

КРУПНЫЕ ГРЯДОВЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА И ИХ СВЯЗЬ С ТЕКТОНИЧЕСКИМ СТРОЕНИЕМ СЕВЕРА РУССКОЙ РАВНИНЫ

© 2021 г. П. С. Бурлаков*

Архангельский филиал ФГБУ “Рослесинфорг”, Архангельск, Россия

**E-mail: asmat21@mail.ru*

Поступила в редакцию 08.02.2021 г.

После доработки 17.02.2021 г.

Принята к публикации 12.03.2021 г.

На основе цифровой модели рельефа выделены крупные грядовые структуры на севере Русской равнины, которые существенно дополняют картину геоморфологического районирования региона. Комплекс грядовых форм насчитывает 11 наиболее протяженных геоморфологических единиц в бассейнах рр. Северная Двина, Кулой и Мезень, которые предлагается учитывать при различных типах районирования территории. Морфометрическая характеристика гряд следующая: их длина варьирует от 30 до 200 км, относительная высота 20–60 м, средняя ширина 1–4 км. Комплексный анализ данных позволил определить, что контуры гряд контролируются тектоническим планом территории, что, в свою очередь, отражает связь между глубинными и поверхностными структурами. Таким образом, предполагается, что формирование их морфоструктуры связано с тектоническим фактором рельефообразования, а морфоскульптурные особенности — с воздействием аккумуляции и абразии в периоды четвертичных морских трансгрессий и последующими избирательными процессами эрозии и денудации.

Ключевые слова: север Русской равнины, цифровая модель рельефа, рельеф, гряды, тектонические структуры, согласованные структуры

DOI: 10.31857/S0869607121020026

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей работе на основе ранее подготовленной цифровой модели рельефа (ЦМР) [2] выделен комплекс крупных грядовых форм рельефа на севере Русской равнины, что существенно дополняет уже имеющиеся сведения по геоморфологическому районированию региона. Публикации и картографические материалы по грядовым структурам Европейского Севера крайне малочисленны и не дают полноценной картины их распространения. Отдельные структуры данного комплекса в общих чертах были отражены в работах [1, 3, 5, 16, 23–25], однако их контуры были нанесены довольно схематично и без приведения характеристики. Несмотря на то, что подобные грядовые структуры общепринято считать формами гляциального и флювиогляциального генезиса, приуроченность данных комплексов (в том числе и во “внеледниковых” областях) к глубинным тектоническим структурам разного ранга позволяет рассматривать их в парагенетической связи между собой. Большой фактический материал по грядам на территории Балтийского щита, Русской и Западно-Сибирской равнин и их связи с тектоническим планом обобщен в работах [7, 13–15, 20, 21]. Их образование связывают с горизонтальным тектоническим сжатием (взбросо-сдвиги и

надвиги), а сами формы являются надразломными (либо приразломными) валами сжатия и индикаторами новейших, в том числе голоценовых, взбросо-сдвиговых перемещений по разломам фундамента. Здесь выявлены нарушения залегания отложений [7], а в отдельных случаях амплитуды вертикального смещения разновозрастных горизонтов относительно друг друга достигают 50 м и более [14]. Однако механизм образования данных линейных элементов рельефа слабо изучен. Особое внимание в работе было уделено морфоструктурному анализу, результаты которого позволяют “наращивать” базу геолого-структурных данных о проявлениях тектонических движений в фундаменте и осадочном чехле платформ и их вкладе в формирование современного рельефа [8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследований площадью более 150 000 км² расположен на севере Русской равнины в бассейнах рр. Сев. Двина, Кулой и Мезень. В качестве основы для анализа тектонического строения были выбраны Тектоническая карта Белого моря и прилегающих территорий [18], схема новейших морфоструктур Беломорья [6]. Сложное глубинное строение сопряженных рифейских горст-грабеновых структур района исследований отражено на разрезах по региональному сейсмическому профилю, пересекающему основные структуры Мезенской синеклизы [19]. Для анализа геолого-геоморфологической обстановки также использовались материалы [3–5, 9, 12, 14, 22]. В работе применен метод морфоструктурного анализа на основе сопоставления тектонического плана территории, рельефа земной поверхности и рисунка гидросети, что создает информативную картину индикаторов глубинных структур и позволяет выявлять структурно-геоморфологические парагенезы [17]. ЦМР была построена на основе векторной карты горизонталей (высота сечения рельефа 10 м), отметок высот и урезов воды с государственных топографических карт масштаба 1 : 100 000. Для построения цифровой модели рельефа использовался метод интерполяции Natural Neighbour, реализованный в модуле r.surf.nnbathy ГИС GRASS 6.4.3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Комплекс крупных грядовых структур, выделенных на основе дешифрирования ЦМР, изображен на рис. 1, а их гипсометрические профили — на рис. 2. Главные морфометрические характеристики гряд представлены в таблице.

Кратко охарактеризуем ключевые особенности грядовых форм рельефа Севера Русской равнины. В первую очередь выделим структуры **Богачева** и **Юмала**, которые были рассмотрены ранее [2]. Для первой характерна дугообразная форма и маломощный чехол четвертичных отложений, подстилаемый известняками, гипсами и мергелями нижней и верхней перми. Гряда Богачева приурочена к разломным структурам Архангельского сводового поднятия фундамента и по высотным ступеням подразделяется на три части, которые соответствуют элементам неотектонической зональности Европейского Севера России. Так, западный возвышенный участок гряды (средняя высота 100 м) соответствует Кулойскому поднятию, центральный низменный (средняя высота 45–50 м) — Нижне-Пинежско-Кулойскому прогибу, а юго-восточный возвышенный (средняя высота 80 м) — Труфаногорской зоне поднятий. Гряда Юмала также имеет дугообразную форму и обладает схожей характеристикой со структурой Богачева. Дочетвертичные породы представлены гипсами и ангидритами сакмарского яруса нижней перми и красноцветными огипсованными алевритами и песчаниками уфимского яруса верхней перми, а четвертичные — суглинками и валунными глинами плейстоценового возраста. Гряда расположена вдоль тектонически дислоцированной границы между Лешуконским грабеном и Товским выступом. Высотная характеристика гряды также неоднородная и подразделяется на две структурные части — возвы-

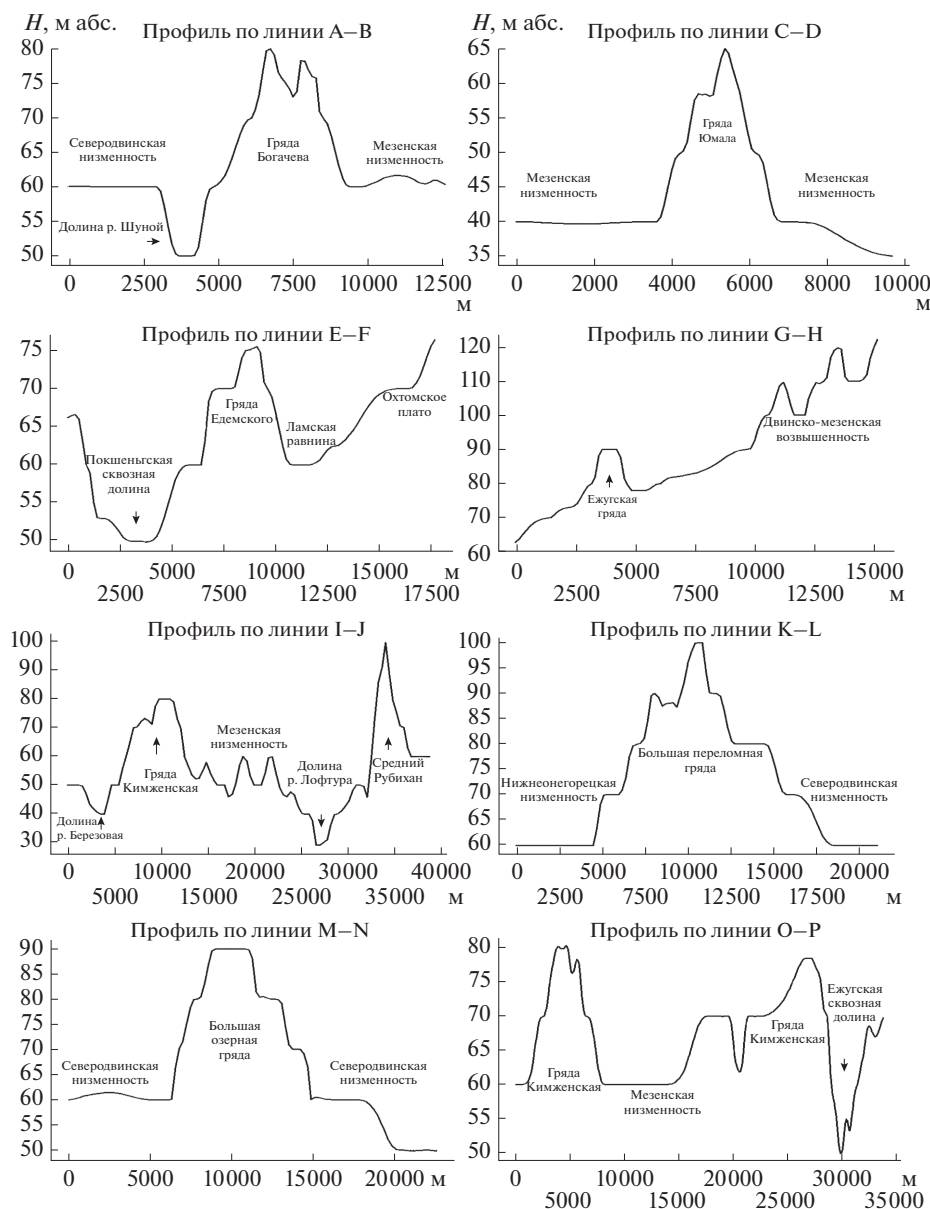


Рис. 2. Гипсометрические профили (линии профилей соответствуют рис. 1).

Fig. 2. Hypsometric profiles of ridges (see Fig. 1).

шенную (средняя высота 120 м), соответствующую Кулойскому поднятию, и низменную (средняя высота 50 м), соответствующую Нижне-Пинежско-Кулойскому прогибу. Таким образом, наблюдается существенное сходство в морфологии гряд (что указывает на общие процессы их формирования и развития): для них характерна практически одинаковая дугообразная ориентировка, четкое подразделение на возвы-

Таблица 1. Морфометрическая характеристика гряд
Table 1. Morphometric characteristic of ridges

Гряда	Длина, км	Ширина, км	Относительная высота, м
Богачева	84	2–3	10–30
Юмала	35	2–3.5	10–30
Едемского	80	1–5	15–25
Ежугская	50	1–4	10–25
Кимженская	В наиболее протяженной части до 200	1–4, в северной части до 8	5–30
Большая Переломная	80	2–12	10–60
Большая Озерная	60	5–7	20–65
Большой Рубихан	55	3–4	20–60
Средний Рубихан	40	1–2.5	10–40
Малый Рубихан	32	1–3	10–30
Няфта	75	2–5	10–30

шенную и низменную части, согласованность простираения гряд с разломными структурами, а также их высотной характеристики с элементами неотектонического районирования. Пониженные участки гряд, расположенные на территории Мезенской низменности, отделяются от возвышенных участков структурно-денудационным уступом Беломорско-Кулойского плато высотой до 80 м, где проходит граница между Кулойским поднятием и Нижне-Пинежско-Кулойским прогибом, которая является флексурно-разрывной зоной [2].

Ежугская и **Кимженская** гряды разделяются протяженной (более 80 км) линейной депрессионной зоной – Ежугской сквозной долиной со срезанным водоразделом между бассейнами рр. Северная Двина и Мезень. Для отдельных участков гряд характерны асимметричные склоны. Четвертичный покров представлен преимущественно плейстоценовыми валунными супесями и суглинками, а подстилающими породами служат верхнепермские мергели, алевролиты, глины и песчаники. Ежугская гряда представляет собой своеобразный дугообразный вал перед Двинско-Мезенской возвышенностью, контур которой сопряжен с активизированным разломом и повторяет ориентировку 20-километрового отрезка долины р. Пинежская Ежуга. Кимженская гряда – наиболее протяженная структура региона (около 200 км) и сопоставима с крупнейшими структурами Фенноскандии, хотя и уступает им по протяженности. Так, например, грядовая система Сальпаусселькя имеет длину до 500 км, высоту от 20 до 80 м, ширину до 2–3 км; Северные Кейвы – более 250 км, высотой до 60 м, шириной до 700 м [21]. В высотном отношении Кимженская гряда сегментирована на отдельные участки: наибольшие абсолютные высоты наблюдаются в южной и северной частях (до 100 м), в центральной – средняя высота 50 м. Структуру Кимжа можно условно разделить на две части: субмеридиональную – длиной около 160 км, большая часть которой простирается вдоль левого берега р. Кимжа, и южную (около 70 км) вдоль Ежугского линейного элемента. Гряда приурочена к активизированным на неотектоническом этапе разломам.

Гряда **Едемского** (названа в честь Михаила Борисовича Едемского (1870–1933) – геолога, географа и краеведа) выделяется своей W-образной формой. Комплекс дочетвертичных и четвертичных пород соответствует характеристике структур Кимжа и Ежуга. В юго-западной части гряда Едемского граничит с рядом ключевых геоморфологических структур региона: Охтомским структурно-денудационным плато (средняя высота около 110 м, максимальная 155 м), Ламской равниной, которая имеет вид за-

мкнутой котловины со средней высотой 65 м и Покшеньгской сквозной долиной с высотами 50–60 м. Вышеперечисленные структуры, а также гряды Богачева и Ежуга, расположены в области пересечения Беломорско-Двинской и Беломорско-Мезенской зон сдвиговых дислокаций, где сформировался Пинежский геодинамический узел со сложным тектоническим рисунком территории, который представлен комплексом дугообразных разрывов, взбросов, надвигов и складок герцинского и голоценового возраста, пронизывающих фундамент и чехол (рис. 3). Отмечается, что Пинежский узел имеет характер вихревой структуры, закрученной по часовой стрелке со сложной веерной виргацией, изгибами, деформациями и смещениями в плане [10, 11].

Большая Озерная и **Большая Переломная** гряды представляют собой широкие (до 12 км) полосы грядово-холмистого рельефа. Отличительной особенностью первой является распространение в межгрядовых понижениях многочисленных озер, которые формируют Двино-Важскую озерную систему. Северный участок Большой Переломной гряды выражен в рельефе в виде платообразной возвышенности и является своеобразным останцовым выступом коренного цоколя, перекрытого чехлом четвертичных отложений с абсолютными отметками 100–130 м. Обе гряды приурочены к тектоническим нарушениям Беломорско-Двинской зоны тектонических дислокаций и относятся к областям неотектонических относительных поднятий. В их четвертичном покрове представлены супеси и суглинки с гравием, щебнем, галькой и валунами, которые подстилаются карбонатными, сульфатно-карбонатными и терригенно-сульфатными формациями карбона и перми. Карстовые процессы слабо развиты и в основном приурочены к сульфатным субформациям в бассейне р. Мехреньга (Большая Озерная гряда).

Комплекс грядово-холмистого рельефа **Рубихан** (Большой, Средний и Малый Рубихан) расположен на водоразделе рр. Пёза, Ви́жас, Ома. Дочетвертичные отложения представлены здесь верхнепермскими мергелями, алевролитами с прослоями известняков, глин, песчаников, а в восточной части гряды Большой Рубихан – нижнетриасовыми красноцветными глинами с отдельными прослоями алевролитов и песчаников. Среди четвертичных отложений распространены плейстоценовые валунные суглинки с пластами и линзами глин и песков. Особо выделяется полукольцевая (серповидная) гряда Большой Рубихан с относительными высотами до 60 м. Данный комплекс приурочен к разрывным нарушениям Беломорско-Мезенской зоны дислокаций.

Структура **Няфта** представляет собой довольно протяженный грядовый пояс дугообразной формы с маломощным чехлом четвертичных отложений, в основании которого залегают верхнепермские мергели и алевролиты. Гряда также связана с тектоническими структурами Беломорско-Мезенской зоны дислокаций и служит своеобразным продолжением южной ветви Кимженской гряды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе дешифрирования ЦМР севера Русской равнины выделен комплекс из 11 крупных грядовых структур, детализированы их геоморфологические и морфоструктурные особенности. Представленные данные предлагается учитывать при различных типах районирования и комплексной характеристике территории. На основе морфоструктурных исследований выявлены согласованные структуры в системе кристаллический фундамент–осадочный чехол–рельеф. Анализ данных показывает, что в процессах формирования современного рельефа равнинных территорий большое значение имеет тектонический фактор рельефообразования, связанный с дифференцированными вертикальными и горизонтальными движениями пород фундамента и осадочного чехла. Данная сопряженность является примером “сквозных” парагенезов, а сам грядовый комплекс структурно предопределен тектоникой региона. Таким образом, на основании комплексного анализа данных предложена тектоническая интерпретация происхож-

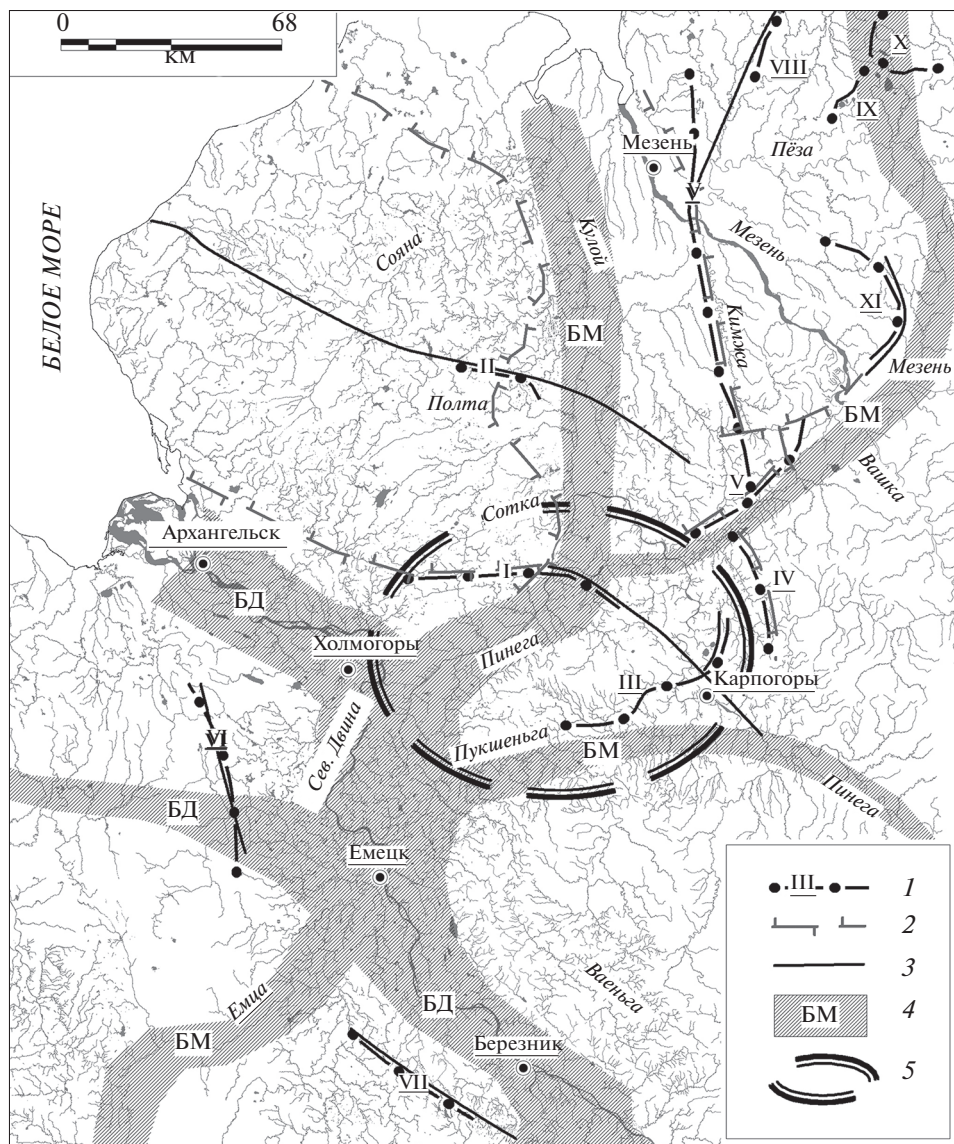


Рис. 3. Схема сопоставления материалов. Условные обозначения: 1 – гряды (соответствуют рис.1); 2 – активизированные на неотектоническом этапе разломы по [18]; 3 – разломы и разрывы разного ранга по [6, 8, 18]; 4 – зоны сдвиговых дислокаций (БМ – Беломорско-Мезенская зона, БД – Беломорско-Двинская) по [11]; 5 – Пинежский геодинамический узел.

Fig. 3. Comparison scheme. Symbols: 1 – ridges (see Fig. 1); 2 – neotectonic active faults (according to [18]); 3 – faults and fractures (according to [6, 8, 18]); 4 – shear dislocation zones (БМ – Belomor-Mezen, БД – Belomor-Dvina), according to [11]; 5 – Pinega faults junction.

дения гряд, которые ранее рассматривались исключительно как элементы гляциального и флювиогляциального генезиса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атласов Р.Р., Букреев В.А., Левина Н.Б., Останин В.Е. Особенности рельефа краевой зоны Валдайского оледенения на Онего-Важском междуречье и в долине р. Ваги // Краевые образования материковых оледенений. Материалы V Всесоюзного совещания. Киев: Наукова Думка, 1978. С. 30–38.
2. Бурлаков П.С. Геоморфологическое районирование Беломорско-Кулойского плато на основе цифровой модели рельефа // Геоморфология. 2016. № 1. С. 37–44.
3. Геологическая карта четвертичных образований. Q-(35)-37 (Петрозаводск). М-б 1 : 1000000. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2000.
4. Геологическая карта дочетвертичных образований. Q-38 (Мезень). М-б 1 : 1000000. Лист 1, 2. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012.
5. Геологическая карта четвертичных образований. Q-38 (Мезень). М-б: 1 : 1000000. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012.
6. Зыков Д.С., Колодяжный С.Ю., Балуев А.С. Признаки горизонтальной неотектонической подвижности фундамента в районе Беломорья // Бюл. Моск. О-ва Испытателей Природы. Отд. Геол. 2008. Т. 83. Вып. 2. С. 15–25.
7. Карабанов А.К. Неотектонические структуры и их проявление в строении четвертичных отложений и рельефе Беларуси // VIII Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода: “Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований”. Ростов-на-Дону: изд-во ЮНЦ РАН, 2013. С. 269–271.
8. Колодяжный С.Ю., Зыков Д.С., Леонов М.Г. Структурно-кинематические парагенезы фундамента и чехла юго-восточной окраины Балтийского щита // Геотектоника. 2007. № 6. С. 3–22.
9. Колодяжный С.Ю. Структурно-кинематические парагенезы в осадках фанерозойского чехла Среднерусской зоны дислокаций // Геотектоника. 2010. № 2. С. 56–76.
10. Колодяжный С.Ю. Долгоживущие структурные ансамбли Восточно-Европейской платформы. Статья 3. Тектоника плитного чехла // Изв. вузов. Геология и разведка. 2018. № 4. С. 5–16.
11. Колодяжный С.Ю., Балуев А.С., Зыков Д.С., Левин С.А. Строение и особенности кинематического развития Беломорско-Двинской зоны сдвига и Пинежского геодинамического узла // Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. Материалы I Тектонического совещания. Том 1. М.: ГЕОС, 2018. С. 292–296.
12. Корчуганова Н.И., Загубный Д.Г., Соколов С.А. Неотектоническое районирование Русской плиты // Разведка и охрана недр. 2012. № 2. С. 13–20.
13. Кузин И.Л. “Ледниковые” формы рельефа Западно-Сибирской и Русской равнин // Изв. РГО. 2006. Т. 138. Вып. 3. С. 41–55.
14. Левков Э.А. Гляциотектоника. Минск: Наука и техника, 1980. 280 с.
15. Лукашов А.Д., Ильин В.А. Озы и тектонические нарушения // Новейшие и современные движения земной коры в восточной части Балтийского щита. Петрозаводск, 1974. С. 43–46.
16. Поморская энциклопедия. Т. II. Природа Архангельского Севера. Архангельск: ПГУ им. М.В. Ломоносова, 2007. 603 с.
17. Раницман Е.Я., Гласко М.П. Морфоструктурные узлы – места экстремальных природных явлений. М.: Медиа-Пресс, 2004. 224 с.
18. Тектоническая карта Белого моря и прилегающих территорий. М-б 1 : 1500000 / М.Г. Леонов, Г.С. Казанин. М.: ИПП “Куна”, 2010.
19. Хераскова Т.Н., Сапожников Р.Б., Волож Ю.А., Антипов М.П. Геодинамика и история развития севера Восточно-Европейской платформы в позднем докембрии по данным регионального сейсмического профилирования // Геотектоника. 2006. № 6. С. 33–51.
20. Чувардинский В.Г. Неотектоника восточной части Балтийского щита. Апатиты: изд-во Кольского научного центра РАН, 2000. 287 с.
21. Чувардинский В.Г. Четвертичный период. Новая геологическая концепция. Апатиты: изд-во Кольского научного центра РАН, 2012. 179 с.
22. Юдахин Ф.Н., Щукин Ю.К., Макаров В.И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 299 с.
23. Demidov I.N., Houmark-Nielsen M., Kjaer K.H., Larsen E. The last Scandinavian Ice Sheet in northwestern Russia: ice flow patterns and decay dynamics // Boreas – Int. J. Quat. Res. 2006. V. 35(3). P. 425–443.
24. Fredin O., Rubensdotter L., van Welden A., Larsen E., Lysa A. Distribution of ice marginal moraines in NW Russia // J. Maps. 2012. V. 8(3). P. 236–241.
25. Larsen E., Fredin O., Jensen M., Kuznetsov D., Lysa A., Subetto D. Subglacial sediment, proglacial lake-level and topographic controls on ice extent and lobe geometries during the Last Glacial Maximum in NW Russia // Quat. Sci. Rev. 2014. V. 92. P. 1–19.

Large Elongated Forms of Relief and their Relationship with the Tectonic Structure of the Northern Part of the Russian Plain

P. S. Burlakov*

FSBI "Roslesinforg", Arkhangelsk, Russia

*E-mail: asmat21@mail.ru

This paper summarizes the results of studies of geomorphic and structural analyses of elongated forms of relief of the Northern part of the Russian Plain, based on digital elevation model (DEM) based on topographic maps of scale 1 : 100 000 and various geological data. DEM have revealed 11 elongated forms in the topography of the region within the river basins of Northern Dvina, Mezen and Kuloi. The length of these ridges varies from 30 to 200 km, average relative height is 20–60 m and an average width is 1–4 km. It has been suggested that these elongated forms, previously described as “eskers”, “moraine” or “end-moraine ridges” are completely of tectonic origin with the effect of accumulation and abrasion during the periods of Quaternary marine transgressions and subsequent processes of erosion and denudation. The direction of Belomor-Mezen and Belomor-Dvina shear dislocation zones and faults control the orientation of these elongated forms. Intraplate tectonic events related to the vertical and horizontal mobility between crystalline basement and sedimentary cover across long-lived dislocation zones and faults had important implications for the formation of both the ridges in particular and present-day relief of flat areas in general. The data presented in this paper provide a foundation for future field studies of the ridges, as well as the factors controlling their formation.

Keywords: northern part of Russian plain, DEM, elongated forms of relief, ridges, tectonic structures, consistent structures

REFERENCES

1. *Atlasov R.R., Bukreev V.A., Levina N.B., Ostanin V.E.* Osobennosti rel'efa kraevoy zony Valdajskogo oledeneniya na Onego-Vazhskom mezhdurech'e i v doline r. Vagi // Kraevye obrazovaniya materikovyh oledeneniya. Materialy V Vsesojuznogo soveshchaniya. Kiev: Naukova Dumka, 1978. S. 30–38.
2. *Burlakov P.S.* Geomorphological zoning of Belomor-Kuloy plateau based on digital elevation model // *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2016. № 1. P. 37–44.
3. Geological map of Quaternary deposits. Q-(35)-37 (Petrozavodsk). Scale 1 : 1 000 000. 2000.
4. Geological map of Quaternary deposits. Q-38 (Mezen'). Scale: 1 : 1 000 000. 2012.
5. Geological map of the pre-Quaternary sediments. Q-38 (Mezen'). Scale: 1 : 1 000 000. 2012.
6. *Zykov D.S., Kolodyazhnyi S.Yu., Baluev A.S.* Signs of horizontal movements of basement in White Sea Region // *Bjul. MOIP. Otd. Geol.* 2008. V. 83. Vyp. 2. P. 15–25.
7. *Karabanov A.K.* Neotectonic structures and their implication in Quaternary deposits and relief within the territory of Belarus // VIII All-Russian Conference on Quaternary Research: “Fundamental problems of Quaternary, results and main trends of future studies”. Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers, 2013. P. 269–271.
8. *Kolodyazhnyi S.Yu., Zykov D.S., Leonov M.G.* Structural-kinematic parageneses of the basement and cover at the southeastern margin of the Baltic Shield // *Geotectonics*. 2007. V. 41. № 6. P. 423–439.
9. *Kolodyazhnyi S.Yu.* Structural and kinematic assemblies in sedimentary rocks of the Phanerozoic cover of the Mid-Russian Dislocation Zone // *Geotectonics*. 2010. № 2. P. 56–76.
10. *Kolodyazhnyi S.Y.* Long-lived structural ensembles of the East European platform. Article 3. Tectonics of the platform's cover // *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2018. № 4. P. 5–16.
11. *Kolodyazhnyi S.Yu., Baluev A.S., Zykov D.S., Levin S.A.* Stroenie i osobennosti kinematicheskogo razvitiya Belomorsko-Dvinskoy zony sdviga i Pinezhskogo geodinamicheskogo uzla // *Problemy tektoniki i geodinamiki zemnoj kory i mantii. Materialy L Tektonicheskogo soveshchaniya*. Tom 1. M.: GEOS, 2018. S. 292–296.
12. *Korchuganova N.I., Zagubny D.G., Sokolov S.A.* Neotectonic division into districts of Russian plate // *Prospect and protection of mineral resources*. 2012. № 2. P. 13–20.
13. *Kuzin I.L.* “Lednikovye” formy rel'efa Zapadno-Sibirskoy i Russkoy ravnin (“Glacial” landforms of the West Siberian and Russian plains) // *Izv. RGO*. 2006. V. 138. Vyp. 3. P. 41–55.
14. *Levkov E.A.* Glyciotektonika. Minsk: Nauka i texnika, 1980. 280 s.

15. *Lukashov A.D., Il'in V.A.* Ozy i tektonicheskie narusheniya // Novejshie i sovremennye dvizheniya zemnoj kory v vostochnoj chasti Baltijskogo shhita. Petrozavodsk, 1974. S. 43–46.
16. Pomorskaja encyclopedia. Vol. II. Nature of Arkhangelsk North. Arhangel'sk, PSU named after M.V. Lomonosov, 2007. 603 p.
17. *Rancman E.Ja., Glasko M.P.* Morfostrukturnye uzly – mesta jekstremal'nyh prirodnyh javlenij. M.: Media-Press, 2004. 224 p.
18. Tectonic map of White sea and it's basin area. Scale: 1 : 1500000 / Chief Editors: M.G. Leonov, G.S. Kazanin. M.: KUNA, 2010.
19. *Kheraskova T.N., Sapozhnikov R.B., Volozh Yu. A. Antipov M.P.* Geodynamics and evolution of the northern East European Platform in the late Precambrian as inferred from regional seismic profiling // *Geotectonics*. 2006. V. 40. №6. P. 434–449.
20. *Chuvardinsky V.G.* Neotectonics of the eastern part of Baltic shield. Apatity: Kola Science Centre, RAS, 2000. 287 p.
21. *Chuvardinsky V.G.* Quaternary period. New geological concept. Apatity: Kola Science Centre, RAS, 2012. 179 p.
22. *Yudakhin F.N., Shchukin Y.K., Makarov V.I.* Deep structure and recent geodynamic processes in lithosphere of the East-European platform. Ekaterinburg: UB RAS, 2003. 299 p.
23. *Demidov I.N., Houmark-Nielsen M., Kjaer K.H., Larsen E.* The last Scandinavian Ice Sheet in northwestern Russia: ice flow patterns and decay dynamics // *Boreas – Int. J. Quat. Res.* 2006. V. 35(3). P. 425–443.
24. *Fredin O., Rubensdotter L., van Welden A., Larsen E., Lysa A.* Distribution of ice marginal moraines in NW Russia // *J. Maps*. 2012. V. 8(3). P. 236–241.
25. *Larsen E., Fredin O., Jensen M., Kuznetsov D., Lysa A., Subetto D.* Subglacial sediment, proglacial lake-level and topographic controls on ice extent and lobe geometries during the Last Glacial Maximum in NW Russia // *Quat. Sci. Rev.* 2014. V. 92. P. 1–19.