

**ПСЕВДООЖИЖЕНИЕ (ФЛЮИДИЗАЦИЯ)
КАК ОСОБЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС
И ЕГО РОЛЬ В ПОРОДООБРАЗОВАНИИ И МИНЕРАГЕНИИ**

Махлаев Л.В., Голубева И.И.

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, lev@geo.komisc.ru

Цель доклада – привлечь внимание к особому механизму перемещения вещества литосферы и его особому агрегатному состоянию – жидкоподобному течению гетерогенных взвесей (твердо-газовых суспензий и капельных расплавно-газовых эмульсий), находящихся в псевдоожигенном состоянии. Такие явления широко представлены в природе, играя немалую (порой ведущую) роль в реализации многих процессов. Однако они до сих пор не привлекают должного внимания геологов, а потому остаются недооцененными, хотя проявления псевдожидкостного течения, приводящего к формированию специфических геологических тел известны уже более ста лет. Первые такие свидетельства приведены в 1902 г. Т. Андерсоном и Дж. Флеттом, изучавшими последствия всемирно известного Пелейского извержения: «Мы увидели невиданную картину – масса раскаленного вещества переливается через край кратера и в виде лавины пепла устремляется по склону, ... сокрушая все на своем пути. Эта лавина – смесь раскаленного пепла и газа, которая ведет себя подобно жидкости» (Цитируется по книге Г. Макдональда «Вулканы», 1975). Такие газо-пепловые лавины были описаны затем многие сотни раз. Пониманию их природы способствовало изучение Катмайского извержения на Аляске, когда пепловый «поток» всего за 20 часов заполнил котловину объемом более 10 км³. Как оказалось, его высокая подвижность поддерживалась длительной дегазацией переносимого материала, вследствие чего частицы были окружены оболочками газа, выделявшегося из них самих. 10 лет спустя П. Маршалл описал отложения пирокластических потоков, взвешенный материал которых представлен преимущественно не пеплом, а вязкими каплями раскаленной лавы. Он назвал их *игнимбритами* (*ignis* – огонь, *imbris* – душ).

Новый этап познания последствий суспензионного течения составило изучение рудных «галечных столбов» американских штатов Юта, Орегон, Айдахо и Аризона. Широко представлены подобные образования на Урале, Алтае, в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке. Оказалось, что цемент таких кластитовых рудных тел тоже образован текучими взвесями и эмульсиями, но не извергавшимися, а внедрявшимися, формируя интрузии. Аналогичный механизм суспензионного внедрения был предложен Г. Клоосом для объяснения природы базальтовых диатрем. Он первым показал, что диатремы являются не взрывными жерлами, а интрузиями, образованными внедрением твердо-газовых взвесей. Выполняющие их интрузивные пирокластиты он назвал *туффизитами*, в отличие от субаэральных туфов. В начале 50-х годов подобные туффизитовые диатремы, но не базитовые, а гранитные, детально изучены в Северной Ирландии Д. Рейнольдс. Опираясь на свои результаты и заключения предшественников (от Андерсена и Флетта до Клооса), она опубликовала ключевую статью, в которой утверждала, что проявления жидкоподобного течения природных взвесей отвечают известному технологическому процессу, именуемому флюидизацией (Reynolds, 1954). Именно с ее подачи это понятие вошло в геологию. Появились и производные слова – флюидизат, флюидизит, флюидизационная система, и так далее. Однако, широко используя эти термины, большинство наших геологов не понимает их сущность, упорно связывая слово **флюидизация** с научным термином **флюид**. В действительности оно образовано от бытового английского слова флюид, означающего жидкий, жидкость, и этимологически отвечает понятию «ожигение». Так оно и трактуется в «Большом Англо-Русском словаре» (со ссылкой на энциклопедию «Британика»): «Флюидизация – процесс сходный с ожигением, в результате которого зернистый материал конвертируется из статичного твердо-подобного состояния в состояние текучести) под воздействием протекающего через этот порошок газа». Д. Рейнольдс также подчеркивавшей, что слово флюидизация взято ею «из технологической литературы, где им обозначаются процессы, происходящие при *продувании газа через диспергированный (размолотый) твердый материал*, частицы которого переходят во взвешенное состояние, а образующаяся суспензия обретает способность течь *подобно жид-*

кости» (там же, с. 577). Поскольку реальная жидкость при этом не образуется, наши технологи вполне обоснованно предпочитают использовать в этой ситуации слово *псевдооживление*. Именно так переводится, кстати, термин *fluidization* в большинстве специализированных англо-русских словарей – физическом, политехническом, технологическом.

Вернемся, однако, от филологии к геологии. В последние десятилетия интерес к соответствующим процессам и их продуктам настолько возрос, что появились предложения о выделении особого сообщества горных пород – класса, или даже типа флюидизитов (Голубева, 2003; Шарпенюк и др., 2005). Хотя течение псевдожидких масс подчиняется, в основном, тем же законам, что и течение жидкостей, включая расплавы, многие особенности соответствующих процессов настолько различны, что они практически не сопоставимы. К примеру, скорость подъема флюидизатных масс, выполняющих кимберлитовые трубки, несоизмеримо выше скорости течения магмы. Как установлено независимо друг от друга геологами разных стран, она варьирует в пределах 400-800 м/сек. Такие же значения получены некоторыми вулканологами для скоростей подъема «фрагментированных» лав, т. е. лав, преобразованных в капельные эмульсии – спреи (Papale, 1999). Резко различны и темпы преобразования интрузирующих масс в горные породы. Для магматических систем оно (в зависимости от температуры магмы и ее объема) может измеряться годами, тысячелетиями и даже миллионами лет. Литификация флюидизированных (псевдооживленных) масс определяется утечкой газовой фазы. При снижении внешнего давления, или прекращении глубинного притока газов, оно измеряется часами, максимум – сотнями часов. Далее, известно, что даже раскаленные флюидизатные массы не оказывают (в отличие от магм) термального воздействия на вмещающие породы. Причина в том, что теплоемкость магм, как расплавов, высокая, а теплоемкость флюидизированных систем низкая, поскольку ее определяет теплоемкость газовой фазы. Кардинально различны и многие другие особенности поведения магматических и флюидизатных систем. Тут действуют разные правила и закономерности. Это принципиально иная петрология.

Петрология флюидизатных систем не разработана, хотя необходимость этого очевидна. Горные породы и геологические тела, сформированные процессами псевдооживления, выявлены на всех континентах в составе разновозрастных комплексов – от докембрийских до современных. Масштабы проявлений флюидизации в полной мере сопоставимы с другими геологическими процессами. На долю игнимбриитов приходится около 20 % объема все вулканитов вообще. Туффизитовых диатрем выявлено уже десятки тысяч, а туффизитовых даек – на порядок больше. Интерес к таким образованиям усугубляется систематической сопряженностью с ними месторождений черных, цветных, редких и благородных металлов (Туговик, 1984). Это объясняется тем, что псевдооживление создает идеальные условия для перемешивания твердых и флюидных компонентов, обеспечивая эффективность обменных реакций и процессов замещения. Месторождения эти не являются обычно гигантами, но руды в них высокотехнологичные. Да и запасы не так уж малы – на долю рудоносных флюидизатов США приходилось в XX веке более трети мировых запасов меди. Типичными флюидизатами являются и главные источники алмаза – кимберлиты и лампроиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубева И.И. Магматогенные флюидизатно-эксплозивные образования севера Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 140 с.
2. Туговик Г.И. Флюидизатно-эксплозивные структуры и их рудоносность. М.: Наука, 1984. 192 с.
3. Шарпенюк Л.Н. и др. Флюидиты как новый тип эндогенных пород // Мат. X Всерос. Петросовещания. Апатиты, 2005. Т. 2. С. 281-283.
4. Papale P. Strain-induced magma fragmentation in explosive eruptions // Nature, 1999. V. 397. № 6718. P. 425-428.
5. Reynolds D.L. Fluidization as a geological process and its bearing on the problem of intrusive granites // Am. J. of Sci., 1954. V. 252. № 10. P. 577-614.