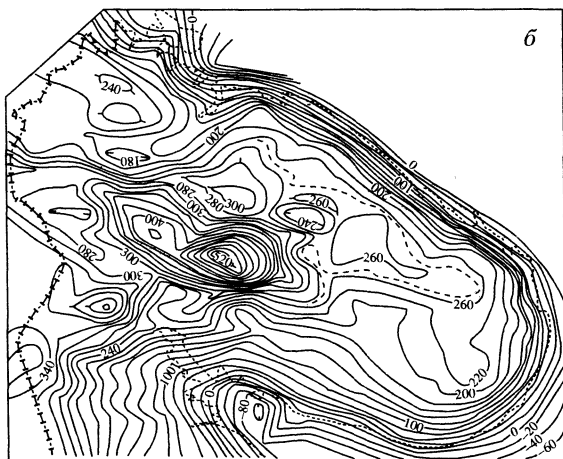
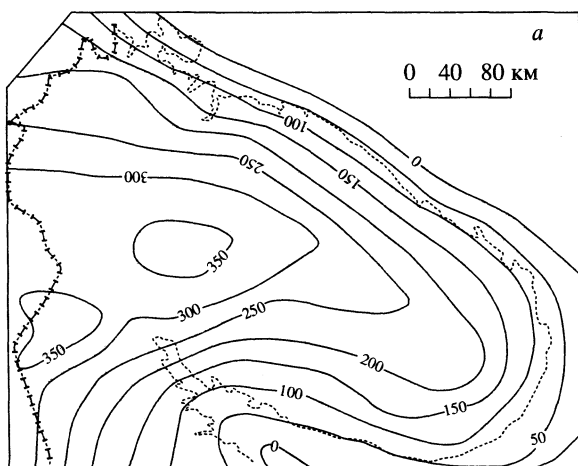


Рис. 2. Гипсометрические схемы осредненных поверхностей северо-восточной части Балтийского щита
Осреднение: а – по участкам площадью 10 тыс. км²; б – по участкам, соответствующим площади листа топокарты м-ба 1 : 100 000, т.е. примерно 1600 км²; в – по участкам площадью 500 км².
1 – изолинии осредненного рельефа, 2 – береговая линия; 3 – государственная граница

и может быть сопоставима с размерами платформы). В осредненном виде (рис. 2а) эта форма представляет собой двухвершинную куполообразную морфологическую структуру с выступом, противоречащим очертания Кольского п-ова.

Крупнейшая и крупные формы рельефа без средних, мелких и мельчайших (поверхность Б) отражены в виде изолиний средней высоты на рис. 2б, крупнейшая, крупные и средние без мелких и мельчайших (поверхность В) – на рис. 2в. Для выделения форм рельефа только определенного ранга проведено вычитание осредненной поверхности более высокого ранга из поверхности более низкого ранга, в результате чего были получены поверхности остаточного осредненного рельефа. Остаточный осредненный рельеф, соответствующий крупным формам, представляет собой разность между поверхностью Б и А (рис. 3а), а средним формам – между В и Б (рис. 3б).

Итогом морфометрических построений и обобщений явилось морфологическое районирование северо-восточной части Балтийского щита. Оно основано на относительном сходстве и различии поверхности в зависимости от *размеров площади*, занимаемой каждым таксоном. Выделенные по этому признаку формы рельефа объединяют в себе разнородные элементы, отличающиеся значениями абсолютных высот, поэтому каждая крупная по площади форма может включать в себя разные по высоте более мелкие морфологические структуры. Например, более крупная форма рельефа – возвышенность может состоять из более мелких форм, относящихся к низменностям и возвышенностям. На рис. 4 показана схема морфологического районирования, учитывающего крупные формы I и II порядков.

Наиболее многочисленными формами рельефа в северо-восточной части Балтийского щита являются *возвышенности*, представляющие собой морфологически обособленные части поверхности, вершинный уровень которых достигает 650 м. Это преимущественно возвышенные равнины, плато, гряды, холмистые возвышенности, однако соответствующие высоты могут иметь и формы рельефа, морфологически выраженные в виде впадин. Итак, по итогам морфометрических построений к возвышенностям нами отнесены (рис. 4): Западно-Мурманская (1), состоящая из двух крупных форм II порядка – Северо-Западной наклонной равнины (1а) и впадины Урагубы и Западного Мурмана (1б); Печенгско-Мурманская (2) с Западно-Мурманским плато (2а) и высокой низменной равниной Кутсъярв (2б); Паз-Тулумская впадина (3) с Туломской (3а) и Паз-Лоттинской (3б) возвышенными равнинами; Панская (7) и Ковдоро-Енская возвышенности (8) с Ковдорской (8а) и Верхнетумчской (8б) холмистыми и холмисто-грядовыми возвышенностями; Тумча-Кандалакшская впадина (9) с низиной Ковдозерская впадина (9а), Кандалакшско-Коливицким горным массивом (9б), Порья-Умбинской низменностью (9в) и Пяозерско-Лоухской возвышенной равниной (9г); Колозерско-Ревдозерская впадина (10) с Колозерской (10а) и Ревдозерской (10б) впадинами; Куола (11) с Куолярвинской возвышенностью (11а), Куолайской возвышенной равниной (11б) и возвышенностью Палотунтури (11в); Пиреньгско-Умбинская впадина (12), состоящая из Пиреньгской (12а) и Верхнеумбинской (12б) частей; Мурманско-Кольская возвышенность (15); Восточно-Мурманское плато (16) с Лумбовским плато (16а) и Лявозерско-Енозерской возвышенной равниной (16б); Кейвско-Понойская впадина (17) с Кейвским (17а), Пурначским (17б) плато и Понойско-Стрельнинской возвышенной равниной (17б); холмисто-грядовая возвышенная равнина Пеуратунтури (20).

В качестве крупной формы II порядка Нотинская возвышенная равнина (4б) наряду с Западным низкогорным массивом (4а) входит в состав крупной формы I порядка – Лотто-Нотинского горного массива (4). Кроме него и уже названного в составе Тумча-Кандалакшской впадины (9) Кандалакшско-Коливицкого горного массива (9б) *горами* в регионе являются Центральный (5) и Хибино-Ловозерский (6) среднегорные массивы. Вершинный уровень гор ограничен наибольшими в регионе значениями абсолютной высоты.

Низменности, в пределах северо-восточной части Балтийского щита достигающие 250 м высоты, представлены здесь следующими крупными формами рельефа: наклонными равнинами Восточно-Мурманский (13) и Кандалакшско-Терский берег (14), где выделяются крупные формы II порядка – приморские равнины Восточно-Терский (14а), Западно-Терский (14в), Северно-Терский (14г) и Кандалакшский берег (14е), а также Восточно-Кольская (14б) и Северо-Восточная (14д) высокие равнины. Крупной формой I порядка среди низменностей является Южно-Кольская высокая равнина (18). К этой категории относятся также уже названные Ковдозерская впадина (9а), как крупная форма II порядка, наряду с Порья-Умбинской низменностью (9в) входящая в состав возвышенности Тумча-Кандалакшская впадина (9). Кроме того, следует отметить высокую низменную равнину Кутсъярв (2б), входящую в состав Печенгско-Мурманской возвышенности (2).

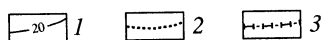
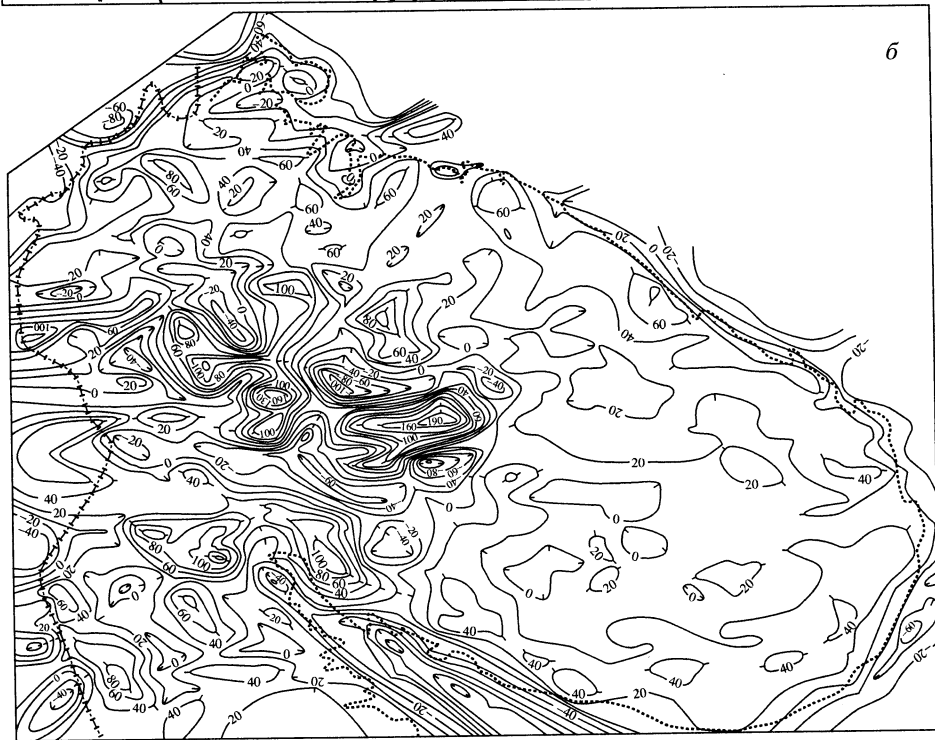
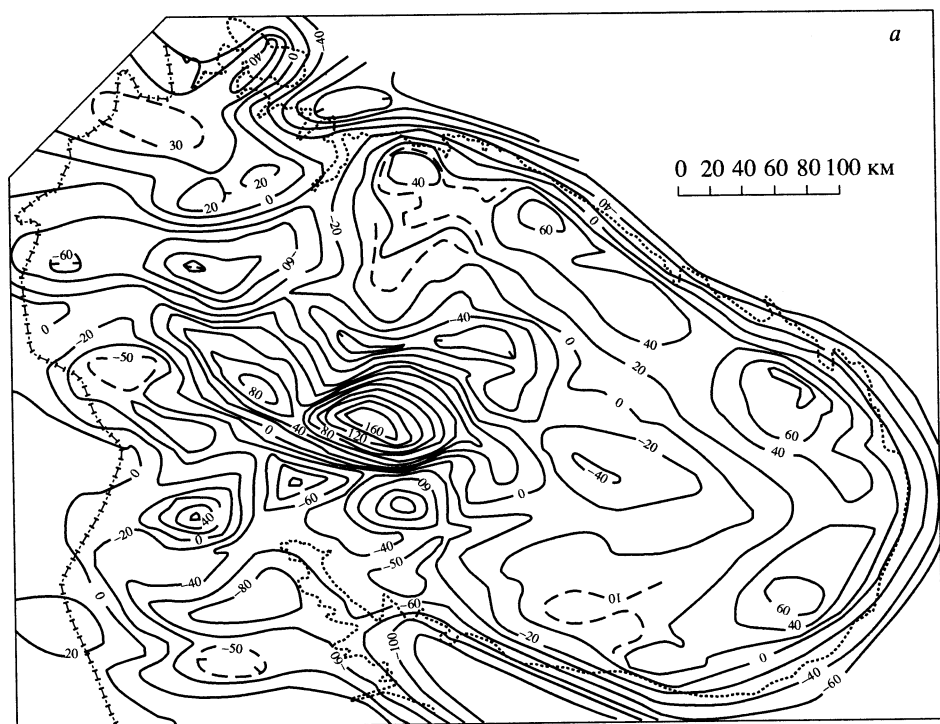


Рис. 3. Схемы остаточного осредненного рельефа, соответствующего: а – крупным формам, б – средним формам дневной поверхности
Условные обозначения см. рис. 2

логическими. Морфологическая обособленность конкретных участков поверхности проявляется через современное распределение абсолютных высот, которое в условиях северо-восточной части Балтийского щита, расположенного в высоких широтах, омывающегося водами двух морей, имеющего длительную историю развития, тектонически активного, неоднократно покрывавшегося ледниками и подвергавшегося выравниванию, зависит от всех этих и многих других взаимодействующих факторов, а не только от геологического строения территории.

Предлагаемое морфологическое районирование может явиться основой для дальнейших морфоструктурных, неотектонических и других исследований, сопряженных с изучением рельефа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никонов А.А. Развитие рельефа и палеогеография антропогена на западе Кольского полуострова. М.: Наука, 1964. 183 с.
2. Стрелков С.А. Морфоструктуры северо-восточной части Балтийского щита и основные закономерности их формирования // Палеогеография и морфоструктуры Кольского полуострова. Л.: Наука, 1973. С. 3–80.
3. Рубинраут Г.С. Морфотектоника Кольского полуострова. Апатиты: Изд-во Кол. ФАН СССР, 1987. 74 с.
4. Тилло А.А. Орография Европейской России на основании гипсометрической карты // Изв. Рус. геогр. о-ва. 1890. Т. 26. С. 8–32.
5. Мещеряков Ю.А. О принципах изображения рельефа на обзорных гипсометрических картах // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1954. № 4. С. 61–72.
6. Мещеряков Ю.А. Структурная геоморфология равнинных стран. М.: Наука, 1965. 390 с.
7. Исаченков В.А. Проблемы морфоструктуры и древнеледниковой морфоскульптуры. Л.: Наука, 1988. 176 с.
8. Бронгулеев В.Вад., Бронгулеев В.В. Карта усредненного рельефа Русской равнины // Геоморфология. 1987. № 1. С. 15–24.
9. Волков Н.М. Принципы и методы картометрии. М.: Изд-во АН СССР, 1950. 228 с.
10. Абрамов А.Е., Мещеряков Ю.А. Опыт определения средних высот возвышенностей и низменностей Русской равнины // Вопросы применения картографических методов при географических исследованиях. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 62–71.
11. Берлянт А.М. Картографический метод исследований. М.: Изд-во МГУ, 1978. 257 с.
12. Korsakova O. The morphological zoning and the ranging of the North-East Baltic shields land forms // Quaternary deposits and neotectonics in the area of pleistocene glaciations. Abstract volume of the field symposium, May 12–16 1997, Belarus. Minsk: 1997. P. 35–36.
13. Кудлаева А.П. Модель новейшей тектонической деформации исходной поверхности выравнивания Кольского полуострова // Исследование развития Скандинавского ледникового покрова на территории СССР. Апатиты: Изд-во Кол. ФАН СССР, 1981. С. 11–21.

Геологический ин-т КНЦ РАН

Поступила в редакцию
28.08.2000

MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF THE N-E BALTIC SHIELD RELIEF

O.P. KORSAKOVA

Summary

The paper is emphasized on the problem of determining of the North-East Baltic Shield morphological structure. It consists of different rank landforms, which may be distinguished by their area and altitudes. For this purpose the generalization of topographic surface was made by the method of different scale averaging of relief and the distribution of the heights above sea level was used. The main regional hypsometric boundaries of landforms were determined. As a result the morphological zoning of the northern part of the Baltic Shield was carried out.