Н. Н. Трофимов, А. И. Голубев, Н. К. Смирнова

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РУДОНОСНОСТИ ПУДОЖГОРСКОГО ИНТРУЗИВА

Внедрение Пудожгорского интрузива неразрывно связано с процессом эволюционного развития Онежской впадины, являющейся конседиментационной структурой прогибания, и областей поднятия в ее обрамлении. Геодинамические условия образования интрузии и Онежской структуры авторами детально рассматривались ранее (Трофимов, Голубев, 1999). Следствием этих процессов является симметричное внедрение в верхнеятулийское – людиковийское время, по противоположным бортам впадины, двух пологопадающих базитовых пластовых интрузивов – Койкарско-Святнаволокского (силла) и Пудожгорского, относящихся к единому пудожгорскому магматическому комплексу. Они сформированы флюидонасыщенными расплавами, отвечающими по составу титанистому феррогаббро (Трофимов и др., 1998). Оба интрузива хорошо дифференцированы с отделением, в результате ликвации, в его приподошвенной части рудного титаномагнетитового горизонта, имеют одинаковое строение и мощность. Рудный горизонт фактически является маркирующим, что позволяет надежно увязывать и исследовать особенности их строения как в разрезе, так и в плане. Пудожгорский пластовый интрузив кварцевых габбродолеритов представляет, по сути, один макроритм, дифференцированный и подразделяемый нами на три горизонта (снизу вверх): подрудный, рудный, надрудный. Последний имеет послойную дифференциацию, обогащен щелочами и кремнеземом.

Пудожгорский интрузив картируется по величине магнитного поля на фоне слабомагнитных вмещающих пород (рис. 1). Его внедрение произошло в жесткую гранито-гнейсовую раму. В плане он имеет дайкообразную форму с резкими подворотами на флангах. Интрузив прослежен горными выработками на расстоянии 25 км. Потенциально возможная длина его, с учетом пересечения Бураковского блока, около 40 км. Своим южным окончанием он сечет Бураковский массив (рис. 1, скв. 121, 124, 125), северным – упирается в верхнеятулийскую синклинальную структуру (смотри рис. в статье данного сборника – Трофимов, Логинов), где по изолиниям магнитного поля видно, что интрузив резко, почти под прямым углом, поворачивает на северо-восток (рис. 1). Здесь полевыми работами 2004 г. установлено внедрение в основание вулканогенно-осадочного разреза силла, относящегося к пудожгорскому интрузивному комплексу, названного Габневским.

Габневский силл имеет аналогичный Пудожгорскому интрузиву состав, мощность и дифференцированность строения. В нем присутствует маркирующий рудный горизонт. Его образование может быть обусловлено внедрением расплава, сформировавшего Пудожгорский интрузив, но может быть связано и с наличием самостоятельного подводящего канала. Вероятность продолжения силла на север до р. Пяльмы косвенно подтверждается наличием магнитной аномалии и аналогичной турмалиновой минерализации в вышележащих породах, наблюдающейся в береговом обрыве р. Пяльмы. Достоверно установленная протяженность Габневского силла – 10 км, вероятная – 20–25 км и даже более.

Степень изученности Пудожгорского интрузива очень неравномерная. Его северный фланг, от д. Римское до р. Анусаары протяженностью 7,1 км, названный Пудожгорским месторождением титаномагнетитовых руд, детально изучен по сети от 50 × 100 м до 400 × 800 м с помощью буровых (254 скв.) и горных работ (рис. 2), сгруппированных в пределах 51 разведочной линии (р. л.). На этом участке разведаны и подсчитаны запасы титаномагнетитовых руд в промышленных категориях А, В, С₁ и С₂ (1952 г.). Такая высокая детализация этой площади позволила выявить особенности морфологии Пудожгорского интрузива и проанализировать условия его внедрения. К югу по простиранию магнитной аномалии интрузив вскрыт и опробован: на Тубозерском участке (рис. 1: Т) расчистками Института геологии; на Бураковском участке (рис. 1: Б) – скважинами СЗТГУ (1972 г.) и КПСЭ (1985-1989 гг.). Азимут простирания интрузива: преобладающий – 340°, на разведанном месторождении – 310–320°, средний угол падения – 10–15° (рис. 2), он возрастает: на участках клиньев - до 25-35°; резкого изменения простирания – до 45–48° (р. л. № 39, 51).

Анализ морфологии интрузивной залежи показывает, что внедрение интрузии произошло в процессе роста трещин отрыва (рис. 3). Схема роста таких трещин, возникающих в условиях растяжения, иллюстрируется рис. 4. На заключительных стадиях раскрытия они сближаются, но из-за кулисообразного расположения концы трещин оказываются расположенными параллельно и при смыкании происходит захват окружающих пород (Великий, 1961). Именно такая картина наблюдается на Пудожгорском месторождении. Здесь с высокой степенью достоверности буровыми и горными



работами установлено на уровне современного эрозионного среза наличие двух гранитных клиньев – линз, глубоко вдающихся в тело интрузива (рис. 2-8, р. л. 29, 10-9), и предполагается еще один в долине р. Анусаары (рис. 2, р. л. 46). Кроме них имеется гранитный клин, не вскрытый эрозией (рис. 7, р. л. 41). Размер этих линз в плане: A – 350 × 100–120 м (рис. 5) и Б – 450 × 100-150 м (рис. 6). Простирание первой - СВ 60°, падение на C3 под углом 30°; второй – CB 15°, падение на C3 под углом 20–25°. В плане останцы вмещающих пород имеют форму глубоко вдающихся в тело интрузива клиньев (рис. 5, 6), а в продольном разрезе – форму линз с параллельными стенками и выдержанной по падению мощностью около 40 м (рис. 7, 8, р. л. 10). В серии поперечных разрезов вкрест простирания гранитного клина Б видно, что по падению интрузива гранитная линза, в целом не меняя мощности, постепенно сокращается и с глубиной быстро выклинивается (рис. 6), а интрузив без разрыва прослеживается как единое тело. Наличие псевдоразрыва, как бы существующего с поверхности между гипабиссальными интрузивными телами долеритов, является случайным срезом вскрытого эрозией гранитного клина, ибо фактически он отсутствует, а интрузив является единой залежью (сравни рис. 6 и 7, р. л. 41).

Заполнение трещин расплавом и захват гранитных клиньев при смыкании кулис происходили одновременно. Этот тезис хорошо иллюстрируется поведением маркирующего рудного горизонта, имеющего ликвационный генезис, утоняющегося и выклинивающегося в разрезе у гранитных линз (рис. 6, р. л. V–VIII, рис. 7, р. л. 41), а в плане изгибающегося по конфигурации линзы А (рис. 5). Установленные бурением в надрудном горизонте линзующиеся горизонты висячих титаномагнетитовых руд протяженностью 100–200 м присутствуют только на участках смыкания кулис. Контакты долеритов с гранитными линзами имеют зоны закалки. Поэтому вероятность более позднего (после заполнения трещин) вдавливания клиньев в тело интрузива исключается.

Отстроенная схема роста и смыкания трещин в пределах Пудожгорского месторождения наглядно иллюстрирует наличие пяти кулис протяженностью 1,3–1,4 км каждая, с шагом смещения вправо. Шаг смещения на участках пологого залегания интрузива (10–15°) составляет 0,8–0,9 км (рис. 3, р. л. 29, 10), а более крутого – меньше (рис. 3, р. л. 41, 46), так как он определяется углом падения залежи. При мощности интрузива 120–140 м соотношение ее с длиной кулисы составляет 1 : 10.

– расчистки;

буровые скважины:

- вскрывшие интрузию,
- не вскрывшие интрузию;
- О прогнозируемые рудные столбы

Рис. 1. Карта изолиний магнитного поля Пудожгорского интрузива и Бураковского блока:

А – Пудожгорское месторождение, Т – Тубозерский участок, Б – Бураковский участок



Рис. 2. Геологическая карта и разрезы по профилям Пудожгорского месторождения:

1 – рудный горизонт; 2 – подрудный горизонт; 3 – надрудный горизонт; 4 – граниты и гранито-гнейсы; 5 – разведочная линия и ее номер; 6 – геологические границы



Рис. 3. Схема правостороннего параллельного смещения кулис - смыкающихся трещин отрыва:

1 – Пудожгорский пластовый интрузив; 2 (A–B) – гранитные клинья (линзы) в теле интрузива, оставшиеся после смыкания трещин; 3 – шаг смещения трещины отрыва – установленный (A, Б), предполагаемый (B); 4 – длина кулисообразной трещины; 5 – номера разведочных линий буровых скважин



Рис. 4. Схема роста трещин отрыва по Е. И. Чертковой (Великий, 1961):

а-г – стадии процесса, д – захват окружающих пород в процессе роста трещин (при смыкании кулис)



Рис. 5. Геологический план и разрезы Пудожгорского интрузива в районе гранитного клина А:

1 – рудный горизонт; 2 – подрудный горизонт; 3 – надрудный горизонт; 4 – плагиомикроклиновые граниты







-1 -2 -3 -4 -5 -6 -395 -7

Рис. 7. Продольные геологические разрезы гранитных линз: вскрытая эрозией (А) – р. л. 29–29 и неэродированная – р. л. 41–41:

1 – горизонт титаномагнетитовых руд; 2 – подрудный горизонт; 3–5 – слои надрудного горизонта: 3 – м/з амфиболизированные габбродолериты; 4 – кварцевые и гранофировые лейкократовые разности с андезином и альбитом; 5 – с/з и м/з амфиболизированный кварцевый габбродолерит; 6 – граниты и гранито-гнейсы; 7 – номер скважины, глубина скважины



Рис. 8. Геологические разрезы по разведочным линиям 9–9 и 10–10 – поперечные к интрузиву и продольные к гранитной линзе

120

Усл. обозн. см. на рис. 7

0

Юго-восточный фланг Пудожгорского интрузива (Бураковский участок) изучен слабо, однако пройденные здесь по простиранию аномалии семь скважин устанавливают тот же рисунок кулисообразного размещения трещин отрыва с правосторонним смещением (рис. 1). Интрузив непосредственно перед Бураковским плутоном резко меняет северо-западное простирание на северо-восточное 30–35° на отрезке протяженностью 4 км. Аналогичный участок в аномальном магнитном поле протяженностью также 4 км с простиранием изолиний северо-восток 30° имеется и на северо-западном фланге в районе пос. Пудожгорский (рис. 1). С этим направлением, видимо, совмещены зоны скалывания, формирующиеся в условиях сжатия в бортах Онежской впадины.

Характер магнитной аномалии в центральной части интрузива (Тубозерский участок) достаточно спокойный, без перерывов и прямолинейный (рис. 1). Это позволяет предположить, что смыкание кулис здесь происходило по схеме «в», в то время как на флангах оно относится к лестничному типу «г» (рис. 4).

Все трещины отрыва в разрезе имеют слегка волнистую форму и представляют сочетание очень пологих $(0-3^{\circ})$ – пологих $(8-10^{\circ})$ отрезков с более крутыми: $20-25^{\circ}$ (р. л. 41, 42) и $30-35^{\circ}$ (р. л. 32–35), что частично иллюстрируется разрезами на рис. 2, 7. Максимально по падению интрузив прослежен на 1,5 км на участке наиболее пологого залегания по р. л. 6–6 (рис. 2).

Таким образом, Пудожгорский интрузив в плане имеет лентовидное строение и представляет собой пластину протяженностью 25–40 км при ширине более 1,5 км и мощности 100–120 м. Отсутствие с глубиной признаков выклинивания – уменьшение мощности и изменение степени дифференцированности интрузива, сокращение мощности рудного горизонта и изменения качества руд – позволяет прогнозировать ширину этой пластины в 3 км.

Гипабиссальные интрузивы Норильского рудного района, также относящиеся к трапповой формации, имеют более сложную морфологию: нижнеталнахский тип – комбинация пластины и хонолита; круглогорский тип – силлы и пологосекущие субпластовые тела; норильского типа – линзовидные, корытообразные, лентовидные тела и хонолиты. Протяженность интрузивных тел норильского типа – до 20 км при средней ширине 0,8–2 км и средней мощности 100–200 м (Люлько и др., 2002). При этом никеленосные интрузивы образуют группы – рудные узлы, локализованные на участках пересечения антиклиналей зонами разломов, имеющих единый подводящий канал.

Условия внедрения Пудожгорского интрузива близки к вышеуказанным Норильским. Они обусловлены активизацией Водлозерского сводового поднятия, на границе с которым формировалась Онежская впадина (Трофимов, Голубев, 2000), обеспечившего режим растяжения с формированием полостей отслоения и подъемом флюидонасыщенного расплава, прошедшего камерную дифференциацию (Трофимов и др., 1998). Этот тезис хорошо проиллюстрирован на многочисленных рисунках особенностями морфологии интрузива, внедрившегося по трещинам отрыва, заложение которых происходит в режиме растяжения. С глубиной и по склонению он, возможно, приобретает корытообразную форму, что позволяет прогнозировать положение рудной залежи на меньших глубинах.

Потенциальный объем пластины, характеризующей масштаб рудно-магматического процесса, составляет 40 × 3 × 0,13 км = 15,6 км³. Ожидаемая доля титаномагнетитовой руды в ней – 4 · 104 м · 3 · ·10³ м·15 м·3,5 т/м³=6,3 млрд. т, сопутствующей рудам благороднометальной минерализации – $6,3 \times 0,5$ г/т = 3 тыс. т. Представляющие промышленный интерес ресурсы руды до глубины 150-200 м оцениваются по кат. Р₁ + Р₂ в 1 млрд. т. Не вызывает сомнений, что мы имеем проявление крупного или уникального по масштабам рудного процесса с титано-ванадиевой и золото-платиноидной специализацией, с которым на глубине можно ожидать, в связи с базит-гипербазитовыми дифференцированными телами, богатое платинометальное и медно-никелевое оруденение. На флангах интрузива, где имеются резкие подвороты, в области стыка с ятулийской структурой и в районе более пологого северного контакта Бураковского плутона, возможно развитие рудных столбов с медной минерализацией.

ЛИТЕРАТУРА

Великий А. С. Структуры рудных полей. Л., 1961. 275 с. Люлько В. А., Амосов Ю. Н., Козырев С. М. и др. Состояние рудной базы цветных и благородных металлов в Норильском районе и направление первоочередных геологоразведочных работ // Руды и металлы. 2002. № 5. С. 66–82.

Трофимов Н. Н., Голубев А. И. Геодинамические условия образования благороднометально-титаномагнетитовых месторождений Онежской рифтогенной структуры, Карелия // Руды и металлы. 1999. № 5. С. 23–35. *Трофимов Н. Н., Голубев А. И.* Геодинамические условия образования и металлогения Онежской впадины // Руды и металлы. 2000. № 5. С. 10–25.

Трофимов Н. Н., Голубев А. И., Смирнова Н. К. Специфичность исходного расплава и состав железо-титановых окисных минералов Пудожгорской интрузии // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 1. Петрозаводск, 1998. С. 35–42.