

УДК 551.24

## СИЛЛОГЕНЕЗ В ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ОНЕЖСКОЙ МУЛЬДЫ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

© 2011 г. А. В. Полещук

Представлено академиком Ю.Г. Леоновым 14.02.2011 г.

Поступило 28.02.2011 г.

Онежская мульда располагается на юго-восточном обрамлении Балтийского щита, обладает изометричными очертаниями и длительной историей геологического развития. Мульда заложилась на Карельском массиве архейской консолидации и развивалась в течение среднего – позднего палеопротерозоя, при этом значительная часть вулканогенно-осадочного разреза оказалась насыщена пластовыми интрузиями. Их формирование традиционно связывается с заполнением расплавом субгоризонтальных зон разуплотнения и трещиноватости, которые возникли вследствие: 1) флексурного изгиба земной коры [1]; 2) проседания блоков фундамента [2]; 3) перестройки полей напряжений с режима сводового воздымания на режим депрессионного прогибания после прохождения вулканическими зонами пика активности [3], т.е. в процессе развития территории по (условно) хрупкому сценарию на этапе, предшествующем силлогенезу.

Полученный за последние годы новый фактический материал, в частности, выявленные автором с коллегами новые для палеопротерозоя Карелии породы формации пеперитов (обзор в [4]), индикаторов пластичных взаимоотношений силлов и вмещающих пород, позволяет выделить в эволюции структуры дополнительный субсинхронный этап развития и предложить модель, отражающую закономерности проявления силлогенеза Онежской мульды на предшествующем, сопровождающем и постумном этапах ее формирования.

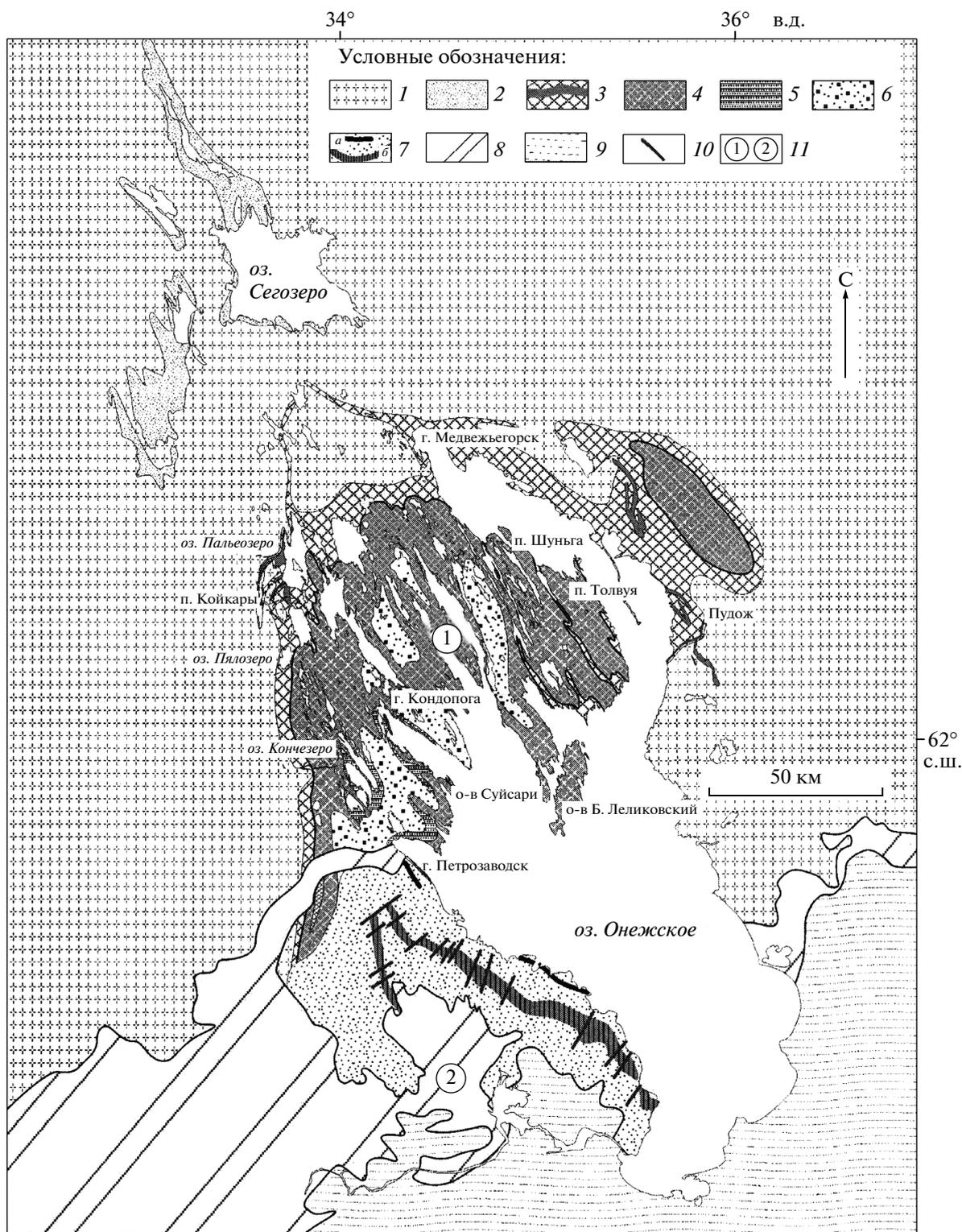
В составе Онежской мульды выделяются две палеобассейновые структуры, формировавшиеся последовательно: Северо-Онежская (100 × 120 км), выполненная ятулийско-калевийскими образованиями, и Западно-Онежская (60 × 100 км), сложенная отложениями вепсия. Силлогенез в Северо-Онежской структуре проявился в течение начальной, главной и заключительной фаз общей длительностью около 40 млн лет в позднем ятулии – людиковии [5, 6]. В Западно-Онежской структуре

силлогенез проявился единовременно в вепсии, на рубеже около 1770 млн лет [7].

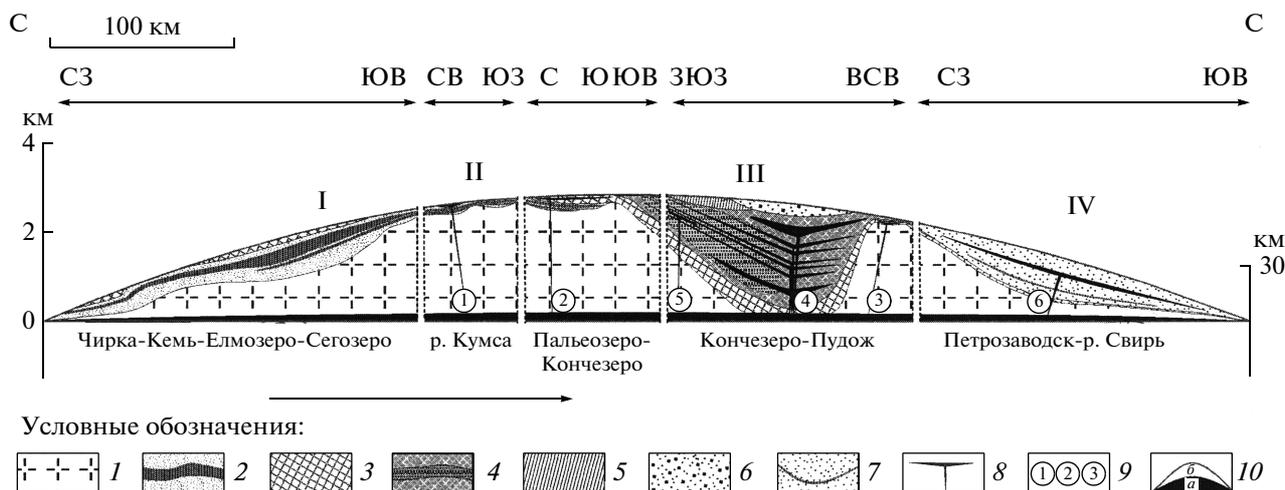
По отношению к эпохе силлогенеза территория Северо-Онежского палеобассейна претерпела три этапа развития: досилловый, субсинхронный и постсилловый. На досилловом этапе формировались терригенно-карбонатные вулканогенно-осадочные толщи ятулия мощностью до 400 м в бортовых частях и 300–700 м в центре структуры. В позднем ятулии область прогибания охватила площадь всей структуры. Ограничением ее являлась береговая линия, положение которой реконструируется в бортовых частях палеобассейна [8]. В начальную фазу силлогенеза произошло внедрение тел дифференцированных метагаббро-долеритов мощностью до 200 м в толще верхнего ятулия на периферии области прогибания. Силлы смяты в складки согласно с вмещающими толщами. На контактах выявлены ксенолиты вмещающих пород, приконтактные брекчии, трубки взрыва и флюидизаты [9], свидетельствующие о внедрении магмы в обводненные осадки в условиях малых глубин [10]. Первичная минеральная линейность отражает направление течения расплава [1] в питающих каналах силлов от центра структуры к периферии, в область флексурного перегиба, ограничивающего область прогибания.

На субсинхронном этапе развития Северо-Онежского палеобассейна формировались высокоуглеродистые осадочные и вулканогенные толщи, суммарные мощности которых в центре структуры составляют 1500–1700 м, а в бортовых частях – до 600–700 м [11]. В центральной части напластование осложняется явлениями пластичного перераспределения вещества – складками нагнетания, будинаж-структурами [4, 12], а также пеперитами [4], которые являются результатом внедрения силлов в пластичные нелигифицированные высокоуглеродистые породы.

Пластовые тела недифференцированных метагаббро-долеритов основной фазы силлогенеза формировались на всей площади структуры и обладают суммарной мощностью (без учета расслаивающих силлы отложений) до 900 м в центре и до 500 м в ее бортовых частях [11]. Силлы и вме-



**Рис. 1.** Схема геологического строения палеопротерозойской Онежской мульды (составлена с использованием расчетов [14] и геологических материалов [1–2, 4–5, 7–13 и др.], а также собственных наблюдений автора). 1 – гранито-гнейсы фундамента, сумийский и сариолийский надгоризонты; 2, 3 – ятулий: 2 – сегозерский горизонт, 3 – сегозерский и онежский горизонты с силами метагаббро-долеритов; 4, 5 – людиковий: 4 – заонежская свита с силами метагаббро-долеритов, 5 – суйсарская свита с силами перидотитов; 6 – калевий; 7 – вепсий: а – лавы основного состава, б – силл метагаббро-долеритов; 8 – рифей, венд; 9 – платформенный чехол; 10 – разрывные нарушения Западно-Онежской структуры; 11 – названия структур (цифры в кружках): 1 – Северо-Онежская, 2 – Западно-Онежская.



**Рис. 2.** Модель, отражающая закономерности проявления процессов силлогенеза в тектонической эволюции палеопротерозойской Онежской мульды на ятулийско-вепсийском этапе развития структуры (составлена с использованием расчетов [14] и геологических материалов [1–2, 4–5, 7–13 и др.], а также собственных наблюдений автора). 1 – гранитогнейсы фундамента, сумийский и сариолийский надгоризонты; 2, 3 – ятулий: 2 – сегозерский горизонт, 3 – онежский горизонт; 4, 5 – людиковый: 4 – заонежская свита, 5 – суйсарская свита; 6 – калевий; 7 – вепсий; 8 – силлы; 9 – номера силлов: 1 – Медногорский, 2 – Койкарско-Святнаволоцкий, 3 – Габневский и подводящая Пудожгорская интрузия, 4 – Заонежские, 5 – Кончезерский, 6 – Ропручейский; 10 – дуга земной поверхности: а – в реальном масштабе (масштаб – в правой части рисунка, б – с увеличением вертикального масштаба (масштаб – в левой части рисунка)). Римскими цифрами обозначены: I – Сегозерская мульда; II – Уницкий купол, кумсинская структура; III – Северо-Онежская мульда; IV – Западно-Онежская структура; Стрелкой показано направление миграции областей прогиба и ареалов магматизма.

шающие породы смяты в складки. Питающие каналы этой фазы реконструируются как в западном обрамлении, так и в центральной, наиболее погруженной части структуры.

В конце субсинхронного этапа развития палеобассейна в западном борту структуры формировались хомогенные, пирокластические и лавовые толщи суйсария мощностью около 400 м. Дифференцированные силлы ультраосновного состава заключительной фазы силлогенеза известны лишь в пределах площади развития суйсарских образований. Силлы, мощностью до 150 м каждый, внедрялись в высокоуглеродистые шунгитовые толщи, мощность которых в западном борту структуры – порядка 600 м [5]. Эти толщи вверх по разрезу надстраиваются эффузивами суйсарской свиты, комагматичными силлам мощностью около 400 м. Силлы смяты в складки согласно с вмещающими толщами. В приконтактных зонах выявлены ксенолиты, явления срезания слоистости и ассимиляции вмещающих толщ, которые отражают активный характер внедрения расплава в хрупкие литифицированные толщи. Реконструкции течения расплава подтверждают наличие питающих каналов силлов в областях наибольшего прогиба [5].

Постсилловой этап развития палеобассейна характеризуется накоплением амагматичных мелководных терригенных толщ [13] калевия мощностью до 500 м в центре структуры с размывом и угловым несогласием залегающих на подстилающих образованиях субсинхронного этапа развития палеобассейна.

В Западно-Онежском палеобассейне в вепсии на досилловом этапе развития, формировались толщи кварцито – песчаников суммарной мощностью более 1500 м и прослой лав основного состава [13]. Силлогенез на этой территории выразился в становлении тела дифференцированных метагаббро – долеритов мощностью до 180 м [1, 14]. Мощность толщ под силлом – более 1000 м, а над ним – около 450 м [14]. Силл в целом залегают согласно с вмещающими породами, не имея, однако, определенного положения в разрезе [14]. Внедрение происходило в хрупкие литифицированные толщи [14], а реконструкции направления течения расплава указывают на положение питающего канала в наиболее погруженной части структуры [1].

Выявленные закономерности проявления силлогенеза в тектонике Онежской мульды находят следующее объяснение. При формировании осадочного бассейна вновь образованные слои испытывают сжатие [15]. Наибольшему сжатию

слои подвергаются на уровне хорды земной поверхности, расстояние до которой зависит от размеров области прогибания. Эти же сжимающие напряжения препятствуют продвижению магмы из глубин к поверхности, определяя положение благоприятного уровня формирования силлов — вблизи хорды земной поверхности.

В свете этих построений находят объяснение факты размещения силлов ранней фазы силлогенеза (рис 1, 2) не в центральной части палеобассейна, а на его периферии. При ширине области прогибания 100–200 км расстояние до уровня хорды земной поверхности составит 200–800 м [15]. Следовательно, глубина прогибания палеобассейна, рассчитанная на основании значений мощности накопленных толщ (500–700 м) не являлась достаточной для внедрения силлов в наиболее погруженной части. Силлы ранней фазы формировались в пределах флексуобразных перегибов, разделявших области прогибания и поднятия [1].

Величина прогибания на субсинхронном этапе (более 1700 м) значительно превысила расчетную глубину до уровня хорды (200–800 м) [15]. Толщи достигли области внедрения силлов в пластичном состоянии. Вслед за этим на всей площади Северо-Онежского палеобассейна проявился силлогенез основной фазы. Парагенез силлов и высокоуглеродистых толщ сопровождался формированием пеперитов [4], которые являются индикаторами условий достижения расплавом, восходящим к поверхности, водонасыщенных горизонтов — флюидоупоров, под которыми формировались силлы этой фазы. Тепловое воздействие силлов на пластичные осадки порождало деформации и перемещение масс с образованием будинаж-структур и складок нагнетания [4].

В конце субсинхронного этапа прогибания, на глубине около 300 м, вблизи уровня хорды произошло становление суйсарских дифференцированных силлов заключительной фазы. Незначительная ширина области прогибания и, как следствие, небольшое потенциальное пространство для интрузий сказались на размерах пластовых тел.

Последующее прогибание, отчасти вызванное сокращением мощности силлов (вследствие их остывания) и вмещающих толщ (вследствие процессов вторичного уплотнения осадков), сопровождалось накоплением амагматических толщ постсиллового этапа развития Северо-Онежской палеобассейна в калевии.

В Западно-Онежском палеобассейне силлогенез проявился единовременно, вслед за накоплением более чем 1500 м осадков. Величина прогибания превысила расчетную глубину до уровня

хорды — 200–800 м [15]. Становление силла связано с достижением восходящим расплавом маумаупора — барьера, представленного плотными кварцито-песчаниками.

Таким образом, силлогенез Онежской структуры тесно связан с кинематикой области прогибания и положением хорды земной поверхности на ключевых этапах ее развития. Внедрение силлов последовало за прогибанием, которое охватило всю площадь Северо-Онежского палеобассейна. Пространство для силлов ранней фазы при этом образовалось вследствие развития флексурного перегиба, ограничивающего область осадконакопления. Пик силлообразования совпал с этапом наибольшего прогибания палеобассейна и сопровождался парагенезом силлов и высокоуглеродистых пород. Деформации, последовавшие за эпохой силлообразования, а также накопление толщ постсиллового этапа развития Северо-Онежского палеобассейна — вероятное следствие реакции вмещающей среды на процессы, связанные с остыванием и сокращением объема пластовых интрузий. После завершения эпохи силлогенеза остывшие интрузии придали структуре дополнительную жесткость, которая способствовала сохранению изометричных очертаний Онежской мульды в эпоху складчатых деформаций свекофеннского возраста.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10–05–00852).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Полканов А.А.* Труды лаборатории геологии докембрия. М; Л., Изд-во АН СССР, 1956. В. 6. 122 с.
2. *Трофимов Н.Н., Голубев А.И.* // Руды и металлы. 1999. № 5. С. 23–35.
3. *Светов А.П., Свириденко Л.П.* Центры эндогенной магматической активности и рудообразования Фенноскандинавского щита. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. 357 с.
4. *Полецук А.В.* // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2007. Т. 82. В. 6. С. 27–46.
5. *Куликов В.С., Куликова В.В., Лавров Б.С. и др.* Суйсарский пикрит-базальтовый комплекс палеопротерозоя Карелии. Петрозаводск: Кар. НЦ РАН, 1999. 96 с.
6. *Филиппов Н.Б., Трофимов Н.Н., Голубев А.И. и др.* В сб.: Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. В. 10. С. 49–68.
7. *Бибикова Е.В., Кирилова Е.И., Лазарев Ю.Н. и др.* // ДАН. 1990. Т. 310. № 1. С. 212–216.
8. *Ахмедов А.М., Орлова М.Т., Якобсон К.Э.* // ДАН. 1992. Т. 326. № 2. С. 305–308.

9. Трофимов Н.Н., Логинов В.Н. В сб.: Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. В. 8. С. 75–82.
10. Jamtveit B., Svensen H., Podladchikov Y., Planke S. // Geol. Soc. London, Spec. Publ. 2004. V. 234. P. 233–241.
11. Галдобина Л.П. Геология шунгитоносных вулканогенно-осадочных образований протерозоя Карелии. Петрозаводск, 1982. 204 с.
12. Филиппов М.М. Шунгитоносные породы Онежской структуры. Петрозаводск, КарНЦ РАН, 2002. 280 с.
13. Кайряк А.И. Бесовецкая серия в Онежской структуре. Л.: Недра., 1973. 176 с.
14. Симанович И.М. // Тр. ГИН АН СССР. 1966. В. 153. 143 с.
15. Косыгин Ю.А., Магницкий В.А. // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1948. Т. 23. В. 3. С. 3–15.