

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.24

**ГЛАВНЫЕ СИСТЕМЫ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ ВЕТРЕННОГО ПОЯСА:
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И УСЛОВИЯ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ**

С.В. МЕЖЕЛОВСКАЯ, А.К. КОРСАКОВ, А.Д. МЕЖЕЛОВСКИЙ, А.К. НАРАВАС

*Российский государственный геологоразведочный университет
117997, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, e-mail: kors2012@rambler.ru*

Проведенные геолого-структурные исследования на всей площади Ветреного Пояса позволили выделить в его пределах три системы пологопадающих зон разрывных нарушений: Киричскую, Токшинскую, Булатовскую и систему различно ориентированных крутопадающих разрывов. Пологопадающие зоны соответствуют этапам сжатия Ветреного Пояса при его взаимодействиях с пограничными структурами — Беломорским поясом и Карельской гранит-зеленокаменной областью. Система крутопадающих разрывов сформировалась в условиях растяжения.

Ключевые слова: Ветренный Пояс; зоны разломов; бластомилониты; зоны рассланцевания; пологопадающие нарушения; крутопадающие разноориентированные разрывы; киричская свита; токшинская свита.

**MAIN SYSTEMS OF FAULTS OF WINDY BELT:
SUCCESSION AND CONDITIONS OF FORMATION**

S.V. MEZHELOVSKAYA, A.K. KORSAKOV, A.D. MEZHELOVSKIY, A.K. NARVAS

*Russian State Geological Prospecting University
117997, Russia, Moscow, Miklouho-Maklay's street, 23, e-mail: kors2012@rambler.ru*

Geological-structural investigations on the all area of Windy Belt allowed distinguishing three systems of gentle dipping zones of faults: Kirichinskaya, Tokshinskaya, Bulatovskaya systems and the system of steep faults of different directions of dipping. Gently dipping zones correspond to the stages of compression of Windy Belt with its interaction with boundary structures (Belomorsky Belt and Karelian granite - greenstone region). The system of steep dipping faults formed in the tension environment.

Key words: Windy Belt, faults zones, blastomylonites, exfoliation zones, gently dipping faults, steep faults of different directions, Kirichinskaya suite, Tokshinskaya suite

Ветренный Пояс расположен на юго-востоке Фенноскандинавского щита и представляет собой осадочно-вулканогенную (зеленокаменную) структуру палеопротерозойского возраста. Его строение показано на рис. 1. Интерес к нему во многом обусловлен преобладанием в разрезе слабо метаморфизованных лав ультраосновного—основного со-

става, сохранивших первичные структурно-текстурные особенности, что позволяет судить о геодинамических обстановках формирования структуры в целом. В последнее время возобновились дискуссии о возрасте слагающих Ветренный Пояс осадочно-вулканогенных образований. Уделяя основное внимание петролого-геохимическим и

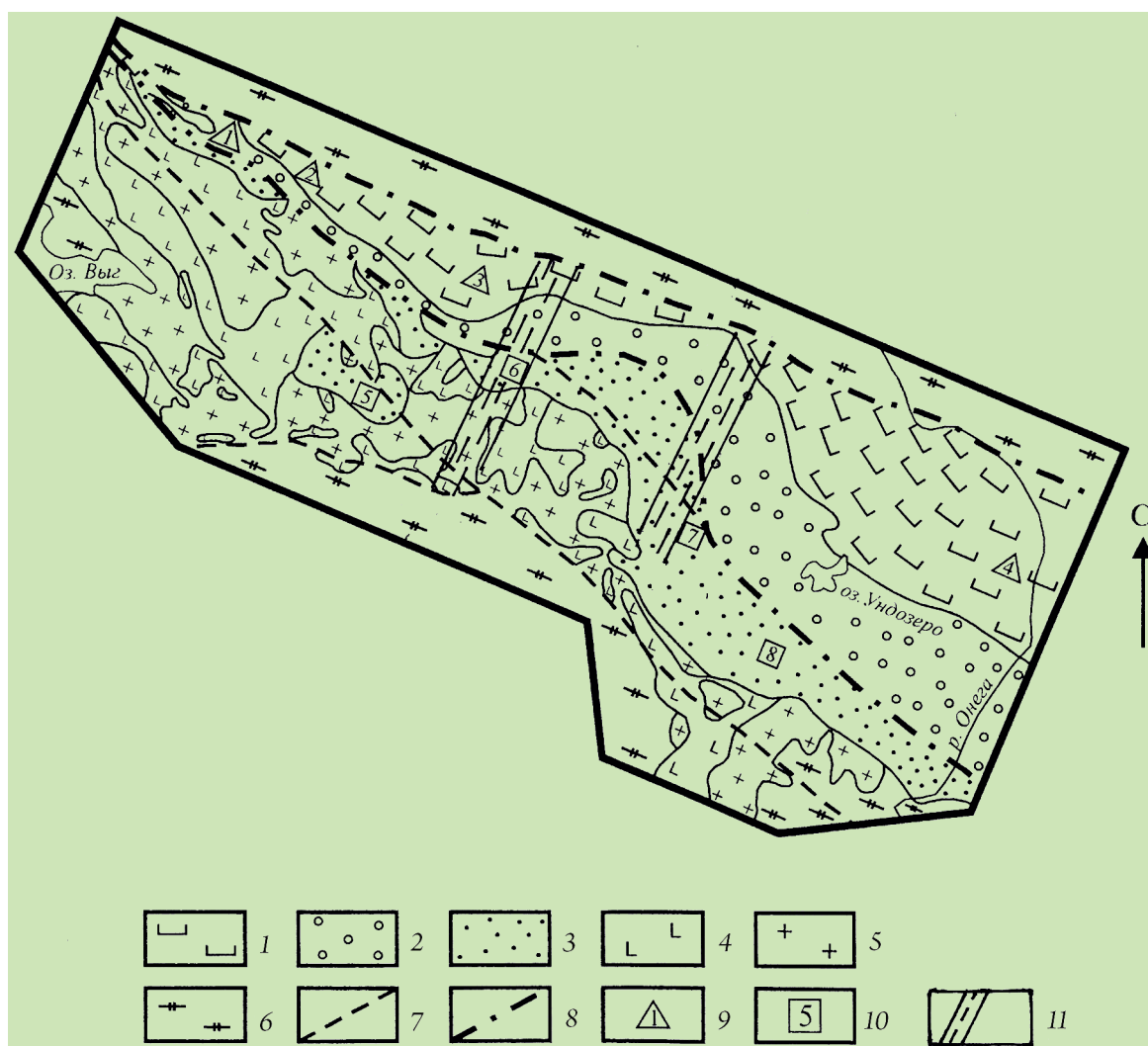


Рис. 1. Схема геологического строения зоны Ветреного Пояса со снятым чехлом венда и фанерозоя (по [4]). 1–3 – карельский комплекс: 1 – коматииты и коматиитовые базальты свиты ветреного пояса, 2 – осадочно-вулканогенные образования кожозерской и виленгской свит, 3 – терригенные и вулканогенные образования – токшинской и киричской свит; 4–5 – лопийский комплекс: 4 – осадочно-вулканогенные, коматиитсодержащие толщи вожминской серии, 5 – гранитоиды; 6 – саамский комплекс, в значительной мере переработанный в более позднее время; 7 – главные разломы; 8 – границы Ветреного Пояса; 9 – участки развития высокомагнезиальных пород людикувийского надгоризонта (цифры в треугольниках): 1 – Голец, 2 – Шапочка, 3 – Большая Левгора, 4 – Мяндуха; 10 – участки развития пород сумийского надгоризонта (цифры в квадратах): 5 – оз. Кирич, 6 – р. Чус-река, 7 – р. Калья, 8 – р. Ундоша; 11 – зоны сближенных нарушений северо-восточного простирания

изотопным характеристикам метавулканитов, исследователи оставляли без внимания геолого-структурные особенности данной структуры, в частности, разрывную тектонику, без которой невозможны полноценные геодинамические реконструкции [1, 4, 5]. Настоящая статья призвана частично устранить данную «несправедливость».

Проведенные авторами в течение последних лет исследования Ветреного Пояса на нескольких участках (горы Голец, Шапочка, Большая Левгора, Мяндуха, Двойная, Оловгора, руч. Кирич) позволили установить в его пределах несколько разновозрастных и разноранговых систем разрывных нарушений.

Наиболее ранние разрывные нарушения имеют северо-западное простирание, характеризуются

следующими с элементами залегания – азимут падения 60–70°, угол падения 30–40°. Они представлены зонами расланцевания и бластомилонитизации. Типичным представителем данной системы нарушений является Киричская зона разломов, проявленная в метавулканитах одноименной свиты. Геоморфологически зона выражена долиной руч. Кирич, которая имеет простирание 330° и ширину около 1000 м. В борту долины обнажаются расланцованные туфы андезибазальтов киричской свиты. Несмотря на расланцованность, туфы плотные и при ударе не распадаются на серии пластин, что указывает на достаточно хорошую связь между минеральными зёрнами, чаще всего пластинчатой формы. В породе повсеместно наблюдаются порфиробласты в виде «глазков» розового

цвета (рис. 2). «Глазки» расположены как изолированно одни от других, так и имеют эшелонированное расположение, ориентированное по сланцеватости. Изучение пород под микроскопом показывает, что в их строении выделяется основная рас-

сланцованная ткань, состоящая из мелких чешуек серицита, хлорита, плагиоклаза. Порфириобласты развиваются по серицит-хлорит-плагиоклазовому агрегату, захватывая его краевыми частями (рис. 3). Сами порфириобласты не несут следов деформации.



Рис. 2. Бластомиллонит Киричской зоны разломов (розовые «глазки» — порфириобласты альбит-олигоклазового состава)

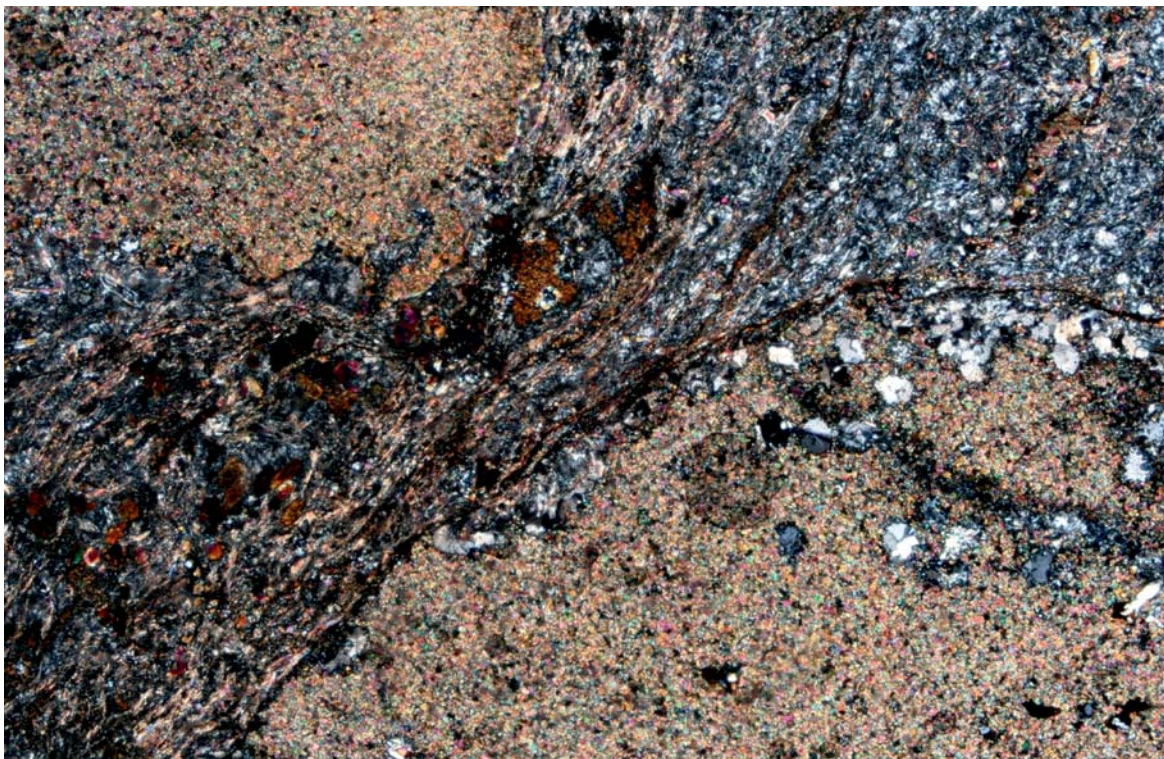


Рис. 3. Микрофотография бластомиллонита. Между двух порфириобластов альбит-олигоклаза располагается тонко-рассланцованный матрикс. С анализатором, ширина поля зрения 2,5 см

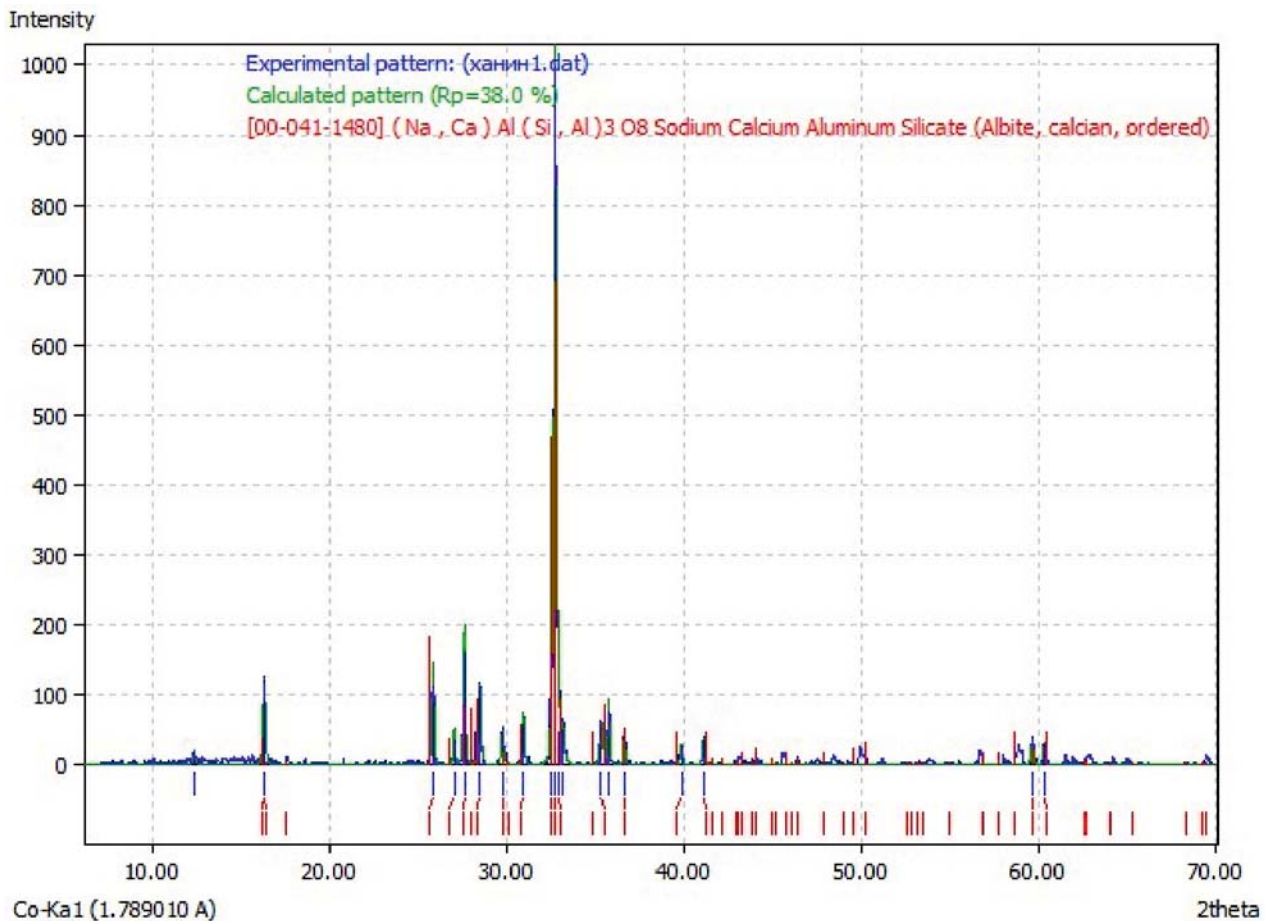


Рис. 4. Данные рентгеноструктурного анализа порфиробластов

Распределение элементов по данным микрозондового анализа

Спектр	Mg	Al	Si	Ca	Cr	Fe	Сумма
1	15	2,2	53,46	13,06		12,59	96,29
2	15,89	0,97	54,29	13,16		11,22	95,53
3		22,84	37,46	23,46		11,54	95,3
4		21,53	32,82	22,58	4,26	8,33	89,53

Для диагностики состава порфиробластов был проведен рентгеноструктурный и микрозондовый анализ. Данные рентгеноструктурного анализа (рис. 4) позволяют диагностировать порфиробласты как альбит-олигоклазовые. Другие кристаллические фазы обнаружены не были. Данные микрозондового анализа не столь однозначны (таблица). Наряду с элементами, входящими в состав плагиоклазов, отмечаются высокие содержания железа (на уровне 10—11 %), в двух пробах установлены аномальные содержания магния (15 %), обращает внимание широкий разброс содержаний кальция (от 13,06 до 23,46 %) и алюминия (от 0,97 до 22,84 %). Противоречия данных рентгеноструктурного и микрозондового анализов, скорее всего, связаны с тем, что при метасоматическом росте порфиробластов плагиоклаза они обогатились элементами, содержания которых были высокими

в исходных породах (андезибазах). В частности, красно-бурый цвет плагиоклаза, вероятнее всего, связан с высокими содержаниями в нём железа. Содержания магния и кальция, по данным микрозондового анализа, соответствуют таковым этих элементов в андезибазах. Исходя из данного предположения можно сделать вывод о том, что спектры 1 и 2 сделаны по участкам, которые в наибольшей степени «загрязнены» исходными петрогенными элементами. Точки, в которых определялись спектры, расположены на участке, где порфиробласты мелкие и соседствуют с другими минералами основной ткани породы (рис. 5). Спектры 3 и 4 выполнены на однородном порфиробласте большого размера. Такие метасоматические образования максимально «очищены» от посторонних включений и примесей. Именно в спектрах данного зерна практически отсутствует маг-

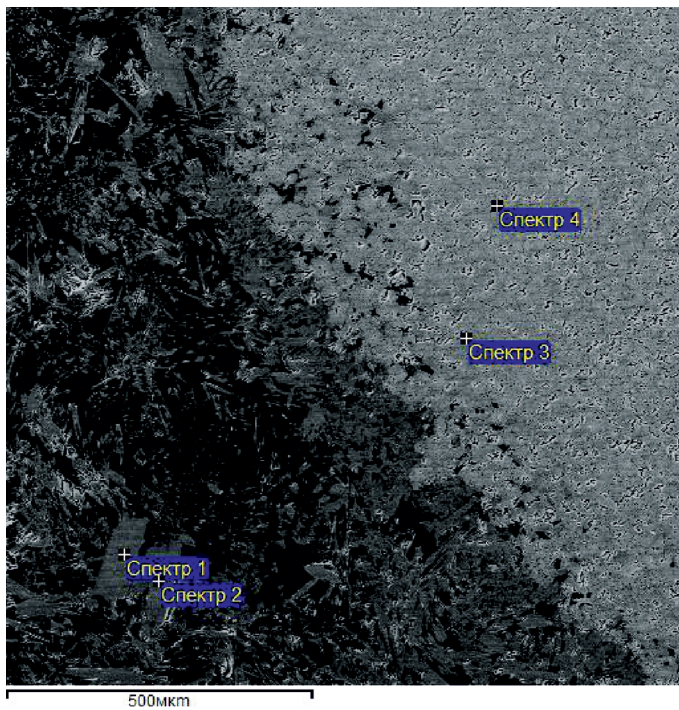


Рис. 5. Точки измерения спектров распределения элементов при микрозондовом анализе (микрофотография)

ний, появляется в достаточных количествах алюминий и элементный состав более соответствует кислым плагиоклазам.

Наличие тонкорассланцованной основной массы породы (хлорит-серицит-плагиоклазового агрегата) с крупными, недеформированными порфиробластами, позволяет отнести данные образования к бластомилонитам. Выполнение разломных зон бластомилонитами указывает на то, что зоны заложились до начала метаморфизма осадочно-вулканогенного комплекса и окончательно сформировались на его заключительном этапе. В процессе метаморфизма произошла перекристаллизация деформированной основной массы, которая приобрела тонкую рассланцованность. В дальнейшем на заключительной стадии метаморфизма под влиянием флюидов (низкотемпературных) в зоне образовались порфиробласты альбита. На удалении нескольких десятков метров от борта долины руч. Кирич в андезибазальтах исчезают порфиробласты альбита и заканчивается Киричская зона разломов. Образование данной системы нарушений, скорее всего, связано с крупным тектоническим событием в регионе. Таким событием вполне мог стать процесс надвигания Беломорского пояса на Ветреный Пояс. В пользу данной точки зрения свидетельствует тот факт, что на границе обеих структур, в борту р. Нюхча гнейсы Беломорского пояса сильно рассланцованы и ориентировка плоскостей рассланцевания (азимут падения 45–55°, угол падения 30–40°) совпадает с элементами залегания Киричской зоны разломов. По-

добная ориентировка разрывов наблюдается и в базальтах свиты ветреного пояса на участке горы Голец (азимут падения 50°, угол падения 40°) на удалении 8 км от границы с Беломорским поясом. Здесь, правда, отсутствуют мощные зоны рассланцевания и бластомилонитизации, а разрывы данной ориентировки представлены контрастными разломами.

К разломам второй возрастной группы следует отнести разломы северо-восточной ориентировки со следующими элементами залегания: азимут падения 300–320°, угол падения 30–40°. Они, как и разломы Киричской группы, представлены зонами рассланцевания, но без бластомилонитов (рис. 6). Отсутствие бластомилонитов может свидетельствовать о том, что метаморфогенно-метасоматические процессы к тому времени закончились. Данная система нарушений хорошо выражена в метаосадочных породах токшинской свиты, которая начинается разрез Ветреного Пояса. По этой причине она названа авторами Токшинской зоной разломов. Детально верхние части разреза токшинской свиты изучены на участке горы Двойная [2]. Разломы представлены участками рассланцевания: азимуты падения от 310 до 330° и углы падения от 10 до 30°. На тектоническую природу рассланцованности указывает прежде всего невыдержанная мощность отдельных полосок кварцитов, пересечение ограничивающих их поверхностей, наличие линз массивных кварцитов, которые облекаются тонкополосчатыми разностями, отмечается мелкая складчатость. Полевые наблюдения подтверщаются петрографическими данными: зёрна кварца разбиваются системой параллельных трещин на отдельные пластинки, которые смещаются одни относительно других. Возможно, смена элементов рассланцевания связана с последующим разбиением толщи на блоки и их относительным смещением. В кварцитах отмечаются единичные складки с осевыми поверхностями, близкими к лежащим (аз. пад. 340°, угол падения 30°), положение шарнира: аз. пад. 240°, угол падения 15°. Элементы залегания одного крыла — аз. пад. 340°, угол 60°, другого — аз. пад. 180°, угол 65°. Соотношение ориентировки поверхностей рассланцевания и шарниров складок указывает на их структурный парагенезис. Деформации сжатия привели к появлению плоскостей рассланцевания, в отдельных случаях — к образованию мелких складок, у которых шарниры оказались перпендикулярны азимуту падения сланцеватости. В ряде случаев наблюдается мелкая, различно ориентированная рассланцованность, что может быть связано с облеканием будин или смещением и разворотом мелких блоков по более поздним разрывным нарушениям. Проявлены, но в меньшей степени, разломы данной ориентировки и в базальтах свиты ветреного пояса.

Нарушения данной группы, очевидно, образовались в обстановке сильного регионального сжатия, что привело к динамометаморфизму осадочной токшинской свиты, местами сопровождавшемуся складчатыми деформациями, что возможно в условиях высоких стрессовых давлений.

Нарушения данной ориентировки разбивают весь Ветреный Пояс на блоки, которые в последующие периоды существования структуры вели себя достаточно автономно [3]. По кинематическому типу эти нарушения следует отнести к надидам.



Рис. 6. Рассланцованные кварциты токшинской свиты (гора Двойная)



Рис. 7. Зона надвига в стенке Булатовского карьера (Архангельская область)

Согласно выполненным ранее исследованиям данные зоны разделяют блоки Ветреного Пояса на: северный (Нюхчереченский), центральный (Кожозерский) и южный (Ундозерский), которые отличаются между собой значениями и рисунком гравиметрического поля, размерами и конфигурацией в плане, мощностями разрезов зеленокаменного комплекса, изменением объемов вулканитов основного-ультраосновного составов с глубиной (рис. 2). Блоки характеризуются также различной степенью эрозионного среза как окружающих пород, так и зеленокаменного комплекса [3].

Третья возрастная группа нарушений (Булатовская) имеет следующую ориентировку: азимут падения 230–240°, угол падения 40°. Данные разломы отличаются от первых двух групп не только ориентировкой, но и характером деформаций (рис. 7). Для этого типа нарушений характерны хрупкие деформации, которые приводят к дроблению пород на обломки разного размера. По кинематическому типу это, скорее всего, надвиги, так как среди обломков пород встречаются будинированные и развальцованные разности размером от нескольких до 20–30 см. Данные нарушения являются более поздними, так как возникли после этапа метаморфизма, когда породы были «холодными» и хрупкими. Разломы данной группы можно наблюдать на юго-востоке структуры, в частности, в карьере на горе Мяндуха, в Булатовском карьере стройматериалов (Архангельская область, окрестности г. Плесецк).

Описанные выше три группы разрывных нарушений, несмотря на различную ориентировку, объединяет то, что нарушения пологопадающие (углы падения от 30 до 40°) и движения по ним сопровождались значительными динамометаморфическими преобразованиями (рассланцеванием, складчатостью, будинированием и развальцеванием) пород. Это указывает на то, что возникновение нарушений и перемещения по ним блоков пород происходило в условиях сжимающих напряжений. Геолого-структурные наблюдения на всей территории структуры (участки гор Голец, Шапочка, Большая Левгора,

Двойная, Оловгора, Мяндуха) показали, что систем пологопадающих нарушений с другой ориентировкой, кроме отмеченных выше, не наблюдается.

Нарушения четвертой группы, проявленные в пределах Ветреного Пояса, характеризуются крутопадающим падением. Углы наклона, как правило, превышают 70°, они выражаются единичными поверхностями скольжения без зон дробления и рассланцевания, часто ожелезненными. Это может указывать на то, что образование данной группы разрывов происходило в условиях растяжения, когда по разрывам блоки смещались одни относительно других в вертикальной плоскости. Такие разрывы лучше всего наблюдаются в карьерах в условиях хорошей обнаженности. Углы падения колеблются от 70 до 90°, а преобладающие азимуты падения составляют: 20, 50, 90, 130, 150, 180, 270°. Таким образом, подавляющее большинство крутопадающих разрывов имеют падение в северо-восточных, восточных и юго-восточных направлениях.

Заключение

Проведенные геолого-структурные исследования на всей площади Ветреного Пояса позволили выделить в его пределах три системы пологопадающих зон разрывных нарушений: Киричскую (аз. пад. 60–0°, угол пад. 30–40°), Токшинскую (аз. пад. 310–330°, угол пад. 30°), Булатовскую (аз. пад. 230–240°, угол пад. 40°) и систему разноориентированных крутопадающих разрывов. Пологопадающие зоны, скорее всего, соответствуют этапам сжатия Ветреного Пояса при его взаимодействиях с пограничными структурами (Беломорским поясом и Карельской гранит-зеленокаменной областью). Система крутопадающих разрывов сформировалась в условиях растяжения, возможно, на этапе девонской активизации юго-восточной части Фенно-Скандинавского щита.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проекты: 14-05-00559-а; 14-05-10003-к

ЛИТЕРАТУРА

1. Коматииты и высокомагнезиальные вулканиты раннего докембрия Балтийского щита / Под ред. О.А. Богатикова Л.: Наука, 1988. 387 с.
2. Корсаков А.К., Лукашенко С.В., Межеловский А.Д. Состав и строение токшинской свиты Ветреного Пояса (юго-восток Балтийского щита) // Изв. вузов, Геология и разведка. 2013. № 4. С. 11–16.
3. Корсаков А.К., Межеловский А.Д., Лобанов А.М. Блоковое строение Ветреного Пояса (Балтийский щит) // Изв. вузов. Геология и разведка. 2010. № 2, С. 17–23.
4. Куликов В.С., Куликова В.В. О сводном разрезе раннего докембрия Ветреного Пояса // Операт.-информ. матер. Петрозаводск, 1982. 178 с.
5. Соколовский А.К., Федчук В.Я., Корсаков А.К., Катаев В.Н., Азам Хусам. Ветреный Пояс — зеленокаменная структура плейтктонического типа // Изв. вузов. Геология и разведка. 2002. № 2, С. 3–14.