

**ПОЗИЦИЯ СОЛОВЕЦКИХ ОСТРОВОВ
В НЕОТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ БЕЛОМОРЬЯ,
ИХ ПРИРОДА И СОВРЕМЕННАЯ ГЕОДИНАМИКА**

В.И. Макаров*, Ю.К. Щукин, Ф.Н. Юдахин*****

**Институт геоэкологии РАН*

101000, г. Москва, Уланский пер., 13, стр. 2

E-mail: makarov@geoenv.ru

***Институт динамики геосфер РАН*

117979, г. Москва, Ленинский пр., 38, корп. 6

E-mail: shchuk@idg.chph.ras.ru

****Институт экологических проблем Севера Архангельского НЦ УрО РАН*

163061, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 109

E-mail: asc@sanet.ru

Поступила в редакцию 20 апреля 2006 г.

Архипелаг Соловецких островов представляет северо-западное периклинальное окончание Онежской зоны неотектонических поднятий, разделяющей Онежский и Кандакшский прогибы. Значительные несогласия неотектонической зоны поднятий с известными элементами древних структур свидетельствуют о достаточно заметных структурных перестройках и подвижности этой, казалось бы весьма консервативной области. Дифференциация этой зоны и сопряженных с ней прогибов и некоторые особенности структурно-геодинамического характера объясняются их наложением на длительно существующую систему Циркум-Балтийских дислокаций глубинной природы. Предполагается генетическая связь неотектонических структур Онежской зоны поднятий с тектоно-магматическими процессами, происходящими на уровне средней коры.

Ключевые слова: *неотектоника, разрывы, линейменты, структурно-геоморфологическая зональность, геодинамика, геодинамические системы, верхнекоровые структуры, пластические деформации.*

**THE POSITION OF SOLOVETSK ISLANDS
IN NEOTECTONIC STRUCTURE OF THE WHITE SEA AREA,
THEIR NATURE AND RECENT GEODYNAMICS**

V.I. Makarov*, Yu.K. Shchukin, F.N. Yudakhin*****

**Institute of Environmental Geosciences of RAS*

***Institute of Geospheres Geodynamics of RAS*

****Institute of Environmental Problems of the North, Archangelsk Science Centre, Urals Branch of RAS*

The Solovetsk islands area is the part of the NW periclinal end of the neotectonic up warping Onega zone which separates the Onega and the Candalaksha troughs. The considerable discordances between neotectonic zone and ancient structures show rather noticeable neotectonic structural transformation and mobility of this conservative, one can say, region. Differentiation of this zone and adjacent troughs, as well as some structural and geodynamic specialties, are explained by their superposition upon the Circum-Baltic system of deep-seated dislocations of the crust. Genetic connection of considered neotectonic structures with tectonic and plutonic processes developing at the middle crust level is supposed.

Key words: *neotectonics, faults, lineaments, structural and geomorphological zonation, geodynamics, geodynamical systems, upper crust structures, plastic deformations.*

Соловецкие острова являются северо-западной периклинальной частью Онежской зоны неотектонических поднятий северо-западного простирания (рис. 1). В состав этой зоны входят также Западно- и Восточно-Онежское куполовидные поднятия изометричных очертаний, образующие Онежский полуостров, и расположенный еще юго-восточнее Обозерский свод. Все они разделены хорошо проявленными тектоническими седловинами, в числе которых – понижение Восточно-Соловецкого пролива. Эти отрицательные ундуляции Онежской зоны поднятий являются звеньями более протяженных дислокаций северо-восточного простирания, о сути которых будет сказано ниже. Предполагается структурное продолжение этой зоны в Карелию через мелководный порог, разделяющий Кандалакшский залив и Онежскую губу Белого моря. Но оно не проявлено достаточно очевидно и требует дополнительного изучения.

Большая, северная, часть Соловецкого острова представляет довольно правильных очертаний куполообразное поднятие диаметром (в надводной части) около 16 км. Центральная, наиболее возвышенная, его часть сложена позднеплейстоценовым и, возможно, более древним моренным и флювиогляциальным материалом, мощность которого, по данным [Шварцман и др., 2002], достигает 100 и более метров. Это возвышенное ядро поднятия обрамлено довольно широкой (до 3-4 км) полосой морских и переработанных морем ледниковых отложений, отличающейся пониженным и выровненным рельефом. Остается неясным: образуют ли южная часть этого острова, а также другие примыкающие к нему острова (Бол. и Мал. Муксолма и др.) самостоятельное тектоническое поднятие или они являются периферией Соловецкого купола? Генеральные контуры рельефа позволяют предполагать, что они относятся к единой структуре, отражая экзогенную дифференциацию четвертичного покрова.

Анзерский остров, расположенный восточнее, является южным надводным звеном атоллоподобной морфоструктуры тоже центрального типа и сходной размерности. К ледниковым формам это образование вряд ли можно отнести, хотя большое, если не основное, участие в формировании внешнего облика Анзерского, как, впрочем, и Соловецкого поднятий, несомненно, принимали гляциальные отложения. Кроме того, необходимо принимать во внимание динамическое воздействие на них

мощных ледниковых покровов, которое должно учитываться в оценке особенностей современной геодинамики и ее проявлений, в частности, в сейсмичности [Morner, 1991; Былинский, 1996; Юдахин и др., 2003].

При характеристике тектонических структур, в том числе платформенных областей, к которым относится рассматриваемый район, особенно большое, можно сказать, главное внимание обычно уделяется разрывным нарушениям. Данные о таковых в пределах Соловецкого и Анзерского поднятий отсутствуют, за исключением некоторых предположений об их наличии, которые исходят из самых общих построений и интерпретаций геофизических полей, касающихся в основном структуры древнего кристаллического основания и более глубоких слоев литосферы [Савицкий и др., 1986; Шаров, 1993; Щеглов и др., 1994; Шварцман и др., 2002]. О деталях этой структуры, погребенной здесь под осадочным покровом неопределенной мощности практически ничего не известно. Что же касается платформенного чехла, известная часть которого представлена неслоистыми и пестрыми по своему фациальному составу отложениями ледниковой формации с присущим ей весьма дробно дифференцированным хаотическим рельефом, то наличие в нем разрывов, которые со всей определенностью характеризовали бы четвертичную, а точнее позднеплейстоцен-голоценовую, тектонику, тоже не установлено. Последнее вообще характерно для платформенных чехлов [Юдахин и др., 2003], и Соловецкий архипелаг в этом отношении не является исключением.

Более того, даже линеаменты, которыми обычно подменяют разрывы на платформах, здесь не проявлены, по крайней мере, в привычном их изобилии. В этом отношении моренный покров Соловецких островов достаточно уникален, поскольку линеаменты обычно проявлены практически повсеместно, в том числе в областях широкого распространения моренных покровов разного возраста [Космическая..., 1983]. В качестве примера приведем район Кенозера, расположенный южнее и сравнительно недалеко от рассматриваемых островов в сходной геологической ситуации, а именно на границе распространения платформенного чехла и со сплошным покровом тоже позднеплейстоценовых ледниковых отложений с дробным холмисто-грядовым и ложбинно-западинным рельефом, – там линеаменты явно структурно-

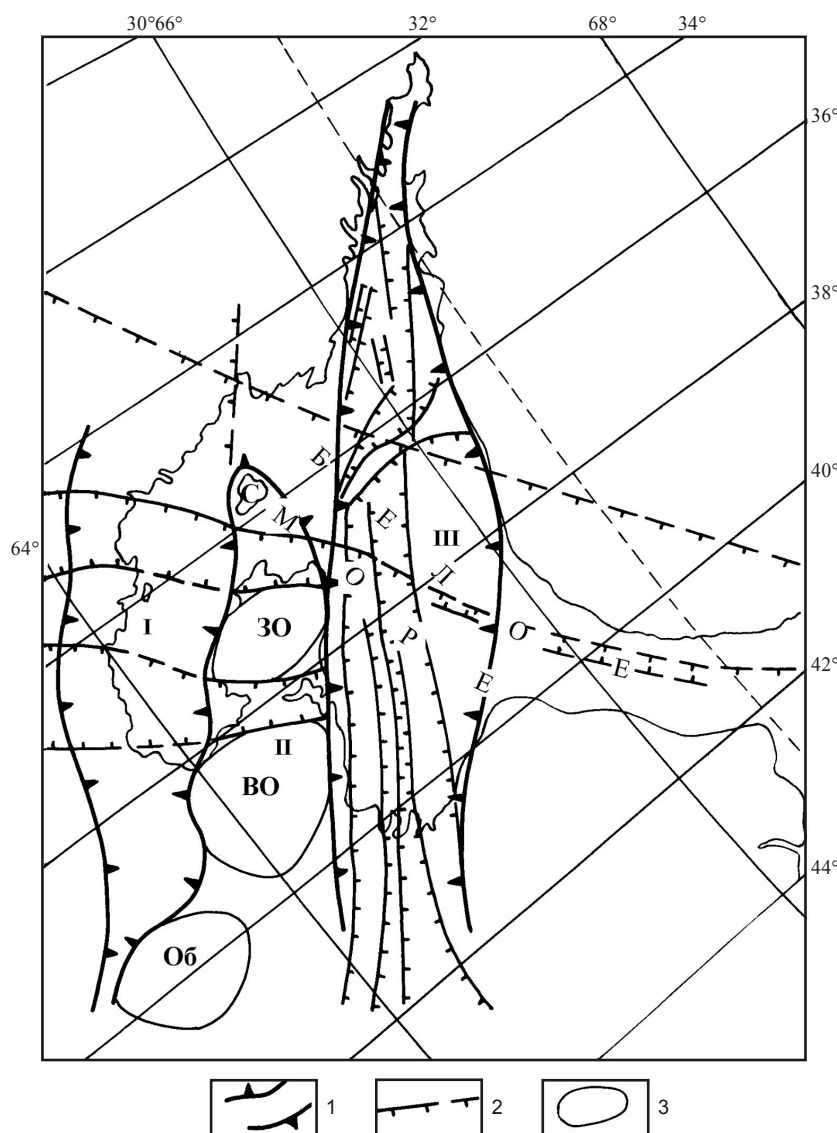


Рис. 1. Неотектонический структурный план Беломорья.

1 – границы зон прогибаний и поднятий; 2 – структурные ступени (штрихи направлены в сторону опущенных крыльев); 3 – контуры локальных поднятий.

I – Онежская зона прогиба, II – Онежская зона поднятий, III – Кандалакшский прогиб (грабен), С – Соловецкое поднятие, ЗО – Западно-Онежское поднятие, ВО – Восточно-Онежское поднятие, Об – Обозерское поднятие.

го характера видны, как говорится, с первого взгляда. Складывается впечатление, что на Соловках мы имеем дело с более пластичным покровом или всему виной неразвитость эрозионных сетей, которые наилучшим образом проявляют линеаменты.

Теперь рассмотрим вопросы, касающиеся оценки современных геодинамических условий района архипелага Соловецких островов. С самых общих позиций современные тектонические процессы и в значительной мере предопределенные ими пространственное распределение форм рельефа и отложений могут быть оценены с учетом совокупного влияния на земную кору и ее поверхность достаточно известного ряда принципиальных факторов. Это и было научно-методической основой изучения природы и эволюции Соловецких островов, давно привлекающих внимание специалистов в области наук о Земле, да и многих других людей,

интересующихся этим неординарным местом в Кандалакшском заливе Белого моря. Таковыми являются следующие факторы и обстоятельства.

1. Соловецкие острова находятся в широкой полосе сочленения Балтийского щита (с открытым залеганием древнейших комплексов кристаллического основания) и Русской плиты (с погребенным кристаллическим основанием). Эта полоса, несмотря на кажущуюся формальность ее определения (отсутствие-наличие покрова осадочных отложений), имела, как известно, существенное структурно-геодинамическое значение на всех этапах эволюции состава и строения земной коры северо-запада Восточно-Европейской платформы. Это значение сохраняется и на неотектоническом этапе. Циркум-Балтийская система региональных новейших дислокаций проявлена в виде широкого пояса флексурно-разрывных и депрессионных форм (рис. 2). Ему соответствует уменьшение

глубины залегания кровли верхней мантии (до 32-40 км), а также заметное уменьшение мощности земной коры за счет сокращения ее промежуточного и верхнего слоя [Юдахин и др., 2003]. На рассматриваемом участке эта граница имеет в целом ЮЗ-СВ простирание. Ряд исследователей предполагает наличие здесь серии разломов СВ простирания, из которых Приморско-Стрелицкому разлому придается значение границы между щитом и плитой [Савицкий и др., 1986]. Очевидно, что это очень условное определение, т.к. масштабы этой граничной полосы не могут быть сведены к одному, пусть даже крупному разлому.

Геоморфологически она проявлена серией крупных отрицательных форм рельефа: в северной части – проливом Горла Белого моря (тектонической ундуляцией Кольско-Кулойской зоны поднятий), южнее – поперечными коридорами, разделяющими Соловецкое, Западно- и Восточно-Онежское поднятия Онежской зоны (рис. 1). Еще юго-западнее, по другую сторону Онежского прогиба, этим коридорам противостоят и, вероятно, их продолжают широкие заливы юго-западного побережья Онежской губы, в частности, залив Сорокской губы. Эти заливы разделены широким выступом суши, который находится в створе с поднятием Западно-Онежского свода и, вероятно, структурно с ним связан в зоне северо-восточного простирания. Все это – звенья прерывисто проявленных положительных и отрицательных неотектонических структурных зон Циркум-Балтийской системы дислокаций. В этом структурно-геоморфологическом (неотектоническом) плане архипелаг Соловецких островов принадлежит относительно приподнятой зоне, которая на юго-западной (карельской) стороне отмечена Кемьской ступенью, а на северо-востоке – выступом юго-восточной части Кольского полуострова.

Другим активным структурным направлением здесь является северо-западное, которому следуют крупнейшие неотектонические образования: Кольско-Кулойская зона поднятий, Кандалакшский грабен, Онежская зона поднятий, одноименный прогиб и поднятие Ветреного пояса (рис. 1, 2, 3).

Таким образом, локализация Соловецких поднятий определена интерференцией двух пересекающихся зон поднятий, принадлежащих разным геодинамическим и кинематическим системам. Одна из них (Циркум-Балтийская) связана с глубинными дислокациями в

зоне или, точнее, в поясе сочленения двух крупнейших и контрастно развивавшихся в течение, по крайней мере, всего фанерозоя элементов Восточно-Европейской платформы: Балтийского щита и Русской плиты, а начиная с мезозоя еще и в поле динамического воздействия (латерального давления) со стороны срединно-океанической рифтовой системы Северной Атлантики [Юдахин и др., 2003].

Другая динамическая система, проявленная структурами северо-западного простирания, имеет более низкий ранг, меньшую глубину заложения и в большей мере связана с радиальными дислокациями края Балтийского щита. Именно в поясе его флексурного погружения в сторону Русской плиты в наибольшей мере могут проявиться условия для формирования структур растяжения, которые затрагивают, по-видимому, лишь коровые слои, может быть в основном верхнюю кору. Эти дислокации могут сопровождаться также сдвиговой компонентой. Они наиболее ярко проявлены в пределах Кандалакшского грабена. Здесь в рельефе морского дна хорошо выражена серия довольно протяженных ступеней северо-западного простирания, которые являются, вероятно, флексурно-разрывными (сбросовыми?) уступами (рис. 1). Отметим также, что в створе с поднятием Соловецких островов на морском дне довольно резко проявлены относительно узкие и контрастные формы рельефа – гряды и ступени субмеридионального простирания, которые разделяют залив на две существенно различные части. Мы не исключаем неотектоническую природу этих образований, поскольку эти простирания достаточно характерны для этой области в целом и особенно ярко проявлены западнее и северо-западнее от рассматриваемого участка. Если это так, то именно с узлом пересечения флексурно-разрывных зон кандалакшского направления и этих субмеридиональных дислокаций может быть связано сильнейшее в этом районе землетрясение 31 мая 1627 года, эпицентр которого до сих пор не является достаточно определенным. Другим альтернативным узлом для локализации этого землетрясения может быть район пересечения тектонической депрессии Восточно-Соловецкого пролива-Горла Белого моря с тектоническими ступенями юго-западного края Кандалакшского грабена. Однако взбросо-сдвиговый характер механизма в очаге рассматриваемого землетрясения, определенного Б.А. Ассинов-

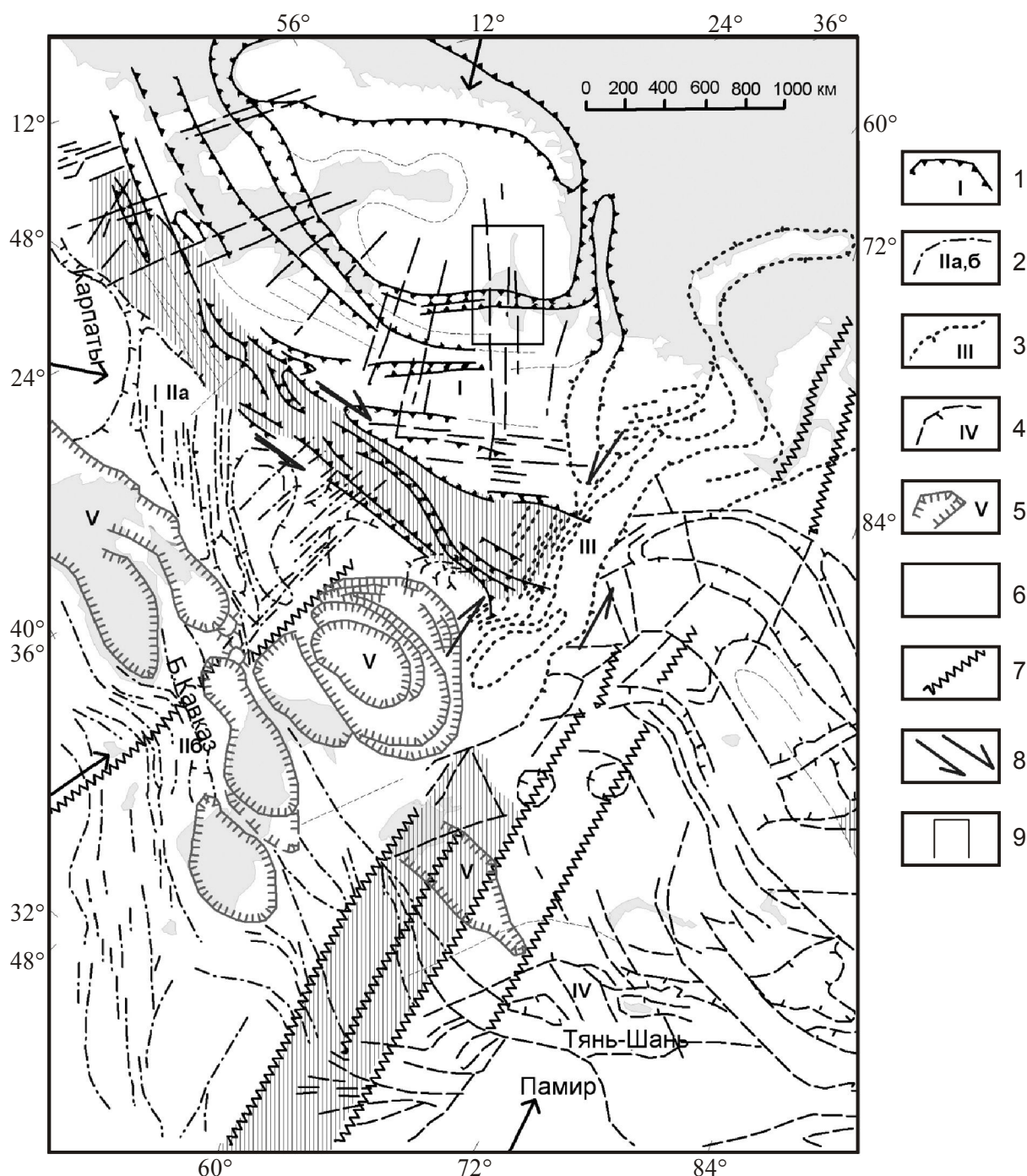


Рис. 2. Фрагмент схемы новейших геодинамических систем центральной части Северной Евразии (по [Юдахин и др., 2003]).

1-5 – геодинамические системы: I – Скандинавская, II – Альпийская (IIa – Карпатская и IIб – Кавказская подсистемы), III – Уральская, IV – Центрально-Азиатская, V – Каспийская (наложенные бассейны); 6 – зоны сопряжения геодинамических систем (переходные зоны); 7 – крупнейшие зоны флексурно-разрывных нарушений; 8 – ориентировка сдвиговых напряжений; 9 – рассматриваемая территория.

Сплошными и прерывистыми тонкими линиями обозначены обобщенные контуры эрозионно-тектонических и аккумулятивных долин и впадин, поднятий, флексур, зон трещиноватости, разрывных нарушений и другие характерные структурно-геоморфологические направления. Жирные стрелки указывают генеральные направления латерального динамического воздействия на платформу со стороны областей активного тектогенеза.

кой [1986], делает более предпочтительным первый вариант.

2. Соловецкие острова расположены в присводовой части юго-западного крыла древ-

ПОЗИЦИЯ СОЛОВЕЦКИХ ОСТРОВОВ

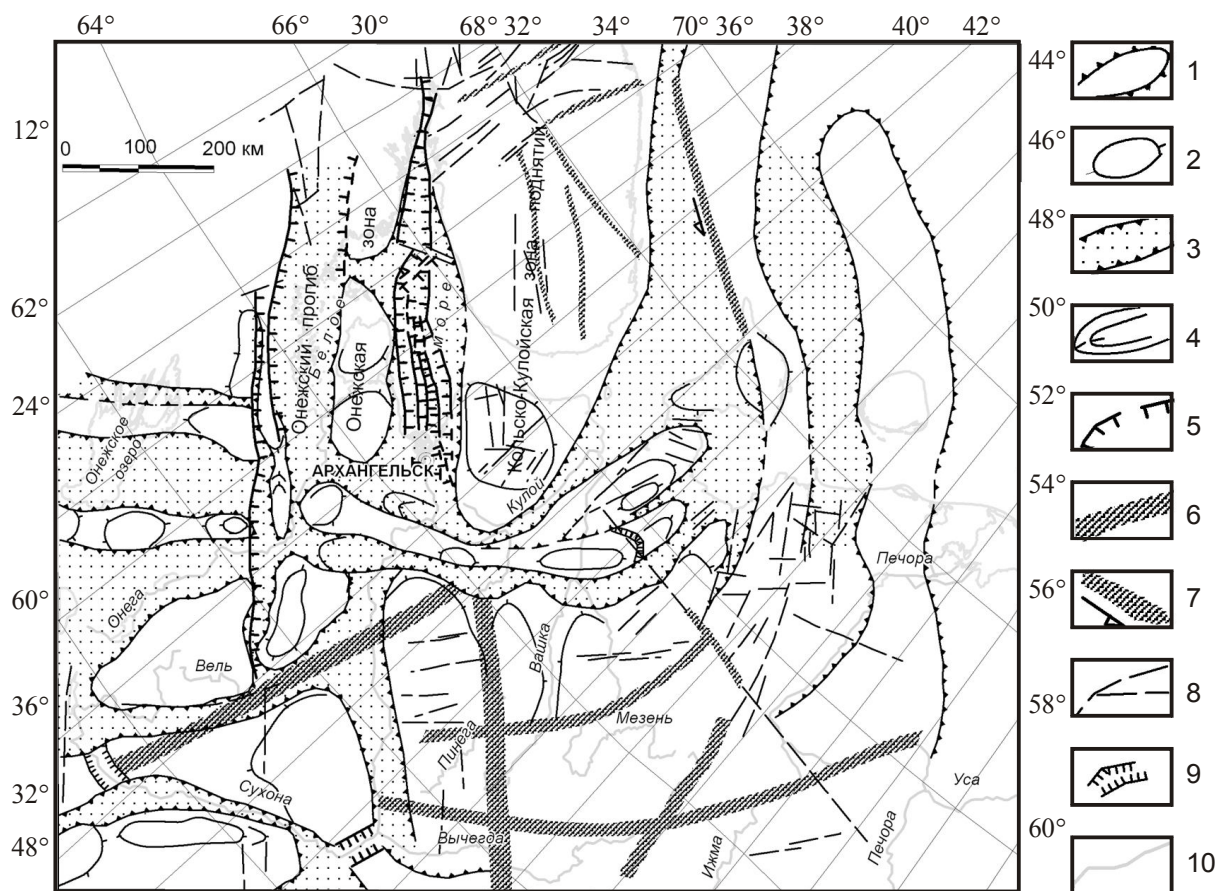


Рис. 3. Структурно-геоморфологическая (неотектоническая) зональность Кольско-Северо-Двинской области (по [Юдахин и др., 2003]).

1 – контуры поднятий; 2 – структурные линии локальных поднятий; 3 – контуры зон прогибаний; 4 – структурные линии центриклинальных замыканий; 5 – предполагаемые разрывные нарушения; 6 – линеаментные зоны предположительно тектонической природы; 7 – линеаментная зона с возможным проявлением левосдвиговых деформаций; 8 – некоторые локальные линеаменты; 9 – antecedentные участки речных долин; 10 – основные реки и озера.

нейшего (архей-раннепротерозойского) поднятия в структуре кристаллического основания, которое вытянуто вдоль современного Кандалакшского залива Белого моря [Константиновский, 1977], т.е. поперек указанной выше границы между Балтийским щитом и Русской плитой (рис. 4). Это резкое несогласие структурных форм общерегионального и локального порядков может рассматриваться в качестве причины концентрации здесь дополнительных напряжений в земной коре, действующей весьма длительное время, включая современность.

3. Соловецкие острова расположены на юго-западном плече Онежско-Кандалакшского рифейского грабена рифтогенного типа, более чем в 25 км от крупноамплитудных сбросов юго-западного его ограничения (рис. 5). Этот грабен заложен на указанном выше древнем своде и вдоль него. Его активное развитие в

рифей-вендское время привело к образованию цепи глубоких прогибов, разделенных поперечными разломами трансформного типа [Константиновский, 1977; Костюченко, 1995] (рис. 4). Отметим, что положение последних предполагается, в общем, в согласии с простираем дислокаций Циркум-Балтийского пояса, отмеченных выше. С этого времени (с рифея) на своде Балтийского щита радиально относительно его общего контура сформировалась депрессионная область, выраженная современным «заливом» верхнепротерозойского и палеозойского осадочного чехла в область распространения архей-нижнепротерозойских метаморфических комплексов (рис. 4). Относительно маломощный покров палеозойских (кембрийских, по [Геологическая..., 1966]) отложений предполагался под четвертичными отложениями и на Соловецких островах. На более поздних картах

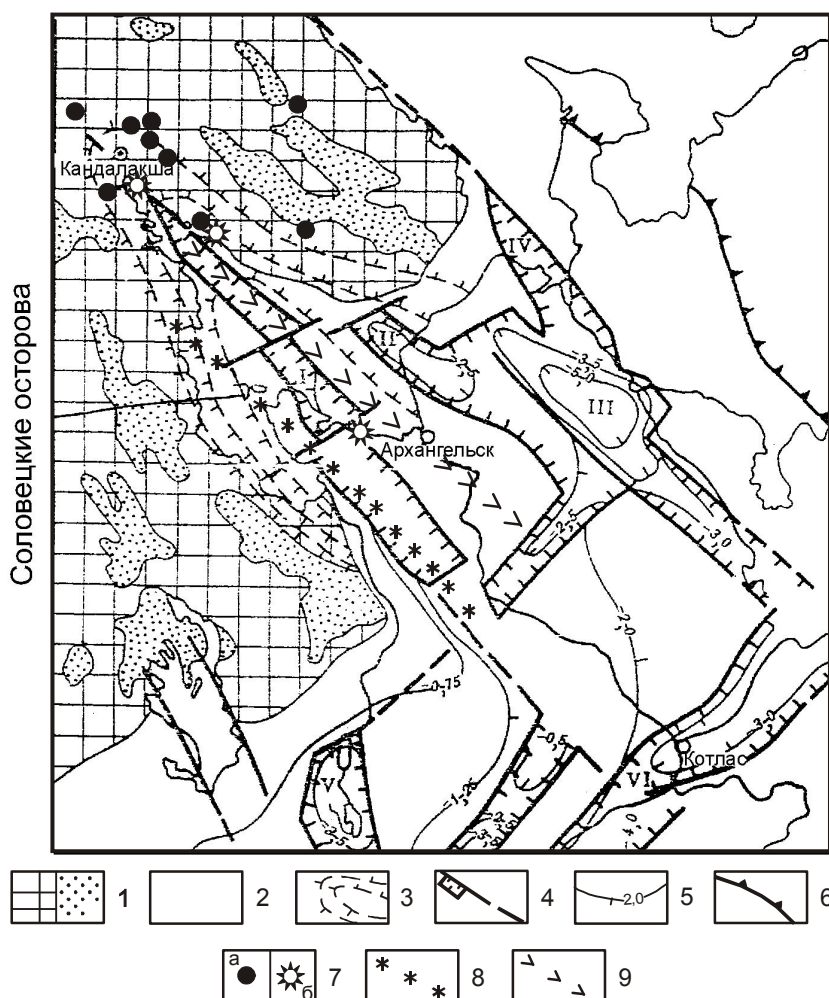


Рис. 4. Тектоническая схема северной части Восточно-Европейской платформы (по [Константиновский, 1977] с дополнениями).

1 – Балтийский щит: а – беломорида, б – карелида; 2 – Русская плита; 3 – предполагаемое древнее сводовое поднятие фундамента; 4 – погребенные рифейские грабены и связанные с ними расколы фундамента: I – Онежско-Кандалакшский, II – Керетский, III – Лешуконский, IV – Нижне-Мезенский, V – Воже-Лачский, VI – Средне-Русский; 5 – изогипсы поверхности кристаллического фундамента, км; 6 – краевой шов Восточно-Европейской платформы; 7 – магматические образования: а – ультраосновные и щелочные интрузивы с карбонатитами, б – трубки взрыва и жильные взрывчатые брекчии; 8 – ось Онежской зоны неотектонических поднятий; 9 – ось Кандалакшского неотектонического прогиба.

указан верхний протерозой (венд?). По данным [Щеглов и др., 1994; Шварцман и др., 2002], платформенный чехол более древнего возраста, чем четвертичный, имеется только на островах восточной части архипелага, на Соловецком же острове моренный покров залегает непосредственно на кристаллическом основании.

Очевидно, что мы должны принять к сведению и эти глубокие преобразования структуры земной коры, которые привели к формированию новых крупномасштабных неоднородностей в виде наложенных форм. Последние, в общем, согласны с предшествующими по своему простираю, но резко несогласны с ними (противоположны) по знаку движений и, очевидно, по геодинамическим условиям.

4. Неотектонический структурный план в некоторой мере наследует рифей-вендскую структуру, но не повторяет последнюю, отражая поздние структурные и геодинамические перестройки. Юго-восточная часть Онежской зоны поднятий развивается непосредственно над юго-восточным наиболее глубоким и обширным

звеном Онежско-Кандалакшского рифейского грабена – над Онежской его впадиной (рис. 5). Это соответствует достаточно широко распространенной связи молодых поднятий с более древними глубокими рифтовыми трогами (например, Валдайская возвышенность, поднятие Донбасса) и позволяет рассматривать в качестве возможного источника сил, вызывающих эти поднятия, процессы изостатической природы.

Однако, северо-западное поднятие Онежского полуострова и Соловецкие острова находятся вне Онежско-Кандалакшского рифейского грабена, на юго-западном плече Центральной его впадины, свидетельствуя, скорее, об активизации самого древнего здесь, дорифейского поднятия фундамента. По отношению к палеозойской структуре они также являются инверсионными тектоническими формами. Это предполагает не только повышенную напряженность в этой части рассматриваемой зоны молодых поднятий, но и необходимость поиска глубинных причин этой инверсии. Здесь, вне зоны аномально высоких мощностей осадочных и осадочно-

ПОЗИЦИЯ СОЛОВЕЦКИХ ОСТРОВОВ

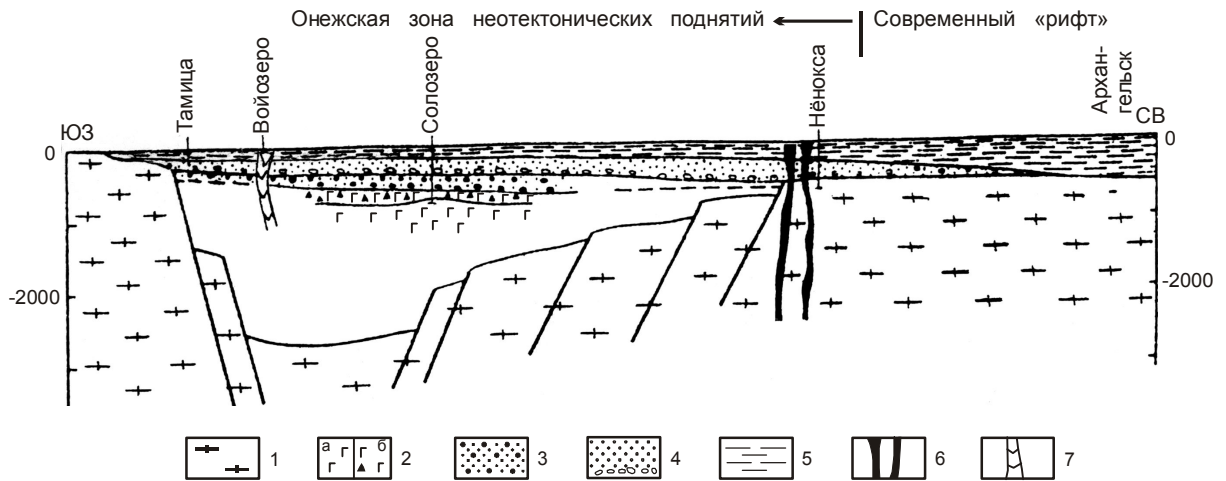


Рис. 5. Схематический геологический разрез Юго-Восточной (Онежской) впадины Онежско-Кандалакшского грабена (по [Константиновский, 1977]).

1 — эпикарельский кристаллический фундамент; 2 — нижняя подсвита соловзской свиты: а — существенно вулканогенные породы и прорывающие их силлы и дайки среднерифейских долеритов и диабазов, б — существенно вулканомиктовые породы, реже прорывы базальтов; 3 — верхняя подсвита соловзской свиты (песчаники, базальные конгломераты); 4 — нёнокская свита (песчаники, базальные конгломераты); 5 — валдайская серия венда (аргиллиты, глины, алевролиты, песчаники); 6 — раннепалеозойские трубки взрыва щелочных базальтоидов; 7 — дайки долеритов раннего венда.

вулканогенных верхнепротерозойских отложений, которые, повторяем, могли бы проявиться некоторым изостатическим поднятием, необходимо искать иной источник глубинных тектонических сил. В качестве рабочей версии, предполагается повышенный разогрев глубоких недр (на уровне верхней мантии-средней коры). Это предположение в общем сходно с гипотезой, развиваемой Ю.Г. Шварцманом [Шварцман и др., 2002].

На этом пути предполагается найти ответ на вопрос о причине или причинах достаточно своеобразной конфигурации Соловецких островов. Мы предполагаем, что эти формы имеют глубинную тектоническую природу и отражают некоторые диапироподобные поднятия глубинного вещества.

Действительно, для объяснения положительной аномалии силы тяжести здесь предполагается поднятие кровли мантии (до -28 км по сравнению с -45 км в Карелии) [Шварцман и др., 2002] со ссылкой на [Щеглов и др., 1994]. Но следует обратить внимание на то, что это глубинное поднятие охватывает обширную область от Топозера в Карелии до Архангельска и не имеет адекватного проявления в региональной неотектонической структуре. Поднятия Соловецких островов и Онежского полуострова, находящиеся над апикальной частью этого глубинного свода, занимают несоразмер-

но малую его часть и в структуре его не проявлены. Равным образом, в рельефе кровли мантии не выражены и сопряженные с Онежской зоной молодых поднятий Онежский и Кандалакшский (или Кандалакшско-Архангельский, по [Шварцман и др., 2002]), прогибы. Кроме того, выделение рассматриваемого мантийного поднятия не является однозначным. По другим данным, это мантийное поднятие не является столь значительным или не выражено сколько-нибудь отчетливо на фоне общего подъема кровли мантии в сторону Кандалакшского грабена [Шварцман и др., 2002]. Последнее более соответствует широко распространенному соотношению рельефа земной поверхности (или, что близко, неотектонической структуры) и глубины залегания кровли верхней мантии.

Имеются основания предполагать, что локальные куполообразные поднятия архипелага Соловецких островов и Онежского полуострова, образующие единую неотектоническую зону, как и сопряженный с нею Онежский прогиб, имеют коровое заложение и генетически связаны с вещественно-структурными преобразованиями и деформациями, происходящими на уровне ниже- и среднекорового слоев. В кровле последнего, непосредственно под верхнекоровым (геологическим) слоем, т.е. на сравнительно малых глубинах установлены субго-

горизонтальные зоны или линзы с пониженными значениями скоростей упругих волн и удельных электрических сопротивлений (волноводы), в которых допускается частичное плавление вещества и которые способствуют повышению пластичности и деформируемости верхнекорковых формаций [Mogner, 1991]. Эти предположения согласуются также с выводами М.Г. Леонова [Леонов, 1996; Леонов и др., 1998] о реидности верхнекоркового слоя, кристаллического фундамента континентальных платформ, о его подвижности, в том числе о тектоническом течении горных масс фундамента Балтийского щита в постледниковое время.

Из всего вышесказанного следует, что в позднекайнозойской и современной геодинамике Соловецких островов пока еще много неясного, много противоречивых и спорных суждений, больше вопросов, чем ответов. Вместе с тем наметились очевидные направления и задачи комплексного структурно-геодинамического изучения с помощью структурно-геологических, структурно-геоморфологических, геофизических, сейсмологических и дистанционных методов и средств. Тектоническая структура, ее эволюция и современная геодинамика этого района могут оказаться весьма своеобразными (может быть, в какой-то мере даже уникальными) и представляют большой научный интерес.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты 03-05- 64244, 06-05-64335).

Список литературы

- Ассиновская Б.А. Механизмы очагов землетрясений северо-восточной части Балтийского щита // Физика Земли. 1986. № 1. С. 101-105.
- Былинский Е.Н. Влияние гляциоизостазии на развитие рельефа Земли в плейстоцене. М.: Нац. геофиз. комитет РАН, 1996. 212 с.
- Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Листы Q-36-XXIX, XXX. Объяснительная записка. М.: Недра, 1966. 76 с.
- Константиновский А.А. Онежско-Кандалакшский рифейский грабен Восточно-Европейской платформы // Геотектоника. 1977. № 3. С. 38-45.
- Космическая информация в геологии. М.: Наука, 1983. 534 с.
- Костюченко С.Л. Структура и тектоническая модель земной коры Мезенской синеклизы по результатам комплексного геолого-геофизического изучения // Геология и охрана недр. 1995. № 5. С. 2-7.
- Леонов М.Г. О тектонической подвижности кристаллических пород фундамента в ядрах антиклинальных структур Северного Прионежья (Балтийский щит) // Геотектоника. 1996. № 1. С. 22-32.
- Леонов М.Г., Зыков Д.С., Колодяжный С.Ю. О признаках тектонического течения горных масс фундамента в постледниковое время (Северо-Карельская зона Балтийского щита) // Геотектоника. 1998. № 3. С. 71-79.
- Савицкий А.В., Афанасьева Е.Н., Гукасян Г.О., Петров Ю.В. Разрывные нарушения Северо-Запада Русской платформы и их металлогеническое значение // Блоковая тектоника и перспективы рудоносности Северо-Запада Русской платформы. Л.: ВСЕГЕИ, 1986. С. 39-52.
- Шаров Н.В. Литосфера Балтийского щита по сейсмическим данным. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1993. 145 с.
- Шварцман Ю.Г., Болотов И.Н., Болотова Г.Н., Поликин Д.Ю. Проблемы геоэкологии Соловецкого архипелага. // Вестник Поморского ун-та. 2002. Вып. 3. С. 18-28.
- Щеглов А.Д., Москалева В.Н., Марковский Б.А. и др. Магматизм и металлогения рифтогенных систем восточной части Балтийского щита. СПб.: Недра, 1994. 244 с.
- Юдахин Ф.Н., Щукин Ю.К., Макаров В.И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы // Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 300 с.
- Morner N.-A. Intense earthquakes and seismotectonics as a function of glacial isostasy // Tectonophysics. 1991. V. 188. P. 407-410.

Рецензент академик РАН Ю.Г. Леонов