

## ПРИЗНАКИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭНДОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЕРХНЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ И ИХ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

С. Ю. Енгальчев

*Всероссийский научно-исследовательский геологический институт  
им. А. П. Карпинского, г. Санкт-Петербург*

*Поступила в редакцию 5 февраля 2013 г.*

**Аннотация.** В работе описаны флюидолиты, установленные в верхнедевонских отложениях на северо-западе Московской синеклизы. Приводятся результаты комплексного изучения структурно-вещественных особенностей флюидолитов и вмещающих пород с использованием современных аналитических методов. В работе доказывается, что флюидолиты, наряду с другими поисковыми признаками, могут быть использованы при поисках алмазов и других полезных ископаемых на территории Восточно-Европейской платформы.

**Ключевые слова:** флюидолиты, Московская синеклиза, металлогения плитных комплексов, алмазы.

**Abstract.** The work describes fluidolites (fluid-explosive rocks) observed in the Upper Devonian deposits in the northwestern Moscow syncline. The results of a comprehensive study of structural-material features of fluidolites and host rocks using modern analytical methods are given. The work proves that fluidolites, along with other prospecting indicators, can be used in prospecting for diamonds and other mineral resources in the East European Platform.

**Key words:** fluidolites, Moscow syncline, metallogeny of plate complexes, diamonds

### Введение

В последнее время в литературе появляется все больше публикаций, посвященных флюидно-эксплозивным образованиям (флюидолитам), в которых приводится информация об их минералогическо-петрографических и геохимических особенностях, распространении и методах их идентификации [1, 2, 3, 4 и др.]. По современным представлениям, флюидно-эксплозивные образования (флюидолиты), ранее называвшиеся туффизитами, ксенотуффизитам и др., образуются в результате взаимодействия глубинного высокотемпературного флюида с приповерхностными образованиями земной коры. Ведущим процессом их формирования является внедрение (инъекция) «расплава-флюида» в осадочную толщу и её преобразование. Флюидолиты имеют различный минеральный состав, строение и обнаруживаются в разнообразных геодинамических обстановках.

Актуальность их всестороннего исследования определяется не только необходимостью определения структурно-вещественных особенностей для последующей идентификации, но и для определения условий их образования, а также выявления

генетической или иной связи их с процессами рудообразования. Обнаружение флюидолитов в пределах определенных территорий позволяет полнее познать историю развития региона и оценить его перспективы на различные виды полезных ископаемых. Так, идентификация широких ореолов флюидолитов в основании осадочного чехла Русской плиты позволила пересмотреть мнение о стабильности фундамента этой территории и получить свидетельство вертикальной разгрузки флюидов в нижние горизонты осадочного чехла, а выявление флюидолитов на Среднем Урале по новому раскрыло проблему выявления коренных источников алмазов уральских россыпей [1, 5].

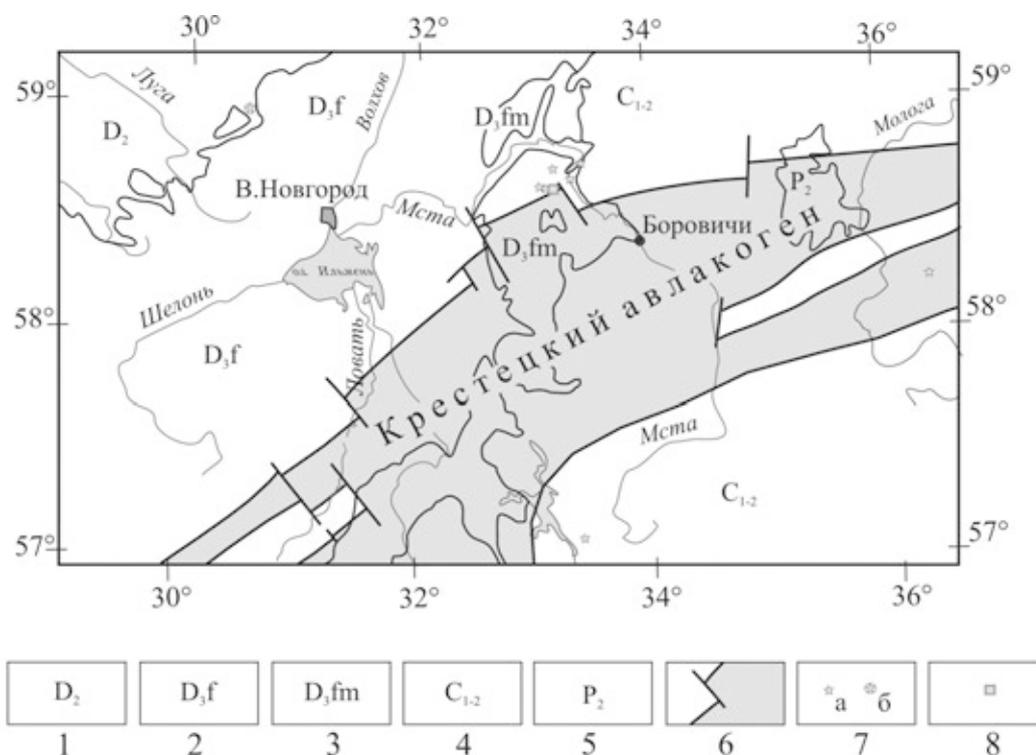
Особое место занимают находки флюидолитов в осадочных разрезах древних платформ, где как выяснилось [2, 6, 3, 4, 7], они распространены более широко, чем считалось ранее. В этой области исследования наибольшие проблемы связаны с диагностикой флюидолитов в разрезах, где они чаще всего камуфлируются под «нормальные» осадочные образования.

Настоящая статья отражает результаты изучения флюидолитов, установленных в разрезе верхнедевонских отложений в среднем течении реки Мсты у пос.Каево в Любытинском районе Новго-

родской области (рис. 1). Район исследований имеет двухъярусное геологическое строение. На кристаллическом фундаменте, представленном сложно простроенными метаморфическими комплексами архея и раннего протерозоя, залегают образования платформенного чехла, представленные толщей вендских отложений мощностью до 1,5 км. В структурном отношении район располагается в пределах северо-западного плеча Крестецкого авлакогена, выполненного рифейскими вулканогенно-осадочными образованиями. Вендские отложения перекрыты терригенными и глинисто-карбонатными толщами нижнего и среднего палеозоя. На поверхности развиты глинистые, карбонатно-глинистые образования верхнего девона (фран, фамен), а восточнее – терригенные и карбонатно-глинистые отложения нижнего и среднего карбона.

Восток Новгородской области неоднократно рассматривался как алмазоперспективная территория. На это указывают находки алмазов и их минералов-спутников (в шлихах), густота которых наиболее высока именно в этом районе (рис. 1).

Важно отметить, что столь значительное число находок алмазов является аномальным для территории северо-запада Русской плиты [8]. При шлиховом опробовании в четвертичных образованиях и современных аллювиальных отложениях, наряду с фоновыми пробами, состоящими преимущественно из окатанного материала, на отдельных участках были отобраны пробы содержащие «ксеногенные» зерна, практически лишенные следов механического износа. Зерна имеют относительно более крупный размер. Все это указывает на то, что отдельные зерна из этих проб происходят из ореолов ближнего и ближайшего сноса. В их составе преобладают разноокрашенные гранаты, циркон, рутил, сфен, монацит, перовскит, ильменит. Кроме того, в пробах диагностированы неокатанные зерна пирропов, легкоразрушаемых при транспортировке хромдиопсидов, хромшпинелидов, оливина (редко), муассанита, а также магнитные и немагнитные сферулы, микрочастицы шлаков и измененной вулканокластике. В отдельных пробах обнаружены галенит, сфалерит, пирротин, флюорит (ратовкит) и висмутин.



**Рис. 1.** Схематическая геологическая карта северо-запада Русской плиты с расположением флюидолитов и находок алмазов: 1 – отложения среднего девона, 2 – отложения верхнего девона, франкий ярус, 3 – отложения верхнего девона, фаменский ярус, 4 – отложения нижнего и среднего карбона, 5 – отложения верхней перми, 6 – границы Крестецкого авлакогена, 7 – находки алмазов в современных (а) и коренных терригенных отложениях чехла (б), 8 – проявления флюидолитов у пос. Каево

В 80<sup>ых</sup> годах прошлого века на востоке Новгородской области, в ходе буровых работ геологами ПГО «Невскгеология» (В.А.Бурневская, С.А.Скороспелкин) и Ленинградской комплексной геологической экспедиции (М.И.Попов и др.) на участке у пос. Каево в толще верхнедевонских отложений были обнаружены прослои «нетипичных брекчированных пород». Однако, полного изучения минерального и химического состава этих «нетипичных» образований выполнено не было, а керн утерян. Остались неопределенными вещественный состав и форма тел, условия формирования и др.. Все это приводило к различным трактовкам этой находки, оценки её геологической важности и значимости для поисков алмазов в районе. В 90<sup>ые</sup> годы прошлого века значительно возрос интерес к проблеме алмазоносности рассматриваемой территории со стороны частных компаний (ЗАО «Петро-даим», ООО «Мста-алмаз», «Дебирс», и др.), которыми были проведены геологические работы в этом и других районах Новгородской области. Однако, полученные ими геологические материалы до сих пор остаются недоступными для специалистов и широкой научной общественности. Данная статья посвящена ликвидации этого пробела и отражает результаты изучения структурно-вещественных особенностей флюидолитов, выявленных у пос. Каево в ВСЕГЕИ выполненного автором. Фактическим материалом для работы явился керн скважины, пробуренной у пос.Каево ПГО «Севзапгеология» в 2008 г. (Брисюк А.В.). Исследованная скважина несколько отстоит от скважин предшественников, однако, можно полагать, что она вскрывает аналогичные тела флюидолитов. Представительность материала определяется высоким выходом керна и глубиной скважины, составившей 120 м (рис. 2). В ходе исследований было проведено послойное описание керна скважины и его опробование на различные виды анализа.

### **Основные результаты**

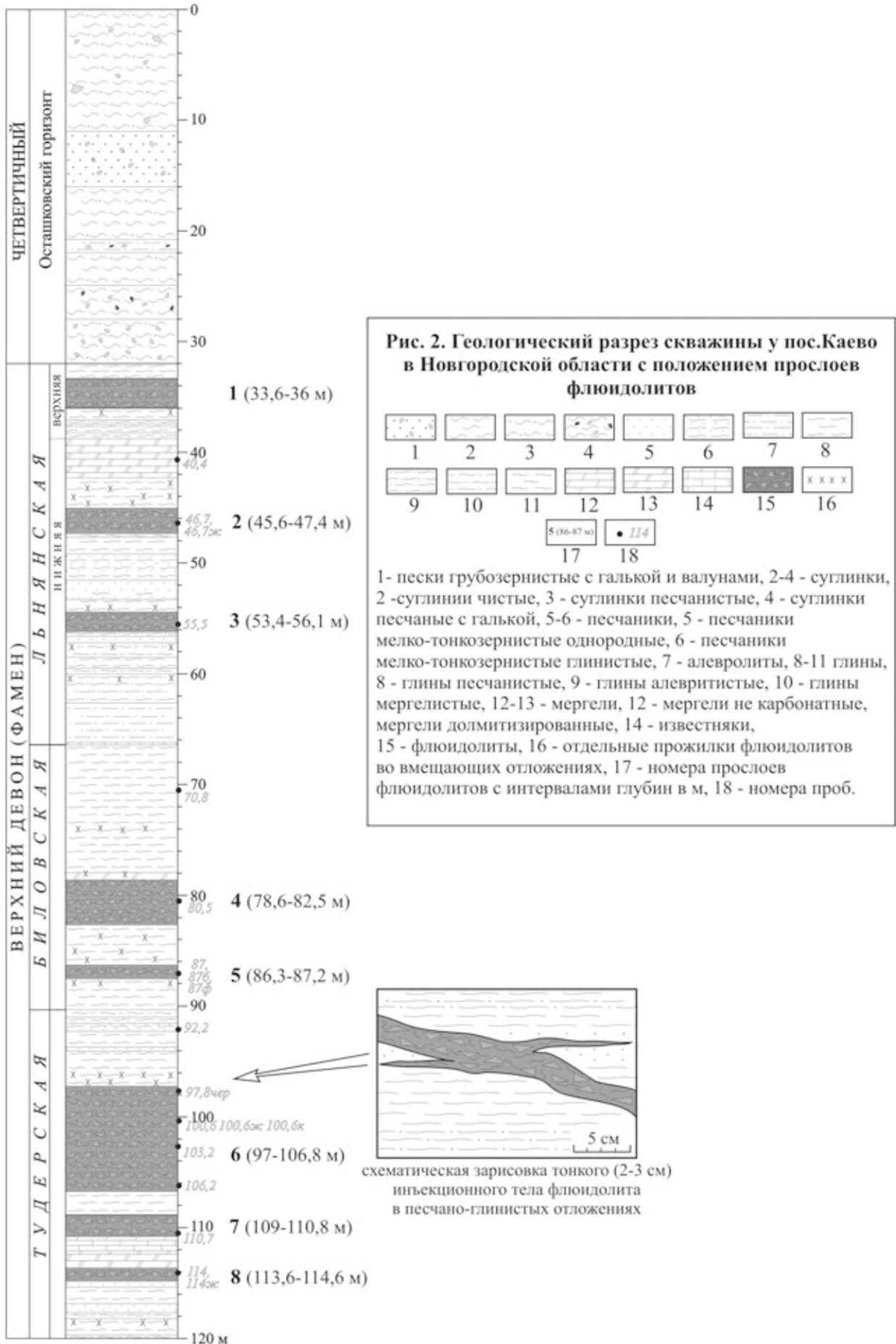
В скважине под четвертичными отложениями, представленными светло-коричневыми до бурых плотными песчанистыми суглинками, вскрыты коренные породы верхнего девона в составе льянской, билловской и тудерской свит фаменского яруса. Льянская свита представлена нижней и верхней подсвитами. Верхняя подсвита сложена темно-серыми глинистыми алевролитами и глинами, а нижняя светло-серыми и красноватыми мергелями, глинами и серыми алевролитами. Разрез нижежащей билловской свиты представлен кир-

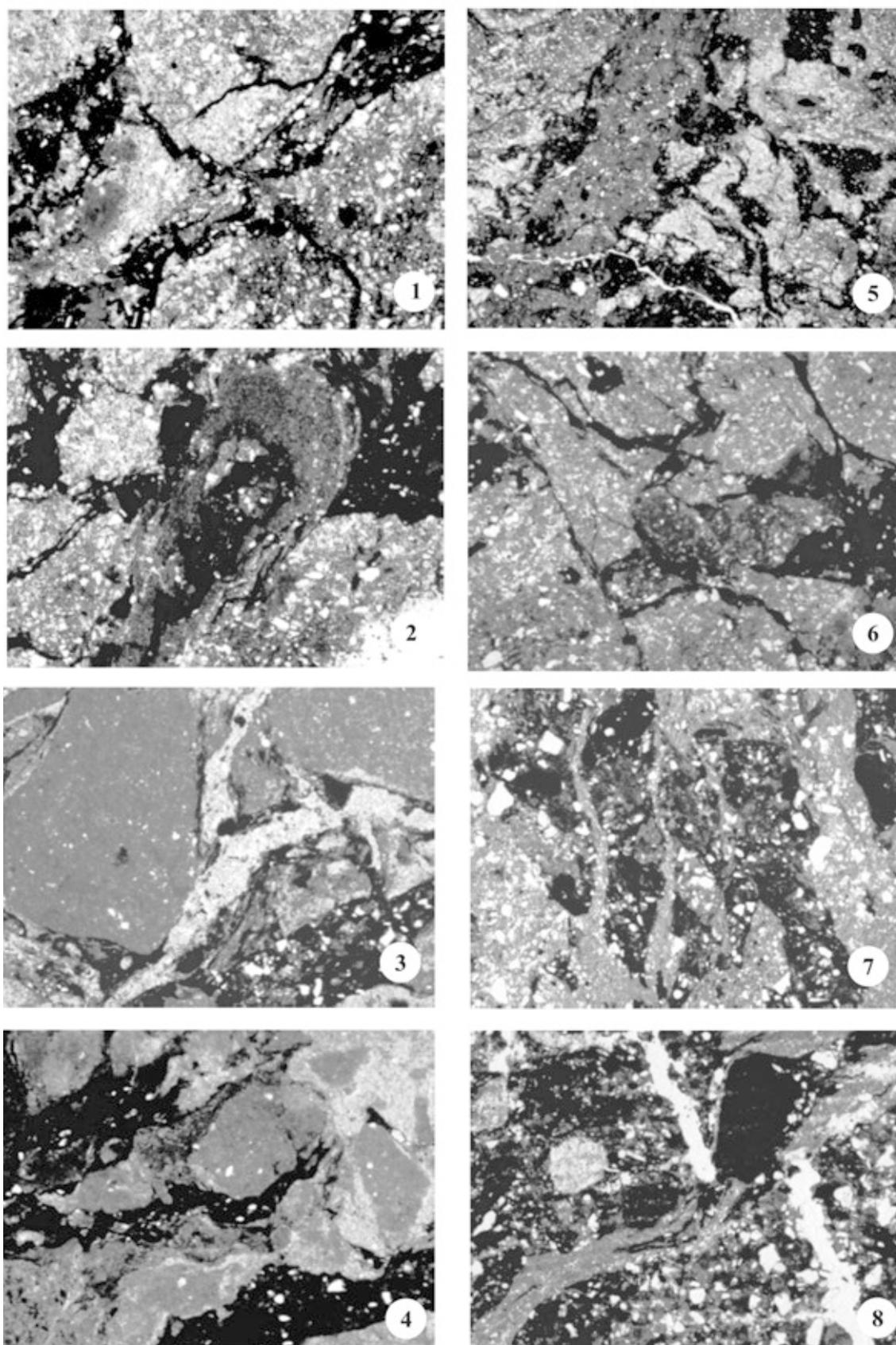
пично-красными до светло-розовых глин с редкими прослоями светло-серых мелкокристаллических известняков. Тудерская свита сложена пестроокрашенными глинами, содержащими редкие прослои алевритистых глин, серых алевролитов и тонкозернистых песчаников.

В керне скважины установлено восемь прослоев флюидолитов (рис. 2), мощность от 0,9 до 9,8 м. С глубиной мощность прослоев увеличивается. Часто в керне скважины отчетливо заметно секущее положение прослоев флюидолитов по отношению к первичной слоистости коренных пород, иногда под углом 20-30°. В керне наблюдаются многочисленные зеркала скольжения. Флюидолиты представлены безкарбонатными, реже слабо известковистыми, слабо алевритистыми глинами, окрашенными в красноватый (от розового до кирпично-красного), темно-фиолетовый или темно-коричневый цвет. Породы имеют брекчиевое сложение и пронизаны многочисленными ветвящимися, часто пересекающимися прожилками, их окраска изменяется от темно-коричневой до сиреневой, а мощностью составляет от 2–3 до 5–8 мм. В ряде случаев наблюдаются раздувы прожилков. Обычно наибольшее количество прожилков наблюдается в нижней части прослоев, сложенных флюидолитами, хотя, в целом, породы из различных частей прослоя имеют близкое строение.

В шлифах флюидолитов наблюдаются различные по толщине ветвящиеся прожилки (микропрожилки) имеющие отчетливо инъекционный характер по отношению к вмещающим породам (рис. 3). Заметно, что внедрение разжиженного материала происходило по трещинам в породах. Прожилки сложены глинистым темноокрашенным веществом, состоящим по данным рентгено-фазового анализа, из иллита (72–78%) с примесью каолинита (19–21%). В составе прожилков, как и в основной глинистой массе, наблюдаются многочисленные остроугольные обломки кварца, но в самих прожилках их содержание значительно меньше, что может указывать на их захват в процесс внедрения. На некоторых участках заметно, что инъецирующее вещество пропитывает окружающие породы. Очертания прожилков, нарушающих целостность крупных блоков пород, указывают, что на момент инъекции породы были уже достаточно уплотненными, поэтому можно заключить, что процесс инъекции флюидолитов и накопление вмещающих пород были разорваны во времени.

Минеральный состав глинистой составляющей флюидолитов и вмещающих пород, определен на





**Рис. 3.** Микрофотографии шлифов типичных флюоритов из скважин. Увеличение 5X, николи II – снимок 1, 3, 4, 7, николи X – снимок 2, 5, 6, 8. На снимках отчетливо заметен инъекционный характер прожилков

основе рентгено-фазового анализа в минералогической лаборатории ВСЕГЕИ (минералог Сапега В.Ф.). Основными минералами глинистой части флюидолитов являются иллит, каолинит, иллит-смектит, в качестве примесей присутствуют – кварц, хлорит, гетит, кальцит, альбит, полевой шпат, амфибол.

В составе вмещающих верхнедевонских глинистых отложений преобладает иллит и каолинит. Так, отложения льянской свиты сложены преимущественно иллитом (95–97%) с незначительным количеством каолинита (3%) и иллит-смектита (2–3%). Для нижележащей биловской свиты характерно преобладание иллита (59–69%), наличие каолинита (29–30%) и иллит-смектита (2–9%). Доля набухающей составляющей в иллит-смектите – 30–40%. В породах верхней части тудерской свиты, наоборот, преобладает каолинит (62%) с примесью иллита (33%), тогда как в нижней части иллит доминирует (77%) над каолинитом (21%).

Флюидолиты состоят преимущественно из иллита (70–97 %) с примесью каолинита (1–27%) и иллит-смектита (2–9%), количество набухающей составляющей в котором составляет от 10–30 %. С глубиной от прослоя к прослою количество набухающей составляющей в иллит-смектите падает с 20–30 % до 10–20 %, что может быть связано с воздействием на флюидолиты гипергенных факторов, приводящих к гидратации слюд и потери ими калия, из-за чего увеличивается содержание разбухающих промежутков и начинается их трансформация в дисперсные смешаннослойные минералы с преобладанием смектита. Наибольшее количество иллита (87–97 %) в пробах флюидолитов фиксируется в породах четвертого прослоя (рис. 2). Повышенные значения иллита установлены в нижней части всех прослоев флюидолитов. Выявить четкие отличия флюидолитов от вмещающих пород по минеральному составу достаточно сложно, однако, можно отметить, что для первых характерна повышенная доля иллита над каолинитом. Необходимо отметить, что существенно иллитовый состав имеют и флюидолиты Среднего Урала [9, 1].

Для полной вещественной характеристики флюидолитов были отобраны пробы объемом 5–27 л, которые деликатно (вручную) промывались на ситах проточной водой с целью выделения из них минеральных зерен и агрегатов. Таким же способом обогащались пробы из вмещающих отложений. В дальнейшем определялся минеральный состав отмытых зерен (минералог Грузова Е.Л. (ВСЕГЕИ)). Выход зернистой компоненты в пробах составил от 3,2 до 19,7 %. Во всех пробах были

установлены типичные терригенные минералы легкой фракции, характерные для вмещающих глинистых отложений района, такие как кварц, плагиоклаз, полевой шпат, а также альмандин, ильменит, рутил, анатаз, циркон, ставролит, дистен, биотит, гидрослюда. В пробах флюидолитов из второго прослоя был выявлен барит и гематит-баритовые агрегаты, отсутствующие во вмещающих породах, что указывает на проявление наложенных, низкотемпературных гидротермальных процессов. Также в составе флюидолитов были установлены сфалерит, галенит, пирит, монацит, корунд, гематит, кальцит, барит, эпидот, моноклинный амфибол, диопсид-геденбергит, хромдиопсид, сидерит, муассанит и магнитные сферулы.

В двух пробах из шестого прослоя флюидолитов были выявлены зерна светло-голубого муассанита (SiC) (рис. 4). Эти зерна имеют «свежий» облик, а их углы округлены (оплавлены?). На их поверхности иногда можно наблюдать округлые углубления оставшиеся, вероятнее всего, от газовых пузырьков. Их можно рассматривать как свидетельства кристаллизации муассанита из карбидного расплава содержащего газовую фазу. Наличие газовых фаз в составе муассанита говорит о высокой активности газов (CO, CH<sub>4</sub> и др.) или разложении CO<sub>2</sub> в процессе формирования флюидолитов.

В природе муассанит встречается крайне редко. Установлены четыре типичных парегенезиса муассанита [10]: 1. Метеоритный, зафиксированный в железных метеоритах (алмаз, графит, троилит, камасит, клифтонит); 2. Мантийный, свойственный кимберлитам, гипербазитам (алмаз, пироп, хромдиопсид, магнезиальный оливин, пикроильменит); 3. Коровый, присущий эффузивным породам (графит, когениит, троилит, пирротин). 4. Гидротермальный, характерный для гидротермальных месторождений золота, зон дробления, сульфидных месторождений (самородные Au, Ag, Fe, Cu, Zn, пирит, халькопирит, галенит, тетредимит).

Муассанит эпизодически встречаются в уральских флюидолитах и присутствует в шлиховых пробах, содержащих алмазы. Интересно отметить, что зерна муассанита также имеют сходные округлые (оплавленные?) очертания, а на поверхности зерен нередко фиксируются ямки от газовых пузырьков. Исследователи связывают парагенезис муассанита, корунда и стеклянных сферул в флюидолитах Среднего Урала с проявлением высокотемпературных взрывных процессов [9].

Почти во всех пробах флюидолитов исследованной скважины выявлены специфические маг-

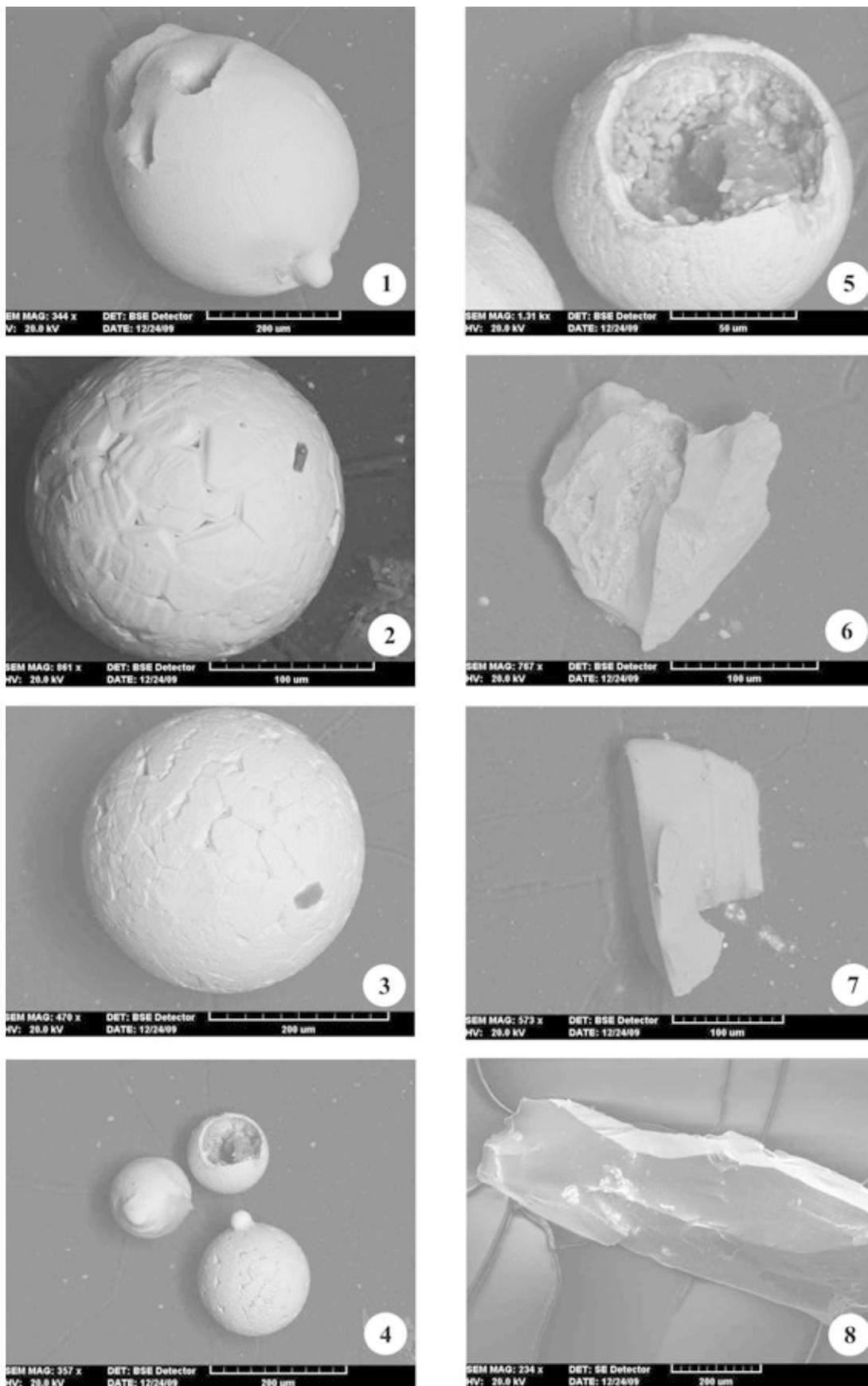


Рис. 4. Микрофотографии железистых сферул (1–5), муассанита (6, 7) и корунда (8), выделенных из проб флюидолитов

нитные сферулы (рис. 4). Они представлены идеально круглыми сферулами размером 120–400 мк, поверхность, которых покрыта специфическим геометрическим рисунком, образованным сросшимися друг с другом кристаллами. Сферулы состоят из магнетита, вюститита. Некоторые из сферул содержат «ядро» сложенное самородным железом. Такие скелетные кристаллы весьма характерны для объектов образованных при больших скоростях кристаллизации, при быстрой смене физико-химических обстановок. Такие кристаллы фиксируются в изверженных породах при соприкосновении горячих расплавов с морской водой. В данном случае условия для быстрой кристаллизации могли складываться при внедрении «горячего» флюида в обводненные отложения верхнего девона. В отдельных, «вскрытых» сферулах фиксируются полости, на поверхности которых наблюдаются поздние кристаллы кальцита (рис. 4 фото 5). В некоторых случаях на поверхности сферул фиксируются единичные мелкие (25–30 мк) шарики-сферулы чистого самородного железа, сросшиеся с более крупной сферулой (рис. 5).

Во флюидолитах первого прослоя установлены сферулы на поверхности которых наблюдаются округлые вмятины и выпуклости (рис. 4, снимок 1). Такая морфология железистых сферул указывает на менее стабильные физико-химические условия их образования. Во вмещающих верхнедевонских отложениях железистых сферул установлено не было. По данным микронзондового анализа в составе сферул преобладает железо, с примесью марганца и титана, характерных для железистых сферул из вулканических пород [11].

Природа сферул дискуссионна, а литература по ним весьма обширна. В настоящее время они установлены в кимберлитах Якутии, Тимана и Украины, в гранитоидах, липаритах, траппах Сибирской платформы, в массивах альпинотипных ультрамафитов, в вулканических отложениях (туфы, туфолавы) Камчатки и Курильских островов и в других объектах [11]. Совместно с муассанитом и рядом редких минералов, они выявлены в уральских «вишеритах» (флюидолитах), являющихся, по мнению ряда исследователей, коренными источниками алмазов [1, 9].

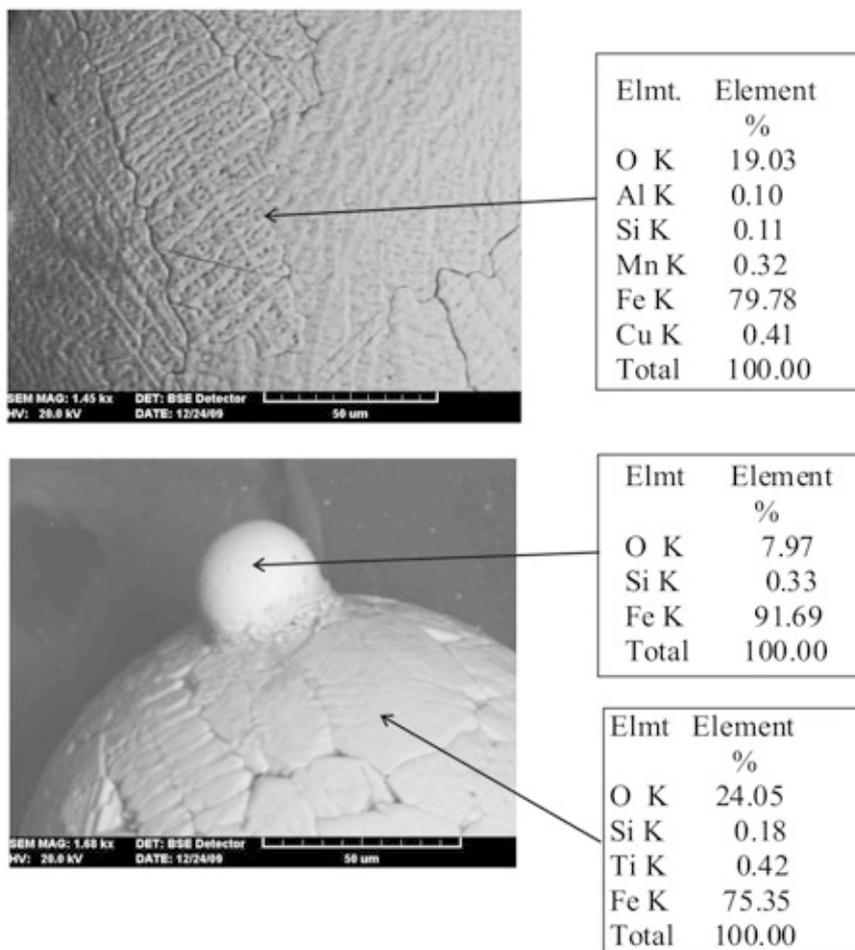


Рис. 5. Химический состав магнитных сферул, выделенных из проб флюидолитов

Обнаруженные сферулы, вероятнее всего, являются продуктами быстрой кристаллизации микропорций железистого расплава, возникшего при локальном частичном плавлении железосодержащих минералов вмещающих пород. Образование сферул, вероятно, происходило под действием горячих высокотемпературных восстановительных флюидов. Причиной резкого снижения температур и давления могла послужить декомпрессия в апикальных частях флюидной системы.

В сертифицированной лаборатории ООО «КТМ-Альянс» (г. Архангельск) с целью определения алмазности пород было выполнено Термохимическое обогащения штучных проб рассматриваемого объекта, однако, алмазов обнаружено не было.

Содержания петрогенных оксидов в составе флюидолитов и вмещающих пород приведены в таблице (табл. 1). По содержанию макрокомпонентов флюидолиты слабо отличаются от вмещающих глинистых отложений, что связано с преобладанием в их составе вещества вмещающих пород. Однако, во флюидолитах накапливается барий, хром, реже ванадий. Вверх по разрезу в составе флюидолитов увеличивается содержание марганца и бария.

В целом, флюидолиты и вмещающие породы имеют близкий состав микрокомпонентов (табл. 1). Полагая, что прожилки, наблюдаемые во флюидолитах, должны обладать определенным геохимическим своеобразием, были проанализированы пары «порода» – «прожилок». Было установлено накопление в веществе прожилков As, Be, Sr, Y, Sb, тогда как в самих флюидолитах накапливается Zr, V. Накопление циркония в породах, по сравнению с прожилками, можно объяснить присутствием в их составе обломочного циркона. По распределению REE в паре «порода» – «прожилок» наблюдается увеличение в составе прожилков содержания средних лантаноидов, часто сопровождаемое накоплением Sr, Y, Ba, Cu, Mn. Обогащение прожилков этими элементами указывает на поступление редких земель и As, Be, Sr, Y, Sb именно по прожилкам, что можно рассматривать как свидетельство глубинной природы флюидолитов. Ранее повышенные содержания Sb, As, Ba, и ряда других элементов были установлены в проявлении флюидолитов на юге Ленинградской области [3].

Близость содержаний редкоземельных элементов в составе флюидолитов и вмещающих пород, объясняется существенным участием вещества вмещающих пород в их составе. Для флюидолитов

характерны хондритнормированные спектры с повышенной долей легких лантаноидов над тяжелыми и отрицательной Eu-аномалией (рис. 6). Такое распределение в целом характерно для уральских флюидолитов [1].

Среди всех проб выделяется один спектр, который характеризуется Eu-максимумом и Ce-максимумом (рис. 6). Данная проба (C2/97,8чер) отобрана из черного прожилка (глубина 97,8 м) и резко отличается от окружающих образований повышенным содержанием Co (73,8 г/т), Cu (61,5), Sr (1050), Nb (11,2), Ba (16800), Pb (175), Mo (11,2 г/т) и MnO (0,32%). Такое распределение REE не характерно для рассматриваемой группы пород и свойственно магматическим объектам, в связи с чем, его можно рассматривать как улику присутствия наложенных глубинных процессов при формировании брекчированных уровней флюидолитов, вскрытых скважиной.

В флюидолитах и вмещающих породах методом атомной абсорбции было определено содержание золота (от 0,003 до 0,25 ppm). Оно установлено только во флюидолитах, а наиболее высокие его концентрации приурочены к их основанию, что наиболее отчетливо заметно в прослоях 4, 5 и 6. Максимальное содержание золота (0,25 г/т) приурочено к нижней части 6 прослоя. В данной связи весьма интересно отметить, что на северо-западе Русской плиты и, в частности, в Новгородской области, исследователями фиксировалось присутствие тонкого золота в четвертичных и коренных отложениях. Проблема его источника до конца не решена. Некоторые авторы предполагают поступление его не только с области сноса на этапе осадконакопления, но и за счет миграции золота с высокоминерализованными растворами по ослабленным тектоническим зонам из глубинных источников [12, 13]. Каналами для таких поступлений могут быть зоны линейной трещиноватости.

### **Обсуждение результатов**

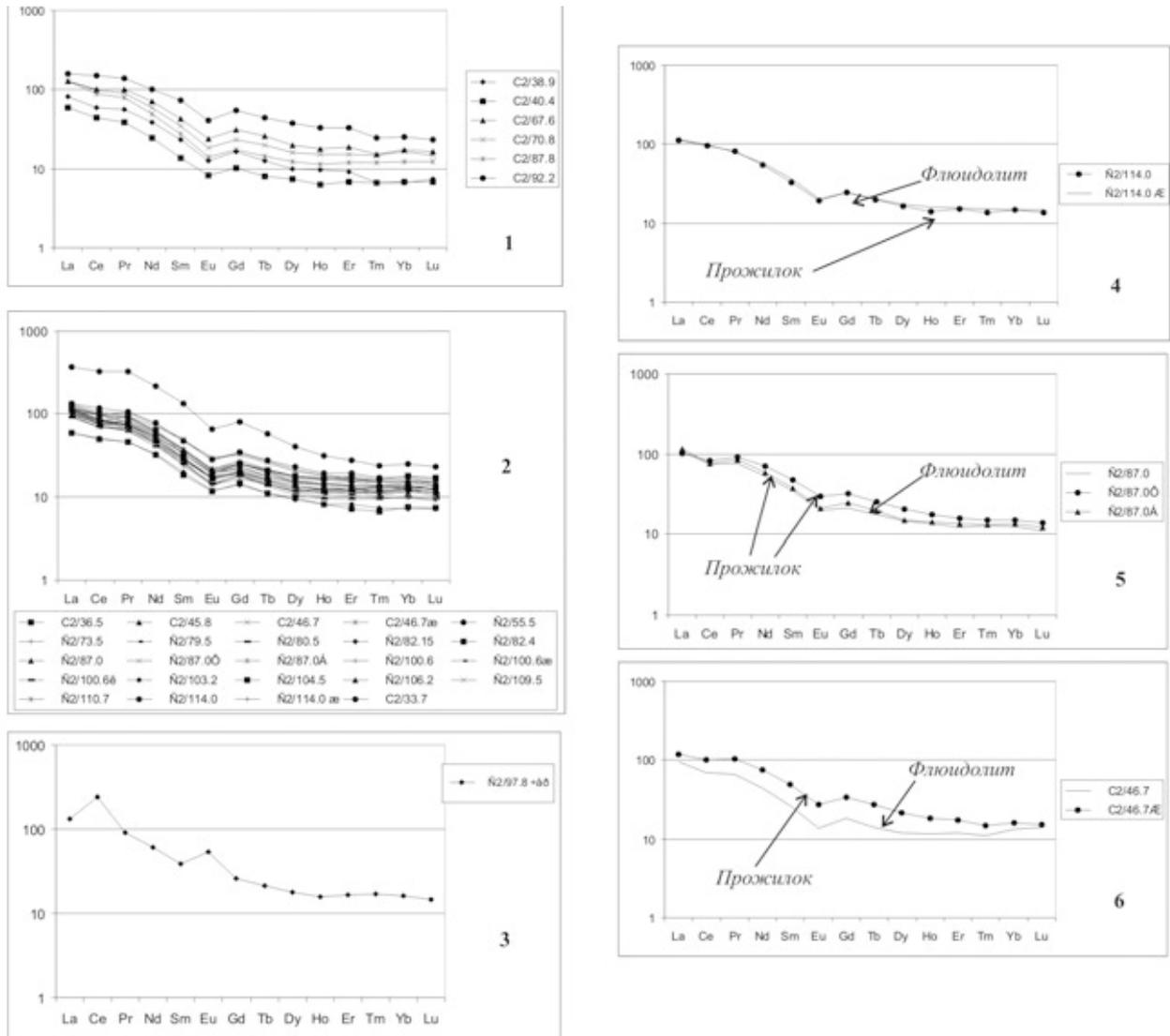
Обобщение имеющихся данных пока не позволяют определить морфологию прослоев флюидолитов у пос.Каево, однако, можно утверждать, что тела флюидолитов имеют сложное многоуровневое строение. Возможно, в данном случае мы имеем дело с системой субпластовых силлоподобных тел, морфологию которых определяют вмещающие пластичные, глинистые флюидоупорные отложения верхнего девона экранирующие субвертикальное внедрение флюида. Подобное строение имеют некоторые тела флюидолитов Среднего Урала, слагающие дайки и силлоподобные тела [1, 5, 9].

Таблица 1  
 Содержание окислов и химических элементов в составе типовых проб флюидолитов и вмещающих пород (верхний девон).  
 По данным рентгеноспектрального анализа (%) и ICP-MS (г/т)

Компоненты	Вмещающие породы					Флюидолиты						
	розовый доломитизированный мергель	красноцветная глина	розовато-желтая глина	слабоизвестковистая глина	темно-коричневая известковистая глина	палевая глина			белесая глина	белесая известковистая глина	белесая глина	
	C2/40.4	C2/70.8	C2/92.2	C2/55.5	C2/80.5	C2/97.8	C2/100.6	C2/103.2	C2/106.2	C2/110.7	C2/114.0	
SiO <sub>2</sub>	21,6	61,5	63,1	55,1	45,6	54,5	50,2	56,1	57,6	39,2	65,6	
TiO <sub>2</sub>	0,4	1,03	1,04	0,97	0,8	0,99	0,85	0,95	0,96	0,68	0,95	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,51	17,1	14,7	16,1	15,9	18,2	15,4	16,3	16	15,2	11,5	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ.	6,16	7,28	9,47	9,04	6,88	7,62	6,62	6,79	6,76	6,47	5,01	
MnO	0,38	0,07	0,1	0,12	0,1	0,32	0,13	0,1	0,09	0,15	0,09	
CaO	19,7	1,19	1,05	4,57	9,71	3,8	9,25	4,93	4,65	15,9	5,12	
MgO	11,3	1,5	1,21	1,86	3,2	1,58	1,6	1,68	1,54	1,68	1,04	
Na <sub>2</sub> O	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
K <sub>2</sub> O	2,84	4,05	3,7	4,02	3,61	4,29	3,91	4,13	4,12	3,83	3,23	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,1	0,1	0,52	0,31	0,12	0,45	0,29	0,26	0,35	0,19	0,19	
п.п.п.	29	5,97	5,04	7,89	14,1	8,18	11,7	8,63	7,95	16,7	7,27	
Сумма	100	99,7	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	3,59	7,20	9,31	8,72	6,72	7,54	6,46	6,63	6,6	6,31	4,85	
FeO %	2,31	<0,25	<0,25	0,29	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	
Rb	84,4	139	129	133	121	130	139	131	130	133	122	
Cs	2,72	4,78	4,51	4,41	4,09	4,72	4,83	4,44	4,41	4,41	3,76	
Ba%	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,09	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	
Sr	177	138	241	173	196	1050	237	173	181	282	166	
Be	1,89	1,98	2,4	1,79	1,98	2,29	2,08	1,87	1,92	2,02	1,84	
Y	19	34,2	75,5	44,2	22	35,3	28,5	32,6	36,8	22,5	34,2	
Ga	12	21,3	20,5	20,9	18,4	28,1	21	19,9	20,1	20,4	16,1	
Ge	0,9	1,69	2,53	2,21	1,8	2,05	1,45	1,54	1,74	1,42	1,74	
Cu	8,13	33,5	23,6	21	36,1	61,5	31,4	29,3	27,8	26,9	19,2	
Pb	9,83	20,2	25	17	17	175	13,8	11,6	18,3	13,3	15,7	

Окончание таблицы 1

Компоненты	Вмещающие породы				Флюидолиты							
	розовый доломитизированный мергель	красноцветная глина	розовато-желтая глина	слабоизвестковистая глина	темно-коричневая известковистая глина	палевая глина			белесая глина	белесая известковистая глина	белесая глина	
	C2/40.4	C2/70.8	C2/92.2	C2/55.5	C2/80.5	C2/97.8	C2/100.6	C2/103.2	C2/106.2	C2/110.7	C2/114.0	
Zr	59	255	328	256	90,1	217	168	173	221	81,8	390	
Hf	1,58	6,55	8,54	7,29	2,6	5,9	4,51	4,56	6,04	2	9,6	
Nb	7,31	16,3	17,3	16,4	10,4	14,7	14,5	14,1	14	11,8	17,5	
Ta	0,46	1,23	1,31	1,25	0,82	1,15	1,05	1,09	1,21	0,95	1,41	
V	51,7	86,1	90,4	73,1	65,7	203	76,9	74,4	71,7	70,4	57,3	
Cr	56,3	88,6	81,3	83,6	78,1	80,7	84,8	83,3	84,5	78,8	71,4	
Ni	43,7	39,3	36,9	42,4	40,2	40,6	46,2	39	37,7	42,7	29,7	
Co	25,1	14,8	16	15,4	14,9	73,8	17,4	16,3	15,9	16,9	13,1	
Sb	0,31	0,66	0,75	0,53	0,4	0,42	0,4	0,35	0,31	0,38	0,39	
Mo	<0,6	0,62	1,2	0,77	<0,6	11,2	<0,6	0,66	<0,6	<0,6	<0,6	
Th	5,53	14,2	15	12,7	9,83	13,1	10,3	11,7	12,6	9,99	11,8	
U	1,64	1,76	2,61	1,84	1,22	3,36	1,87	1,97	2,21	1,63	2,07	
As	3,04	4,48	6,48	5,51	2,69	3,65	3,33	2,5	3,11	2,61	2,74	
Au	<0,002	<0,002	0,011	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,038	<0,002	0,0047	
La	21,5	47,2	57,6	48,9	33,8	48	38,7	40,1	44,1	36,1	41,3	
Ce	42,3	93,5	143	112	67,3	232	78,2	82,4	93,6	71,9	91,3	
Pr	5,05	11,7	17,9	13,7	8,14	11,8	9,41	9,86	11,5	8	10,5	
Nd	17,6	42,4	72,6	54,9	28,8	43	35,3	37,8	42,8	31,1	39,3	
Sm	3,15	8,01	16,9	10,8	5,89	8,82	6,78	7,67	8,4	5,41	7,6	
Eu	0,71	1,59	3,58	2,47	1,25	4,62	1,42	1,68	1,91	1,2	1,68	
Gd	3,15	7,13	16,9	10,6	5,39	8,00	6,37	6,96	7,72	5,05	7,5	
Tb	0,46	1,14	2,55	1,59	0,78	1,23	0,94	1,07	1,25	0,82	1,14	
Dy	2,79	6,17	14,2	8,67	3,98	6,77	5,19	5,80	6,85	4,25	6,2	
Ho	0,54	1,29	2,78	1,62	0,81	1,35	1,05	1,19	1,45	0,85	1,2	
Er	1,7	3,77	8,18	4,76	2,37	4,09	3,14	3,41	4,07	2,52	3,79	
Tm	0,24	0,53	0,89	0,61	0,34	0,61	0,47	0,48	0,53	0,35	0,49	
Yb	1,68	4,03	6,22	4,29	2,49	3,99	3,24	3,41	3,71	2,4	3,68	
Lu	0,26	0,56	0,89	0,61	0,36	0,55	0,46	0,46	0,56	0,34	0,52	



**Рис. 6.** Хондрит-нормированные спектры редкоземельных элементов в пробах флюидолитов и вмещающих пород верхнего девона: 1 – вмещающие отложения верхнего девона, 2–3 – флюидолиты, 4–6 – спектры валовых проб флюидолитов и отдельных прожилков

Увеличение мощности прослоев флюидолитов с глубиной указывает на то, что исследованная скважина не вошла в основной «очаг» флюидогенерации. При этом можно допустить, что на глубине располагается тело трубообразной (конусовидной в сечении) формы, столь характерной для флюидно-эксплозивных пород [14], а наблюдаемые нами прослои флюидолитов являются лишь верхней частью флюидно-эксплозивной системы. Для получения данных о форме установленных прослоев в пространстве необходимо проведение не только специализированных геофизических исследований, но и бурения. При этом основные трудности могут быть связаны с крайне слабым отличием петрофизических свойств флюидолитов и вмещающих пород. Так, величина магнитной восприимчивости вмещающих пород составляет 0–5

до  $12 \cdot 10^{-5}$  ед. Си, флюидолитов же  $16\text{--}22 \cdot 10^{-5}$  ед. Си, а величина естественной радиоактивности составляет для вмещающих пород 19–23, а для флюидолитов 18–20 мкр/ч.

Сложно говорить об определении времени формирования рассматриваемых образований. Они могут быть связаны со среднепалеозойской ( $D_3\text{--}C_1$ ) тектоно-магматической активизацией, проявившейся на Кольском полуострове (Хибинский, Ловозерский массивы, Контозерская структура), в Архангельской области (кимберлитовые трубки Зимнебережского поля, трубки Неноксинского поля и др.) и на других территориях Восточно-Европейской платформы. Выявленные в последние годы свидетельства мезозойской (Т-Ј) тектоно-магматической активизации северной части Русской плиты [15, 16] позволяют высказать мнение о возможной

связи флюидолитов и с этой эпохой. В пользу последнего могут свидетельствовать с одной стороны, текстурные особенности самих флюидолитов, указывающие на то, что инъекция происходила в уплотненные, уже литифицированные, отложения верхнего девона и также положение флюидолитов вблизи северного борта Крестецкого авлакогена. При этом можно допускать неоднократную активизацию тектонических нарушений, к которым приурочены флюидолиты.

Находки алмазов и их минералов-спутников в разновозрастных отложениях осадочного чехла и четвертичных образованиях северо-запада Русской плиты [17, 18, 19] свидетельствуют о перспективности этой территории и, в частности, восточной части Новгородской области на алмазы. Сделанные рядом авторов прогнозы звучат весьма оптимистично, однако, заверка многочисленных магнитных аномалий, выявленных на данной площади (работы ПГО «Невскгеология»), не дала положительных результатов. Такая ситуация определяется методическими трудностями, связанными с ориентировкой на обнаружение контрастных по своим петрофизическим свойствам геологических тел (трубок взрыва) и применением малочувствительного геофизического оборудования, отсутствием районного эталонного рудного объекта, а также широким развитием смещенных малоинформативных ореолов минералов-спутников в четвертичных отложениях. В данной связи важно отметить недооценку поискового значения флюидно-эксплозивных образований. На востоке Новгородской области флюидолиты располагаются на участке сгущения находок алмазов и их минералов-спутников в четвертичных отложениях. Кроме того, отчетливо заметен структурный контроль в размещении флюидолитов на границе Крестецкого авлакогена (рис. 1). Отсутствие алмазов во флюидолитах может определяться как недостаточным объемом обогащенных проб, так и их отсутствием в породах, вскрытых скважиной, однако, наличие муассanita, сферул самородного железа, хромдиоксида и ряда других минералов в составе флюидолитов, доказывает их связь с глубинными процессами. В данном случае, мы, видимо, фиксируем только наиболее верхнюю часть системы, тогда как на соседних территориях могут быть выявлены другие проявления флюидолитов, более эродированные и, возможно, содержащие алмазы и являющиеся источниками для шлиховых ореолов. Именно к участкам размыва таких тел, вероятнее всего, и приурочены находки алмазов и их минералов-спутников. В данной связи видится целесообразным продолжение

работ в этом районе и проведение дополнительных исследований. В качестве первоочередных можно рекомендовать: 1) проведение геохимической съемки почв, почвенных вод и газов (гелий, радон, ртуть, водород), что позволит определить проявленность участка у пос. Каево в геохимических полях и использовать полученные признаки при поисках аналогичных объектов на соседних площадях; 2) проведение малоглубинных (до 500 м) сейсмических исследований для выявления геолого-структурных особенностей тел флюидолитов и их связи с рельефом дочетвертичной поверхности; 3) увеличение с глубиной мощности прослоев флюидолитов свидетельствует о том, что изученная скважина не вышла из толщи содержащей прослойки флюидолитов, в связи с чем, рекомендуется бурение скважин глубиной 300–500 м, положение, которых определится в результате проведения геофизических, геохимических и геолого-структурных исследований.

### **Заключение**

Охарактеризовано новое проявление флюидолитов в верхнедевонских отложениях северо-запада Русской плиты. Здесь, в Любытинском районе Новгородской области, у пос. Каево, в разрезе коренных отложений до глубины 120 м установлено восемь прослоев флюидолитов мощностью от 0,9 до 9,8 м. Они представлены глинистыми образованиями, контрастно выделяющимися в разрезе своей коричневатобурой до палевой окраской, брекчированным сложением и многочисленными ветвящимися и пересекающимися прожилками, пронизывающими породу. Часто отчетливо фиксируются секущие контакты флюидолитов по отношению к вмещающим породам.

Глинистая составляющая флюидолитов сложена иллитом и, в меньшей степени, каолинитом и иллит-сметитом. Обогащение проб позволило выявить в их составе свежие по облику обломки хромдиоксида, муассanita, гематит-баритовые агрегаты и многочисленные сферулы самородного железа, не характерные для вмещающих отложений. Отдельные прослои флюидолитов накапливают Ba, Co, Mo, Cr, Pb, а прожилки, по отношению к валовым пробам, обогащены As, Be, Sr, Ba, Y. Полученные результаты минералого-петрографических и геохимических исследований свидетельствуют об участии глубинных процессов в формировании рассматриваемых пород.

Расположение флюидолитов непосредственно над северной бортовой частью Крестецкого авлакогена, неоднократно активизированной на различ-

ных этапах развития территории, свидетельствует о приуроченности их к активным, флюидопроводящим зонами. Таким образом, находки флюидолитов, наряду с геолого-структурными, геофизическими, геохимическими и иными критериями, могут быть использованы при выявлении и прослеживании флюидопроводящих зон, которые на территории платформ являются потенциально перспективными на обнаружение тел алмазоносных кимберлитов (лампроитов), тонкого золота и других полезных ископаемых.

*Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам ФГУП «ВСЕГЕИ» В. Р. Вербицкому, К. Э. Якобсону, В. Ф. Сапеге и Л. И. Лукьяновой за содействие в проведении исследований.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лукьянова Л. И. Субвулканические породы Урала – возможные коренные источники алмазных россыпей / Л. И. Лукьянова [и др.] // Региональная геология и металлогения. – 2000. – № 12. – С. 134–154.
2. Якобсон К. Э. Флюидно-эксплозивные образования в осадочных комплексах / К. Э. Якобсон [и др.]. – СПб., 2008. – 38 с.
3. Енгальчев С. Ю. Геолого-геохимические особенности инъекционных жил туффзитов из среднедевонских песчаников юго-запада Ленинградской области / С. Ю. Енгальчев // Вестник СПбГУ. Сер. 7. Геология и география. – 2007. – Вып. 4. – С. 3–15.
4. Енгальчев С. Ю. Строение и генезис структуры «Бубровец» на востоке Ленинградской области / С. Ю. Енгальчев // Региональная геология и металлогения. – 2008. – № 36. – С. 40–48.
5. Рыбальченко А. М. О новом типе коренных источников алмазов на Урале / А. М. Рыбальченко [и др.] // Доклады РАН. – 1997. – Т. 353. – № 1. – С. 90–93.
6. Казак А. П. Инъекционные туффзиты в Золотицкого кимберлитового поля / А. П. Казак, К. Э. Якобсон // Очерки по геологии и полезным ископаемым Архангельской области. – Архангельск. – 2000. – С. 103–114.
7. Афанасов М. Н. Перспектива алмазоносности Карельского перешейка (Западное Приладожье) / М. Н. Афанасов, В. А. Николаев // Региональная геология и металлогения. – Санкт-Петербург. – 2003. – № 8. – С. 116–121.
8. Панова Е. Г. О находке алмазов в среднем течении р. Мста (Новгородская область) / Е. Г. Панова, А. П. Казак // Зап. Всерос. минерал. о-ва. – 2002. – № 1. – С. 45–47.
9. Чайковский И. И. Петрология и минералогия интрузивных алмазоносных пирокластитов Вишерского Урала / И. И. Чайковский. – Пермь : Перм. ун-т, 2001. – 324 с.
10. Ляхович В. В. О генезисе акцессорного муассонита / В. В. Ляхович // Известия АН СССР. Серия: Геол. – 1979. – № 4. – С. 63–74.
11. Сандимирова Е. И. Магнитные сферулы из вулканогенных пород Курильских островов и Южной Камчатки / Е. И. Сандимирова, С. Ф. Главатских, С. Н. Рычагов // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – Петропавловск-Камчатский : КГПУ, 2003. – № 1. – С. 135–140.
12. Мигачев И. Ф. Перспективы золотоносности Восточно-Европейской платформы / И. Ф. Мигачев, С. С. Калиниченко, А. И. Романчук // Отечественная геология. – 1995. – № 3. – С. 53–57.
13. Матвеева Е. В. Экзогенная золотоносность северо-востока Русской платформы: предпосылки освоения / Е. В. Матвеева [и др.] // Руды и металлы. – 2002. – № 4. – С. 16–26.
14. Туговик Г. И. Флюидно-эксплозивные структуры и их рудоносность / Г. И. Туговик. – М. : Наука, 1984. – 193 с.
15. Труфанов А. И. Первая находка раннемезозойских щелочных ультраосновных магматических пород на севере Русской плиты / А. И. Труфанов, В. Л. Масайтис // Региональная геология и металлогения. – 2007. – № 30–31. – С. 30–34.
16. Буслович А. Л. О мезозойской тектонической и магматической активизации севера Московской синеклизы (в пределах Вологодской области) / А. Л. Буслович // Геология и минеральные ресурсы Вологодской области : сборник науч. трудов. – Вологда : ВГПУ ; Русь, 2000. – С. 72–79.
17. Михайлов М. В. Перспективы обнаружения на Русской платформе новых среднепалеозойских месторождений алмазов / М. В. Михайлов [и др.] // Региональная металлогения и металлогения. – 2000. – № 12. – С. 158–177.
18. Ваганов В. И. Центральная часть Восточно-Европейской платформы – новая алмазоперспективная территория / В. И. Ваганов [и др.] // Руды и металлы. – 1996. – № 2. – С. 10–17.
19. Константиновский А. А. К проблеме алмазоносности северо-западной части Русской плиты / А. А. Константиновский, Т. Е. Щербакова // Литология и полезные ископаемые. – 1998. – № 3. – С. 258–267.

ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург  
С. Ю. Енгальчев, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник  
Тел. (812) 328-91-56  
sleng2005@mail.ru

A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (FGUP "VSEGEI"), St. Petersburg  
S. Yu. Engalychev, Candidate of Geological and Mineralogical sciences senior scientific worker  
Tel. (812) 328-91-56  
sleng2005@mail.ru