

33. Корсакова О.П., Молодьков А.Н., Колька В.В. Геолого-стратиграфическая позиция верхнеплейстоценовых морских образований на юге Кольского полуострова (по геохронологическим и геологическим данным) // ДАН. 2004. Т. 398. № 2. С. 218–222.
34. Kleman J., Hättestrand C., Borgström I., Stroeven A. Fennoscandian palaeoglaciology reconstructed using a glacialgeological inversion model // Journ. of Glaciology. 1997. V. 43. № 144. P. 283–299.
35. Евзеров В.Я., Николаева С.Б. Ледниковый покров на территории Кольского региона в морскую изотопную стадию (МИС) 4 // ДАН. 2011. Т. 441. № 3. С. 391–394.
36. Ensen M., Larsen E., Demidov I. et al. Depositional environments and sea-level changes deduced from Middle Weichselian tidally influenced sediments, Archangelsk region, northwestern Russia // Boreas. 2006. V. 35. P. 521–538.

Поступила в редакцию 14.05.2013

GLACIATIONS AND MARINE TRANSGRESSIONS IN THE NORTHWEST RUSSIA DURING THE LAST 140 THOUSAND YEARS

V.Ya. YEVZEROV

Summary

The geological and geophysical materials on distribution of the glaciations and sea transgressions that occurred in the last 140 thousand years have been analyzed considering glacio-eustatic transgressions and position of the Ocean level. While the glaciation degraded and the rise of the continent was less than the rise of the sea level, transgressions took place. The most probable areas of glaciation distribution during marine isotope stages (MIS) and sub-stages 6, 5b, d, 4, 2 have been reconstructed. It is shown that the sea transgressions related to glaciations took place in MIS 5e, d, 2 and 1.

УДК 551.43(470.1/.25+268.4)

© 2014 г. Д.С. ЗЫКОВ

МОРФОСТРУКТУРА ОБЛАСТИ СОЧЛЕНЕНИЯ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ И ЗАПАДНО-АРКТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМ КАК ОТРАЖЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ ПОДВИЖНОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ¹

Геологический ин-т РАН, Москва; zikov@ginras.ru

Проблема морфоструктурного выражения новейших тектонических движений, имеющих не только вертикальную, но и горизонтальную компоненту деформации, в последнее время все больше привлекает внимание ученых. Это обусловлено развитием идей о существовании значительной внутриплатформенной подвижности в фундаменте Восточно-Европейской платформы (ВЕП), в т.ч., и в новейшее время [1–4 и др.], описанием механизмов ее проявлений в кристаллических породах [1] и обоснованием причин появления деформаций, которые связывают с тектоническим воздействием со стороны окружающих платформу более активных областей [3].

Проявления в рельефе новейших деформаций с горизонтальной компонентой в тектонически активных районах хорошо изучены [5, 6 и др.]. Для консолидированной коры

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке программы ОНЗ РАН № 10 и РФФИ (проект № 13-0500298 и № 14-0500149).

фундамента Восточно-Европейской и Западно-Арктической платформ подобные специальные исследования появляются только в последнее время [2, 3, 7 и др.], ранее же сведения на эту тему встречались в основном эпизодически, на примерах локальных морфоструктур сдвигового, надвигового и других типов [8–10 и др.].

Представляется актуальным понять, отражает ли имеющийся морфоструктурный рисунок области сочленения Восточно-Европейской и Западно-Арктической платформ не только вертикальную (как общепринято), но и горизонтальную составляющую подвижности земной коры, и если отражает, то каков ее характер. Район исследований включает Мурманскую область, части Карелии и Архангельской области, Тимано-Печорский район, а также прилегающие участки Баренцева и Печорского морей (рис. 1).

Методическая основа

В основу методического подхода положен совместный анализ рельефа, прочностных особенностей слагающего его пород (на качественном уровне) и основных структур геологического субстрата [2, 6, 8]. Таким образом, обычно выделяют морфоструктуры, связанные с вертикальной подвижностью и отделяют их от форм рельефа, связанных с препарировкой пород разной прочности [6, 11]. Для поиска проявлений движений с горизонтальной компонентой выделенные морфоструктурные рисунки в плане сравниваются с известными структурными моделями, отражающими горизонтальную подвижность [12]. В нашей работе исследуется развитие трещины отрыва, сопровождающееся раздвиганием бортов, рассматриваемое в региональном масштабе.

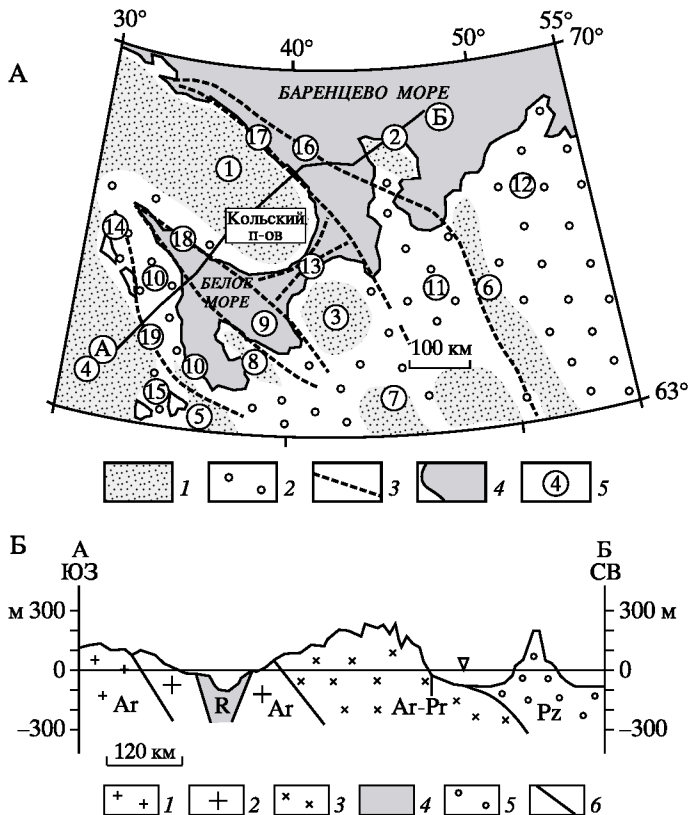


Рис. 1. Основные морфоструктурные элементы территории

А – расположение новейших поднятий и прогибов. 1 – поднятия (1 – Кольское, 2 – Канинское, 3 – Кулойское, 4 – Центральнокарельское, 5 – кряжа Ветренный пояс, 6 – Тиманское, 7 – Южно-Пинежское, 8 – Онежское); 2 – относительные опускания или области, отстающие в поднятии (9 – Кандалакшско-Двинская депрессия, 10 – Прибеломорская депрессия, 11 – Мезенская низменность, 12 – Печорская низменность, 13 – Горло Белого моря, 14 – группа озерных ванн Топозеро-Пяозеро, 15 – группа озерных ванн Сегозеро-Выгозеро); 3 – основные морфоструктурно проявленные тектонические границы (16 – линия Трольфельд-Рыбачий-Канин и ее продолжение к юго-востоку, 17 – линеймент Карпинского, 18 – разрывы Кандалакшско-Двинской депрессии, 19 – шовная зона между Карельским массивом и Беломорским поясом); 4 – акватории и береговая линия; 5 – названия морфоструктур.

Б – геолого-геоморфологический профиль по линии А-Б. 1 – Карельский массив, 2 – Беломорский пояс, 3 – Кольский массив, 4 – рифейский палеорифт, 5 – Тиманиды, 6 – тектонизированные разделы геологического субстрата

При выделении крупных морфоструктур (в основном поднятий и прогибов), кроме анализа рельефа, автор опирался на карты и схемы новейшей тектоники, отражающие взгляды сторонников двух разных направлений – о преобладании блоковых или сводовых деформаций [13–15]. Контуры локальных поднятий и депрессий нами генерализованы и объединены в более крупные морфоструктуры.

Проводя значительную генерализацию рельефа, автор считал, что это позволяет в большой степени снять формы, обусловленные денудацией и аккумуляцией в этих районах, связанные, преимущественно, с развитием ледниковых покровов и лучше выявить неотектонически предопределенные формы. Возможность такого подхода базируется на фактах сохранности на водоразделах фрагментов кор выветривания и мезо-кайнозойских поверхностей выравнивания [16, 17], что предполагает отсутствие полной перестройки рельефа в ледниковое время. Подсчеты глубины экзарационного среза за время всех оледенений показывает, что ее величина в среднем составляет первые десятки метров [18], что значительно меньше, чем общая глубина расчленения рельефа.

Для иллюстрации развития отрыва при одноосном сжатии было проведено моделирование тектонического процесса на керамической глине, влажность которой составляла 26%.

Морфоструктурные особенности территории и неоднородности геологической среды

Центральной морфоструктурой района является Кандалакшко-Двинская депрессия Белого моря. Согласно существующим взглядам, она маркирует крупную зону растяжения в земной коре [13]. На дне ее бурением вскрыты отложения микулинского межледниковья, что свидетельствует о появлении ее наиболее глубоких частей в это время или, возможно, ранее [19].

Материал, собранный автором, позволяет дополнить модель развития Беломорского региона и рассмотреть его в контексте новейшего развития всей области сочленения СВ части ВЕП и Западно-Арктической платформы, а также выяснить, подтверждается ли раскрытие депрессии рисунком обрамляющих морфоструктур и установить особенности развития этих морфоструктур в новейшее время.

Размах абсолютных высот рельефа в исследуемых районах сравнительно невелик. Поднятия в среднем возвышаются на 100–300 м над у. м., и только отдельные локальные вершины достигают больших высот (например, Хибины). Низменности, или отступающие в поднятии участки земной коры, располагаются на высотах от близких к уровню моря, до первых десятков метров над ним. Дно морских акваторий понижается от побережий, глубины нарастают до десятков и первых сотен метров. Яркой геоморфологической аномалией является депрессия Кандалакшского залива, дно ее опущено на глубину около 300 м на общем фоне сравнительно неглубокого Белого моря.

Карелия – область преимущественных поднятий, ее центр занимает Центрально-кареельская возвышенность, где преобладает структурно-денудационный рельеф. Распространены пологоволнистые равнины, местами сельговые, с крупно и мелко-грядовой поверхностью, осложненные локальными возвышенностями и грядово-увалистыми равнинами. Возвышенность обрамляется прилегающими к Белому морю низменными участками, где в основном развиты плоско-волнистые морские и всхолмленные ледниковые равнины [20, 21].

Можно заметить, что территории центральной и северной Карелии, прилегающие к Белому морю, отчетливо делятся на три части по степени концентрации озерных ванн. На севере, у Кандалакшского залива, расположена многочисленная группа озерных депрессий. Наиболее крупными из них являются озера Топозеро и Пяозеро (рис. 1). На юге, у ЮВ окончания впадины Белого моря, находится группа озерных депрессий. Крупнейшие из них – Сегозеро и Выгозеро. В центральной части восточной

Карелии расположен участок со значительно меньшим количеством озерных ванн и немного более приподнятый в рельефе.

Кольскому п-ову в большей части соответствует хорошо выраженное в рельефе неотектоническое поднятие, которое продолжается в глубь материка к СЗ (в сторону Норвегии). Оно сложно построено, имеет блоково-мозаичный характер. Поднятия лучше всего выражены в своей центральной и СВ (прибаренцевоморской) частях. Рельеф в этих местах преимущественно структурно-денудационный, в прибрежной части хорошо расчлененный. Преобладают холмисто-грядовые равнины. В ЮЗ (прибеломорской) части рельеф более низменный, много заболоченных пространств. Широко распространены плоско волнистые и пологоволнистые ледниковые и приморские равнины. Вдоль побережий протягиваются ступенчатые равнины, связанные с террасовыми комплексами [20, 21].

Между Кольским и Карельским поднятиями расположена пониженная область, которая по масштабам, гипсометрии и увеличенным мощностям четвертичных отложений может быть отнесена к неотектоническим опусканиям. В центральной ее части находится ванна Белого моря, окруженная низменными участками плоско-волнистых или пологоволнистых приморских аккумулятивных, или денудационно-аккумулятивных равнин, местами осложненных аккумулятивными ледниковыми формами [20, 21]. В плане область опусканий в целом имеет линзовидную форму и вытянута в СЗ направлении (рис. 1). Она получила название Прибеломорской депрессии [22]. Наиболее ярко выраженная морфоструктура в ее пределах – это расположенная вдоль ее длинной оси и заполненная водами Белого моря, также линзовидная в плане, Кандалакшско-Двинская депрессия, имеющая размеры примерно 450×110 км. В свою очередь, в ее СЗ части выделяется депрессия (также линзовидной, расширяющейся к ЮВ формы), являющаяся геоморфологической аномалией для всего района и получившая название Кандалакшский новейший грабен. Глубина дна в его пределах достигает 300 м, глубина коренного ложа с учетом заполнения осадками – около 450 м. Борты структурно приурочены к разломам в коренных породах.

В пределах прибеломорской морфоструктуры распространены более мелкие поднятия и опускания ее осложняющие – Онежская депрессия, Онежский п-ов и некоторые другие.

На территории Карелии, Кольского п-ова и Беломорья на поверхность выходят кристаллические породы фундамента платформы раннедокембрийской консолидации – гранулиты, гранито-гнейсы и т. п. Выделены Кольский и Карельский массивы и разделяющий их Беломорский гранулитогнейсовый пояс, которые в исследуемых районах имеют сотни км в диаметре и образуют мегаблоковую делимость земной коры [23] (рис. 2).

Кристаллические породы Кольского, Карельского и Беломорского мегаблоков характеризуются хорошо выраженным метаморфизмом и, как результат, относительно схожими (по сравнению с породами чехла на плитах) прочностью выходящих на поверхность коренных пород и выработанному в них денудационному рельефу.

Для неотектонических исследований важно, что при сходстве прочностных характеристик пород, в пределах всех трех мегаблоков, наблюдаются как крупные по площади возвышенности, так и низменные участки. При этом наиболее крупная низменная область, Прибеломорская депрессия, хоть и расположена в основном на породах Беломорского пояса, но также частично распространяется на окраины Карельского и Кольского мегаблоков. Это свидетельствует о наложенном характере этой крупной морфоструктуры на меганеоднородности фундамента ВЕП и ее неотектонической предопределенности.

Все выделенные структурные единицы кристаллического фундамента к Ю и ЮВ от Балтийского щита погружаются под осадочный чехол плитной части ВЕП и прослеживаются под ним по геофизическим данным. Чехол сложен осадочными породами преимущественно вендского, палеозойского и мезозойского возраста. Залегают осадочные толщи в основном полого моноклинально, с общим падением к Ю и ЮВ.

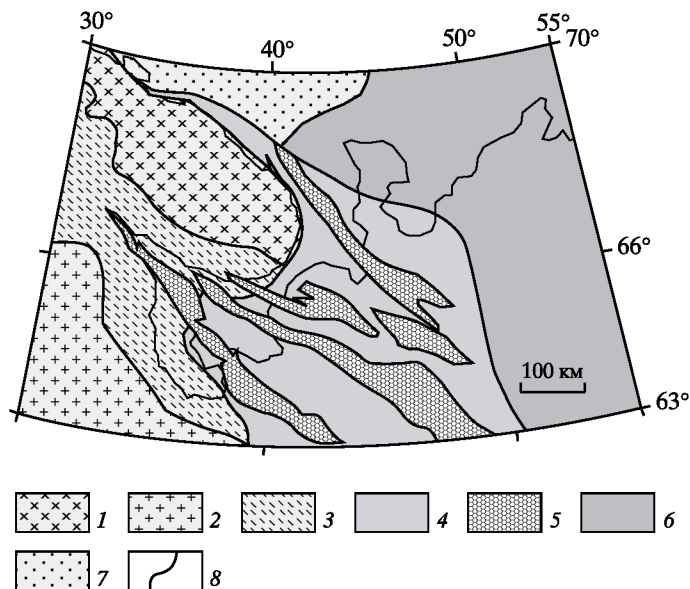


Рис. 2. Схема тектонического районирования Беломорского региона, отражающая современную блоковую делимость и основные неоднородности исследуемой территории (по [23, 24] с изменениями автора)

Восточно-Европейская платформа, Балтийский щит: 1 – Кольский массив, 2 – Карельский массив, 3 – Беломорский пояс; 4 – плитная часть платформы; 5 – рифтогенные грабены, выполненные терригенными и вулканогенно-осадочными образованиями рифея (условно показаны просвечивающими сквозь чехол); Западно-Арктическая платформа: 6 – Тимано-Печорская плита, 7 – Баренцевская плита; 8 – береговая линия

В районах распространения чехла наблюдается мозаичный рельеф из возвышенностей и депрессий. Наиболее крупными положительными формами являются Беломорско-Кулойское плато, которое к ЮВ продолжается Нижне-Пинежской возвышенностью. В пределах этих участков развиты в основном пластово-денудационные равнины [25].

Эти возвышенности совместно с поднятием Кольского п-ова пространственно образуют единый пояс поднятий (или единое поднятие, разделенное на части), вытянутый в СЗ направлении. Пояс маркирует окраинную часть положительной морфоструктуры всей ВЕП у границы с Западно-Арктической платформой, большая часть которой относительно опущена. Размеры его в длину составляют примерно 1000 км при ширине около 100–200 км.

Возвышенные участки рельефа окружены низменностями, ассоциируемыми с областями относительных опусканий [13–15]. Наиболее крупными являются Мезенская низменность, район долины р. Северной Двины и области опусканий в Карелии и на Кольском п-ове в прибрежных участках Белого моря. В пределах опусканий развиты в основном субгоризонтальные низменные пластово-денудационные равнины с мало-мощным чехлом рыхлых отложений [25].

Морские акватории маркируют сравнительно пониженные участки рельефа, которые также являются областями относительного опускания. В пределах этих областей, однако, наблюдаются малоамплитудные положительные формы рельефа, видимо, связанные с локальными поднятиями. К ним, в частности, можно отнести о-в Колгуев, поверхность которого – низкая пластово-аккумулятивная равнина – покрыта значительным чехлом четвертичных отложений. К подобной же области относительных опусканий или слабых поднятий относится и территория Большеземельской тундры. В этих местах в основном развиты ярусные пластово-аккумулятивные, реже пластово-денудационные равнины [25].

Хорошо выражены положительные морфоструктуры Тиманской гряды и п-ова Канин. Тиманская гряда вытянута в СЗ направлении и имеет протяженность в исследуемом районе около 400 км. На ее продолжении расположен п-ов Канин. Преобладают в основном денудационные и структурно-денудационные цокольные равнины. В периферийных частях развиты участки пластово-денудационных ступенчатых равнин [25].

Морские акватории и Тимано-Печорский район имеют в своем основании Баренцевскую и Тимано-Печорскую плиты, входящие в состав Западно-Арктической платформы, граничащей с СВ частью ВЕП. Фундамент их менее консолидирован, чем фундамент ВЕП, и был более подвижен на протяжении фанерозоя [26, 27 и др.].

Таким образом, Прибеломорская депрессия, являющаяся ключевой в исследовании, окружена крупными возвышенностями, сложенными преимущественно коренными породами. На неотектонических картах их показывают как области неотектонических поднятий [13–15]. Необходимо добавить, что на их водораздельных поверхностях (на высоте до первых сотен метров над уровнем океана) местами сохранились фрагменты дочетвертичных (мезокайнозойских) кор выветривания и поверхностей выравнивания [16, 17], а в пределах Балтийского щита и высоко поднятые комплексы голоценовых береговых линий [28]. Наличие таких элементов рельефа также свидетельствует, что возвышенные территории в новейшее время были областью относительного поднятия. Они располагаются на северо-восточной части ВЕП, которая в целом на неотектоническом этапе оставалась приподнятой, по контрасту с прилегающими частями Западно-Арктической платформы. Последние, в основном, скрыты под акваторией Баренцева и Печорского морей и рассматриваются как области преимущественного относительного опускания в это же время [14, 15].

Вопрос о том, является ли каждая крупная возвышенность, сложенная коренными породами локальным поднятием, проблематичен. Ясно только, что все они входят в общее поднятие ВЕП, что дает возможность при значительной генерализации рельефа объединять их. Вопрос о происхождении каждого конкретного участка с низменным рельефом в пределах исследуемых территорий также не всегда может быть решен однозначно. Значительные глубины залегания коренного ложа и мощности четвертичных отложений характерны только для Кандалакшско-Двинской депрессии, что, видимо, свидетельствует о ее прогибании. В остальных случаях в пределах суши можно предполагать как наличие опусканий (особенно при увеличении мощности четвертичных отложений), так и препарировку ослабленных зон (например, разрывов) денудацией, которая могла значительно расширить площадь понижений над этими зонами.

Мегаблоки земной коры (Западно-Арктическая платформа, Карельский, Кольский и Беломорский мегаблоки, их продолжение под чехлом ВЕП) нарушены или разделены границами, имеющими преимущественно тектонический характер. Местами эти границы хорошо подчеркиваются в рельефе (рис. 1). Карельский массив и Беломорский пояс разделены тектоническим швом, вытянутым на СЗ и слегка выгнутым на ЮЗ. По этому шву по геофизическим данным породы Беломорского пояса были взброшены или надвинуты на Карельский массив. [29]. Существующее ныне соотношение рельефа и структуры указывает на то, что в новейшее время по этому разрыву происходит опускание Беломорского геоблока относительно Карельского.

Наиболее хорошо это проявлено в юго-восточной части шва. В этих местах его ЮЗ крыло (Карельское) выражено краем Ветреного пояса, абс. высоты вершин которого достигают первых сотен метров, а СВ (Беломорское) – пологой приморской равниной Белого моря.

Кольский массив граничит с Баренцевской плитой по взбрососдвиговой зоне Тролльфьорд–Рыбачий–Канин (имеющей общее падение к северо-востоку), продолжающейся к ЮВ в виде Западно-Тиманского разлома [24]. В рельефе Баренцевского шельфа этот шов выражен не повсеместно, что свидетельствует о том, что в новейшее время вертикальные движения вдоль него носили ограниченный характер.

Примерно вдоль границы Балтийского щита и Западно-Арктической платформы проходит линеамент Карпинского, который представляет собой зону субпараллельных разломов, выраженных поясами сгущения трещиноватости и отдельными разрывами. Линеамент играет большую рельефообразующую роль, разграничивая поднятие Кольского п-ова и погруженные ниже уровня моря Кольскую моноклиаль и Баренцевскую

плиту. На местности он выражен линейными долинами, каньонами и обрывами, а в акватории – ступенями подводного рельефа.

Граница между Печорской и Баренцевской плитами представлена Печоро-Баренцевской флексурно-сбросовой зоной, обрамляющей с ЮВ Восточно-Баренцевский трог. Это хорошо выраженная ступень в поверхности фундамента, по ней край Тимано-Печорской плиты поднят относительно края Баренцевской. Ступень вытянута на СВ и простирается почти от Кольского п-ова до ЮЗ части Новоземельского орогена [26].

Над опущенным крылом флексурно-сбросовой зоны происходит понижение морского дна и увеличение мощности четвертичных осадков, что свидетельствует о проявлении слабой неотектонической активности [30].

На исследуемой территории можно выделить достаточно много других структурных неоднородностей, из них наиболее значимыми по масштабам являются зона разрывов Горла Белого моря, простирающаяся в СВ направлении, и разрывы, обрамляющие протерозойские рифтовые структуры и отчасти проникающие под них. Часть этих разрывов имеет большое рельефообразующее значение и поэтому может считаться активизированной в новейшее время.

Характер морфоструктурного ансамбля и механизм его образования

Сопоставление всех крупных морфоструктур в районе показывает, что они сочетаются в пространстве и образуют единый ансамбль. Границы поясов поднятий конформны границам депрессий. Все они тесно связаны со структурными неоднородностями земной коры. Видимо, все элементы этого ансамбля имеют характер морфоструктурного парагенеза, который можно обобщенно описать следующим образом.

Вдоль СВ края ВЕП протягивается крупная, сложно построенная, структурно обусловленная область современных опусканий поверхности фундамента, имеющая линзовидную в плане форму (Прибеломорская депрессия) и по внешним признакам отвечающая раздвигу или мегатрещине отрыва. С северо-востока депрессия обрамляется окраинным (по отношению к ВЕП) поясом поднятий дугообразной формы, конформным краю депрессии (Кольское, Кулойское и Пинежское поднятия). Эта часть рассечена поперечными разрывами, которые определяют расположение депрессии Горла Белого моря, и на этом основании могут считаться неотектонически активизированными.

Внешняя граница дуги поднятий подчеркивается рельефообразующим линеamentом Карпинского. К СВ от пояса поднятий, под акваторией Баренцева моря, расположена граница между фундаментами Восточно-Европейской и Западно-Арктической платформ, изогнутая примерно конформно поясу поднятий. Изгиб границы подчеркивает наличие в этом месте выступа ВЕП в сторону прилегающих арктических плит. Эта граница маркирует главный прочностной раздел в регионе – между более консолидированным фундаментом ВЕП и сравнительно менее жесткими фундаментами этих плит.

С ЮЗ линзовидная Прибеломорская депрессия обрамляется Карельским поднятием. Изгиб границы между ними подчеркивает форму депрессии, что можно интерпретировать как ее активное воздействие на Карельский массив.

Конформность морфоструктурного рисунка поднятий форме линзовидной депрессии позволяет считать, что важной составляющей тектонического процесса, ответственного за создание морфоструктурного ансамбля, было раскрытие этой депрессии. Раскрытие сопровождалось соответствующим раздвиганием прилегающих частей ВЕП, и некоторым отодвиганием границы между фундаментом ВЕП и Западно-Арктической платформы в сторону последней (рис. 3).

Выдвигаемая модель имеет качественный характер. Ряд важных ее параметров затруднительно определить конкретными цифрами. В связи с известными фактами длительного унаследованного развития структур земной коры Балтийского щита [9, 11

и др.] нельзя отрицать и вполне вероятный вклад до новейших (включая и дофанерозойские) тектонических движений в создание имеющейся структуры. Соотношение их вкладов определить затруднительно за отсутствием надежно датированных реперов. Также сложно судить о конкретных значениях амплитуд раздвигания за новейшее время в связи с тем, что этот процесс имел, скорее всего, рассеянный характер, а также с тем, что экзарация и другие денудационные факторы изменили тектоногенный рельеф.

По тем же причинам затруднительно решить вопрос и о конкретных соотношениях амплитуд раздвигания бортов и опускания дна депрессии. Автор считает, что качественно этот процесс имел место, как это обычно бывает при грабенообразовании. Раскрытие линзовидных трещин отрыва при одноосном сжатии шtuфов из твердых материалов вдоль оси сжатия описано по материалам экспериментов [31]. Подобный процесс в области воздействия крупных инденторов изучен в региональном масштабе [3].

Чтобы проиллюстрировать процесс раскрытия отдельной трещины и уточнить некоторые его особенности, обратимся к тектонофизическому моделированию. Геологическая среда представлена в экспериментальной модели в виде прямоугольной пластины из слабо обводненной глины размером 6×3 см и толщиной 1,5 см (рис. 4). В результате перебора вариантов условий эксперимента было установлено, что для успешного его проведения необходимо было сделать допущение о существовании исходных неоднородностей среды. Пластина была рассечена сквозной прорезью на небольшом участке вдоль своего края и сделан перпендикулярный надрез от этого края до прорези. В природе аналогами этих надрезов являются изначально существовавшие разрывы палеорифтов под Кандалакшско-Двинской депрессией и система разрывов пролива Горла Белого моря [24].

Чтобы учесть убывание прочности геологического субстрата от ВЕП в сторону Западно-Арктической платформы, прорези были расположены у края пластины, создавая, таким образом, асимметрию в ее целостности. Основанием пластины явилось смоченное маслом стекло. Это стекло – имитация гипотетических горизонтальных разделов в земной коре, следы которых устанавливаются в природной среде на Балтийском щите [29].

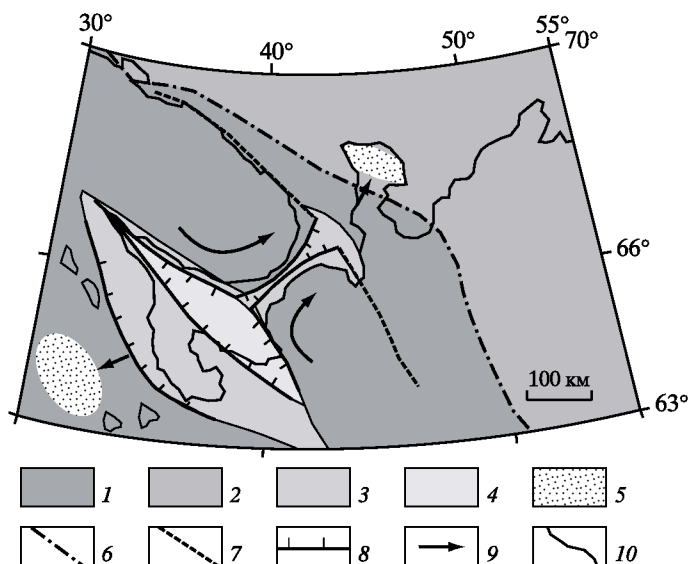


Рис. 3. Модель неотектонического развития прилегающих областей Восточно-Европейской и Западно-Арктической платформ

Субстрат: 1 – относительно более консолидированный (фундамент ВЕП), 2 – относительно менее консолидированный (фундамент Баренцевской и Печорской плит); *области растяжения:* 3 – слабо проявленные (Прибеломорская депрессия), 4 – хорошо выраженные в рельефе (Кандалакшско-Двинская депрессия); 5 – места сдвигания субстрата (выражены поднятиями); 6 – граница раздела субстратов разной степени консолидации (линия Тролльфиорд–Рыбачий–Канин); 7 – линейная дислокация внутри наиболее консолидированного субстрата (линиямент Карпинского); 8 – хорошо выраженные в рельефе границы депрессий; 9 – направления перемещений субстрата; 10 – береговая линия

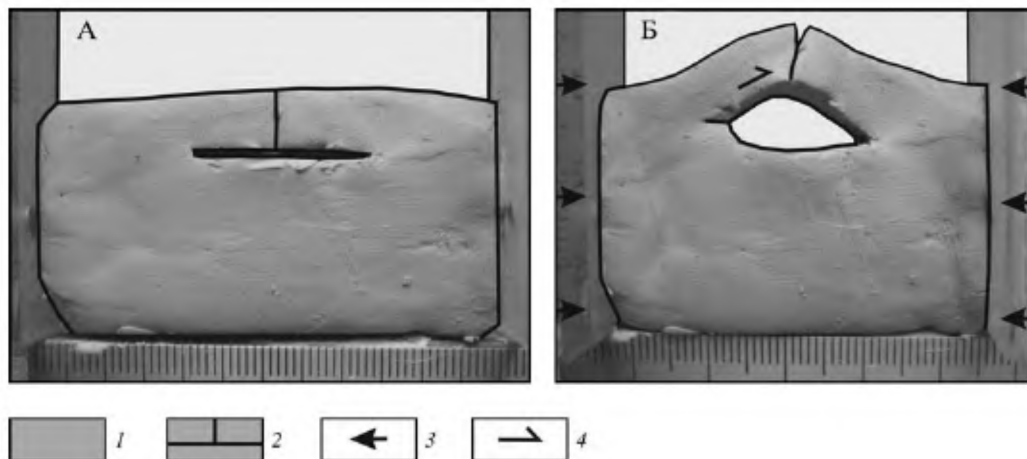


Рис. 4. Моделирование морфоструктурного парагенеза
 Модель: А – до приложения нагрузки, Б – после сжатия.

1 – керамическая глина, 2 – прорези, 3 – направление сжатия, 4 – сдвигание

В процессе эксперимента к краям глиняной пластины были приложены сжимающие усилия, за счет сдвигания к центру двух ограничивающих ее линеек. При этом происходило ожидаемое сокращение размеров пластины в одном направлении и увеличение – в другом. На месте прорези, расположенной по направлению сжатия, наблюдалось раздвигание стенок субстрата и образование линзовидного зияния. Образование зияния сопровождалось отодвиганием дуговидного сегмента части глиняной пластинки. Прорезь, перпендикулярная сжатию, не раскрывалась, за исключением внешнего края, где появлялось незначительное раздвигание.

Таким образом, эксперимент проиллюстрировал возможность раскрытия линзовидной депрессии в условиях сжатия, продольного длинной оси этой депрессии и позволил уточнить, что для отодвигания части массива (появления дуговидного фрагмента) необходимо наличие исходно имеющегося в деформируемом субстрате определенно ориентированного линейного нарушения. Эксперимент также показал, что при напряжениях, приложенных принятым образом, надрез, имитирующий систему разрывов пролива Горла Белого моря, в плане оказался сжатым в основной части и приоткрытым на конце. Возможно, что воронковидная форма обращенной к северу части Горла Белого моря, определяемая системой разрывов, как раз и связана с этим явлением. Касательно остальной части разрывов пролива Горла можно предположить, что хорошая выраженность их в рельефе в виде депрессии связана с денудацией (депрессия Горла Белого моря имеет глубину всего несколько десятков метров и является приповерхностной). Возможно также, что депрессия испытала растяжение и выразилась в рельефе благодаря приложению каких-то иных, чем задается в эксперименте, тектонических сил.

Рассмотрим некоторые особенности природного морфоструктурного парагенеза, которые остались за пределами проведенного эксперимента. Напротив пролива Горла Белого моря, уже в пределах Тимано-Печорской плиты, расположено неотектоническое поднятие, соответствующее п-ову Канин. Поднятие расположено напротив морфоструктурной дуги, обрамляющей Прибеломорскую депрессию с СВ. Учитывая, что в тылу дуги развивается депрессия (Прибеломорская), можно считать дугу действующим индентором. В этом случае, появление поднятия (обычно маркирующего область сжатия) в менее прочной среде примерно напротив фронтального выступа индентора можно считать связанным с его подвижностью [3].

Аналогичная картина наблюдается симметрично относительно оси Прибеломорской депрессии в районе Карельского массива. Напротив выступа пород беломорского блока в районе максимального линзовидного расширения этой депрессии расположена приподнятая в рельефе область, отмеченная минимальным количеством озерных ванн. Напротив сужений депрессии к краям количество озерных ванн возрастает (рис. 1). Это наблюдение можно интерпретировать следующим образом: раздвигающаяся рама Прибеломорской депрессии поджимает породы Карельского массива. Напротив области максимального давления в центре последнего образуется область максимального сжатия, выраженная поднятием, по краям располагаются менее сжатые участки. Эти места отмечаются многочисленными озерными депрессиями.

Моделирование проиллюстрировало развитие отрыва (в природе депрессии) в условиях продольного его оси сжатия. В нашем случае, сжатие должно иметь СЗ направление, вдоль оси Прибеломорской депрессии. Существование напряжений подобной ориентировки в земной коре на многих участках исследуемого района устанавливается по инструментальным замерам в шахтах [32], по структурным наблюдениям [33] и т. п.

Морфоструктурные наблюдения на территориях, окружающих район исследования, позволяют проследить влияние выявленного морфоструктурного парагенеза и за его пределами. Наиболее ярко это влияние заметно к северо-востоку от п-ова Канин. Как уже отмечалось, в этих местах расположена погребенная ступень в фундаменте, отделяющая приподнятый край фундамента Тимано-Печорской плиты от опущенного края Баренцевской (рис. 5).

Анализ расположения ступени в плане показывает, что ЮЗ ее край расположен напротив морфоструктурной дуги окраины ВЕП, а противоположный, СВ край почти упирается в дуговидно изогнутое Новоземельское неотектоническое поднятие, имеющее в основании соответствующий блок земной коры. Известно, что этот блок надвигается в общем северо-западном и западном направлениях, и влияет на окружающие массивы пород [7, 10 и др.].

Расположение ступени между двумя крупными развивающимися морфоструктурами позволяет предположить, что неотектоническая активность ступени связана с взаимным горизонтальным влиянием на нее как выступающего края ВЕП, так идвигающегося почти навстречу ему блоку Новоземельской дуги. Возможно, что такое "обжимание" одной (наиболее узкой в плане) из сторон Тимано-Печорской плиты делает вклад в ее общее движение к юго-востоку, приводящее, видимо, к пододвиганию другого конца плиты под Уральский ороген и значительному новейшему воздыманию последнего.

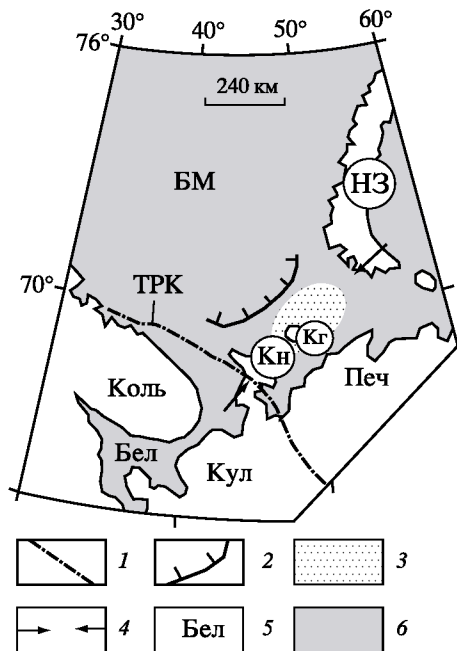


Рис. 5. Взаимодействие выступа ВЕП и Новоземельского блока

1 – линия раздела фундаментов Восточно-Европейской и Западно-Арктической платформ; 2 – погребенный уступ на границе фундаментов Баренцево-морской и Печорской плит; 3 – приподнятая часть фундамента Печорской плиты; 4 – взаимодействие выступа фундамента ВЕП и Новоземельского блока; 5 – названия морфоструктур (депрессии: БМ – Баренцево-морская, Бел – Беломорская; Печ – область сравнительных опусканий в районе Печорской плиты; поднятия: НЗ – Новоземельское, Коль – Кольское, Кул – Кулойское, Кн – Канинское; Кг – о-в Колгуев); 6 – акватория

О новейшем сжатии в районе поднятого крыла ступени свидетельствует наличие над ней поднятия, выраженного о-вом Колгуев. В пределах этого острова описаны значительные структурные деформации четвертичных отложений, связанные с надвижением [34].

Обобщение результатов

Морфоструктурные исследования позволяют выделить в прилегающих областях Восточно-Европейской и Западно-Арктической платформ морфоструктурный парагенез (рис. 1) и создать модель неотектонического развития земной коры в этом регионе (рис. 3, 5).

Рисунок крупных морфоструктур, окружающих Прибеломорскую депрессию, подтверждает высказанные ранее взгляды [13] о существовании в районе Беломорья локального новейшего растяжения и раздвигания, выраженного областью опускания линзовидной формы.

Проведенное тектонофизическое моделирование проиллюстрировало процесс развития отрыва на окраине массива пород и дуговидного отодвигания части этого массива при его направленном сжатии (рис. 4).

Морфоструктурный ансамбль исследованных территорий и акваторий подчеркивает проявления значительной горизонтальной компоненты подвижности в фундаментах и чехлах ВЕП и прилегающей Западно-Арктической платформы в неотектонический этап.²

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонов М.Г. Внутренняя подвижность фундамента и тектогенез активизированных платформ // Геотектоника. 1993. № 5. С. 16–33.
2. Зыков Д.С. Новейшая геодинамика Северо-Карельской зоны (Балтийский щит) // Тр. ГИН РАН. М.: ГЕОС, 2001. Вып. 534. 146 с.
3. Копт М.Л. Мобилистическая неотектоника платформ Юго-Восточной Европы // Тр. ГИН РАН. М.: Наука, 2004. Вып. 552. 340 с.
4. 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.
5. Костенко Н.П. Развитие складчатых и разрывных деформаций в орогенном рельефе. М.: Недра, 1972. 380 с.
6. Костенко Н.П., Макарова Н.В., Корчуганова Н.И. Выражение в рельефе складчатых и разрывных деформаций. Структурно-геоморфологическое дешифрирование аэрофотоснимков, космических снимков и топографических карт. М.: Изд-во МГУ, 1999. 120 с.
7. Зыков Д.С., Балув А.С. Особенности новейшего развития структуры Баренцево-Карского шельфа // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2010. Т. 85. Вып. 6. С. 3–13.
8. Зыков Д.С. К методике детальных геодинамических реконструкций новейшего этапа по геоморфологическим признакам // Геоморфология. 1999. № 2. С. 34–42.
9. Лукашов А.Д. Новейшая тектоника Карелии. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1976. 109 с.
10. Авенариус И.Г. Некоторые особенности новейшей геодинамики Новоземельского орогена и прилегающих акваторий по данным морфоструктурного анализа // Геоморфология. 2002. № 3. С. 53–60.
11. Никонов А.А. Голоценовые и современные движения земной коры (геолого-геоморфологические и сейсмотектонические вопросы). М.: Наука, 1977. 240 с.
12. Расцветаев Л.М. Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений // Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов. М.: ГИН, 1987. Ч. 4. С. 173–235.

² Выражаю благодарность рецензентам этой статьи – д.г.-м.н. А.А. Никонову и д.г.н. С.А. Буланову за ценные замечания, способствовавшие улучшению работы.

13. 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.
14. Карта новейшей тектоники СССР и сопредельных территорий. М-б 1:5000000 / Н.И. Николаев. Л.: ВСЕГЕИ, 1980.
15. Карта новейшей тектоники Северной Евразии. М-б 1:5000000 / А.Ф. Грачев. М.: МПР РФ, РАН, 1997.
16. Никонов А.А. Коры выветривания Фенноскандии, их возраст и палеогеографическое значение // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1968. Т. XLIII. С. 108–118.
17. Никонов А.А. О коре выветривания Кольского полуострова // Изв. АН СССР. Сер геогр. 1969. № 2. С. 101–107.
18. Николаев Н.И., Медянцева А.И. Интенсивность ледниковой денудации и материковые оледенения // Вестн. МГУ. Сер. 6. Геология. 1966. № 2. С. 43–47.
19. Невесский Е.Н., Медведев В.С., Кальниченко В.В. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука, 1977. 236 с.
20. Геоморфология Карелии и Кольского полуострова / В.Г. Легков, Б.Н. Можаяев. Л.: Недра, 1977. 183 с.
21. Геоморфологическая карта к Государственной геологической карте Российской Федерации (новая серия). М-б 1:1000000. Лист Р(35)–37 (Петрозаводск). Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 322 с.
22. Зыков Д.С., Колодяжный С.Ю., Балуев А.С. Признаки горизонтальной неотектонической подвижности фундамента в районе Беломорья // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2008. Т. 83. Вып. 2. С. 15–25.
23. Строение литосферы российской части Баренц-региона / Н.В. Шаров. Петрозаводск. Изд-во КНЦ РАН, 2005. 318 с.
24. Балуев А.С., Журавлев В.А., Терехов Е.Н., Присялговский Е.С. Тектоника Белого моря и прилегающих территорий // Объяснительная записка к “Тектонической карте Белого моря и прилегающих территорий”. М-б 1:1500000. М.: ГЕОС, 2012. 104 с.
25. Рыжов И.Н. Неотектоника Европейского Севера Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1988. 92 с.
26. Тектоническая карта Баренцева моря и северной части Европейской России. М-б 1:2500000 (с объяснительной запиской) / Н.А. Богданов, В.Е. Хаин. М.: ПК “Картография”, 1996. 94 с.
27. Шипилов Э.В., Тарасов Г.А. Региональная геология нефтегазоносных осадочных бассейнов Западно-Арктического шельфа России. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1998. 306 с.
28. Лаврова М.А. Четвертичная геология Кольского полуострова. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 234 с.
29. Земная кора Восточной части Балтийского щита. Л.: Наука, 1978. 232 с.
30. Мусатов Е.Е. Неотектоника Баренцево-Карского шельфа // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1990. № 5. С. 20–27.
31. Спенсер Э.У. Введение в структурную геологию. Л.: Недра, 1981. 367 с.
32. Марков Г.А. О происхождении и закономерностях проявления напряжений горизонтального сжатия в массивах горных пород в верхней части земной коры // Геотектоника. 1983. № 3. С. 32–41.
33. Сим Л.А., Зайцев В.А. Неотектонические напряжения севера Восточно-Европейской платформы и Урала // Тектоника и магматизм Восточно-Европейской платформы. М.: КМК, 1994. С. 169–175.
34. Крапивнер Р.Б., Скоробогатько А.В. Разрывные нарушения четвертичного чехла как отражение тектоники фундамента (о. Колгуев, Баренцево море) // Геотектоника. 2012. № 5. С. 44–62.

Поступила в редакцию
после доработки 24.12.2013

THE MORPHOSTRUCTURE OF THE ADJACENT AREAS OF THE EAST-EUROPEAN AND WEST-ARCTIC PLATFORMS AS A MARKER OF THE HORIZONTAL MOVEMENTS OF THE EARTH'S CRUST

D.S. ZYKOV

Summary

The problem of the neotectonic movements' horizontal component detecting is investigated. Morphostructure of the region is compared with the structural pattern of the fracture of separation. The large neotectonic Pribelomorian depression is situated here. The morphostructures of the surrounding uplifts correlate with the shape of depression. It means that origin of the depression is related to the activation of the whole margin of the East European platform. The shape of the depression and the geomorphologic features of surrounding areas are similar to the pattern of large fracture of estrangement, produced by horizontal motions of borders.

УДК 551.435.36 (571.53)

© 2014 г. Е.А. КОЗЫРЕВА*, В.А. ПЕЛЛИНЕН*, О.А. МАЗАЕВА*, А.Ш. ХАБИДОВ**

ТИПЫ БЕРЕГОВ ОСТРОВА ОЛЬХОН НА ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

* *Ин-т земной коры СО РАН, Иркутск; kozireva@crust.irk.ru*

** *Ин-т водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул; iwep@iwep.ru*

Введение

Побережье озера Байкал и о-ва Ольхон – красивые и уникальные творения природы, ставшие визитной карточкой Байкальского региона. Многие туристические маршруты ориентированы на посещение памятников природы байкальских берегов (рис. 1). Интенсивное освоение и чрезмерное антропогенное давление, зачастую приводит береговые геосистемы озера в неустойчивое состояние [1].

Значительный вклад в создание разнообразия берегов вносят экзогенные процессы. С одной стороны они участвуют в формировании самобытного байкальского рельефа с сохранившимися реликтовыми формами, ставшими геологическими памятниками. С другой стороны – под воздействием антропогенной нагрузки зачастую усиливается активность и интенсивность унаследованных экзогенных процессов в береговой зоне, что нередко приводит к возникновению явлений, опасных для жизни людей, и повышает риск деформаций объектов народного хозяйства при освоении территории, вплоть до возникновения чрезвычайных ситуаций и экологических катастроф [2, 3].

То обстоятельство, что при формировании берегов активизируются экзогенные процессы, обуславливает необходимость их зонирования, анализа особенностей формирования отдельных участков берега. Именно экзогенные процессы изменяют морфометрические характеристики надводных и подводных склонов берега и являются одним из основных поставщиков твердого вещества в водоем [4–6]. Установлено, что наряду со структурно-тектоническими и ветро-волновыми условиями, современную морфологию береговых уступов определяют такие процессы, как оползни, обвалы, осыпи, ветровой перенос песков и др. [1, 7, 8].

При планировании и создании туристическо-рекреационных зон требуется геоэкологическое обеспечение безопасности жизнедеятельности населения и объектов капитального строительства в береговой зоне. Для организации массового отдыха туристов на побережье необходимо оценить состояние отдельных участков берега, степень опасности и угрозу образования или активизации развивающихся здесь экзогенных