



леты крупных губок, лопасти которых достигали длины 100–130 мм и высоты до 90–170 мм, известны только по фрагментам. Скелеты губок и их фрагменты в разной степени фосфатизированы. Автохтонные захоронения единичных представителей рода известны в мелу и в мергелях, когда их скелеты обычно замещены гидроокислами железа. В этом случае идентификация фоссилий на видовом уровне невозможна. На скелетах погибших губок, на поверхностях лопастей селились двустворчатые моллюски и черви, известны следы сверления, возможно, клионид.

Геохронологический диапазон. Представители рода известны на западе Европы с альба и по эоцен [6]. На Русской плите и прилегающих южнее территориях *Guettardiscyphia* известны из пород среднего сеномана, турона, коньяка, сантона, кампана и маастрихта. Проблематичные фрагменты лопастей известны из палеоцена. Наибольшее видовое разнообразие и максимальное количественное представительство характерно для сантонского века, заметны они в составе спонгиокомплексов среднего сеномана и маастрихта. Это транзитные формы, что особенно характерно на примере *G. trilobata* и *G. stellata*, и для целей биостратиграфии они принципиального значения не имеют.

Ареал. Европейская палеогеографическая область и северные окраины Средиземноморской области.

Автор искренне благодарен коллегам В. Б. Сельцеру и Е. О. Котелевскому за предоставленные образцы и выполненные фотографии.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части (государственная регистрация № 1140304447, код проекта 1582).

УДК [553.24.065:553.98](571.1)

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОРОДАХ ФУНДАМЕНТА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

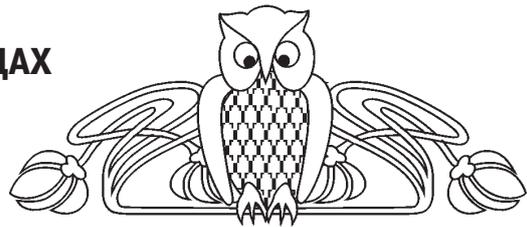
Я. А. Рихтер

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского
E-mail: tyr2760@yahoo.com

На примере Пальяновского нефтяного месторождения Краснотенского свода показано, что в породах палеозойского фундамента широко развиты проявления локального катаклаза и пневматолито-гидротермального метасоматоза. Впервые установлены самые ранние признаки активности глубинного флюида – на этапе насыщения им гранитов и начального диффузного выщелачивания полевых шпатов. На переходе к

Библиографический список

1. Первушов Е. М. Позднемеловые скелетные гексактинеллиды России. Морфология и уровни организации. Семейство Ventriculitidae (Phillips, 1875), partim; семейство Coeloptychiidae Goldfuss, 1833 – (Lychniscosa); семейство Leptophragmidae (Goldfuss, 1833) – (Hexactinosa). Саратов : Научная книга, 2002. 274 с.
2. Первушов Е. М. Транситорный уровень модульной организации позднемеловых гексактинеллид // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2015. Т. 15, вып. 1. С. 61–71.
3. Первушов Е. М. Унитарный уровень модульной организации позднемеловых гексактинеллид // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2015. Т. 15, вып. 2. С. 47–55.
4. Первушов Е. М. Колониальный уровень модульной организации позднемеловых гексактинеллид (Porifera). Настоящие колонии // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2014. Т. 14, вып. 1. С. 61–70.
5. Первушов Е. М. Род *Guettardiscyphia* Mantell, 1822 // Вопросы палеонтологии и стратиграфии. Нов. сер. Саратов : Колледж, 1998. Вып. 1. С. 4–19.
6. Frisone V., Pisera A., Preto N. A highly diverse siliceous sponge fauna (Porifera : Hexactinellida, Demospongiae) from the Eocene of north-eastern Italy : systematics and palaeoecology // J. of Systematic Palaeontology. 2016. S. 1–54.
7. Smith T. On the Ventriculitidae of the Chalk their classification // Ann. and Mag. Nat. Hist. Ser. 2. Vol. I. 1848. P. 352–372.
8. Крацов А. Г. Винтообразные губки из маастрихта Горного Крыма // Палеонтол. журн. 1968. № 3. С. 124–127.
9. Первушов Е. М. Проявления почкования среди позднемеловых скелетных губок – гексактинеллид // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2010. Т. 10, вып. 1. С. 51–64.
10. Первушов Е. М. Регенерационные возможности позднемеловых гексактинеллид (Porifera, Hexactinellida) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 1. С. 29–37.



инфильтрационному процессу это струйно-поточковые фибробластовые структуры, образованные за счет резорбции биотита и плагиоклаза ассоциацией амфибола и скаполита. На гидротермальном этапе широко проявляются дробление и катаклаз с переходом к пластическим деформациям течения милонитового матрикса. Типичные ассоциации – кварц, калишпат и серицит, с карбонатами, сульфидами и нефтяными битумами.

Ключевые слова: граниты, катаклаз, пневматолито-гидротермальный метасоматоз, флюид, минеральные ассоциации, нефтяные битумы.



Hydrothermal Processes in Basement Rocks of the West Siberian Oil and Gas Province

Ya.A. Richter

Using Palyanovskoye oil field of Krasnoleninsk arch we demonstrated that local cataclasis and pneumatolytic-hydrothermal metasomatism manifestations are widespread in the Paleozoic basement rocks. For the first time the earliest indications of deep fluid activity were detected – at the stage of granite deep fluid saturation and primary diffuse leaching of feldspars. During transition to the infiltration process, they comprise jet-stream fibroblast structures formed due to biotite and plagioclase resorption by amphibole and scapolite association. At the hydrothermal stage, crushing and cataclasis transitioning to plastic deformations of the mylonite matrix flow widely occur. Typical associations – quartz, K-feldspar and sericite, with carbonates, sulfides and oil bitumen.

Key words: granite, cataclasis, pneumatolytic-hydrothermal metasomatism, fluid, mineral associations, oil bitumen.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-2-116-126

В последние десятилетия все большее внимание уделяется изучению гидротермальных изменений в нефтегазоносных породах коллекторов осадочного чехла Западно-Сибирской плиты [1–6]. В гораздо меньшей степени внимание исследователей привлекают проблемы изучения глубоких недр плиты в связи с возможной их нефтегазоносностью, хотя эти проблемы и ставятся [7]. В последнее время интерес к этим проблемам явно возрос и появляются первые новые результаты [8]. Однако актуальность решения этой трудной задачи становится все более очевидной, так как возможности открытия новых крупных месторождений нефти и газа в известных уже интервалах осадочного чехла неуклонно сокращаются по мере освоения выявленных перспективных площадей. Это критическое положение, помимо прочих причин, вызвано кризисом классической нефтяной науки в области прогнозов и поисков новых месторождений, когда выработанные ею критерии, методы и рекомендации обнаруживают свою несостоятельность при соприкосновении с новыми фактами геологической практики. Новые открытия указывают и новые пути решения общей проблемы: поиски новых («нетрадиционных») типов структур и коллекторов в осадочных комплексах с помощью новых средств и методов, обращение к глубоким недрам, в первую очередь к верхам консолидированной земной коры (так называемому кристаллическому фундаменту) с целью обнаружения признаков нефте- и газоносности и затем возможных скоплений УВ на достижимых глубинах.

Очевидно, что без серьезного изучения петрографии, минерального состава и геохимических особенностей горных пород фундамента здесь не обойтись, ведь только эти данные позволят разобраться в сложных проблемах геохимии глубинных эндогенных процессов в недрах земной коры. К числу таких проблем относятся исследования

физико-химической среды протекания гидротермальных и флюидо-гидротермальных процессов, условий смены их режимов при формировании геохимической зональности. Результаты этих исследований позволят выявить зоны разуплотнения и формирования повышенных значений фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) в породах фундамента, благоприятных для создания новых типов коллекторов, а также установить возможные пути перемещения флюидо-растворов.

Ниже рассматриваются некоторые предварительные результаты минералого-петрографических исследований горных пород из палеозойского фундамента Пальяновского месторождения на Краснolenинском свде. Эти исследования проводились дополнительно и одновременно с изучением керн пород коллекторов баженовской и абалакской свит в пределах Пальяновской площади с целью обоснования их генезиса и прогноза ФЕС по договору с ООО «Газпромнефть». Для этого был отобран керн ряда скважин, достигших фундамента: 130, 138, 153, 158, 600, 611, всего 26 образцов, соответствующих глубинам от 2414 до 2934 метров. По отдельным скважинам интервал отбора образцов составлял около 15–60 м. В лаборатории СГУ были изготовлены петрографические шлифы, детальное описание которых произведено автором. Использовался микроскоп Carl Zeiss Axio Scope 40 с системой визуализации AxioCam Mrc5 и программным приложением Axiovision.

Как известно, условия протекания гидротермальных процессов определяются свойствами самих горных пород, степенью и характером их тектонической «подготовленности» и, конечно, составом, химической активностью и энергией гидротермального флюида. Мы не внедряемся здесь в проблемы термодинамики взаимодействия гидротермального флюида и горных пород, не обсуждаем вопросов о его происхождении и источниках. Лишь в какой-то мере мы коснемся значения диффузии и инфильтрации флюида в формировании выявленных гидротермальных изменений и покажем, насколько велика была роль активного флюида в формировании путей своего продвижения и в преобразовании среды.

О тектонической «проработке» пород свидетельствуют широко (почти повсеместно) распространенные проявления катаклаза и брекчирования кристаллических пород палеозойского фундамента. Отчетливо они наблюдались в гранитах и гнейсах. Эти породы превращены в катаклазиты и иногда в милониты. Все они в той или иной степени были гидротермально изменены, причем в зонах наиболее интенсивного катаклаза. Кроме того, на распределении и степени проявления гидротермальных изменений сказываются первичные текстуры и другие признаки анизотропии пород. Все же их значение несравнимо с результатами воздействия явно наложенных тектонических напряжений.



Проявления тектонической «проработки» оказались широко распространенными в виде катакластических структур дробления, милонитизации и развальцевания плотных кристаллических пород в локальных зонах, занимавших, по-видимому, значительные объемы в верхах земной коры. В первую очередь, это характерно для широко представленных в фундаменте гранитов, принадлежащих Красноленинскому интрузивному массиву. Вновь образованные породы характеризуются разрушением структуры первоначального матрикса и некоторым его разуплотнением, а также последующими гидротермально-метасоматическими изменениями. В современном понимании это породы, сформированные в фациальных обстановках локального регрессивного метаморфизма под непосредственным давлением со стороны флюида в зонах дробления и перекристаллизации исходных пород. Впервые они были выделены в качестве специфической группы под названием тектонитов Ф. А. Летниковым (1986 г.).

В пределах изученной части Пальяновского месторождения в составе кристаллического фундамента преобладают граниты и гранитогнейсы, в меньшей степени представлены кристаллические сланцы и еще более редки серпентиниты. Все они оказались в той или иной степени переработанными и преобразованными флюидо-динамическими процессами и могут рассматриваться как тектониты. Здесь остается вопрос: что было определяющим при этом (и может быть, более ранним) – механические преобразования (катаклаз) или действие самого флюида? Вопрос кажется несколько формальным, однако у него есть два возможных ответа. Один достаточно традиционный – сначала проявился тектоногенез, затем флюид. Другой менее очевидный – с самого начала это был высоконапорный флюид как носитель энергии и причина катаклаза. Тогда теряет смысл традиционный хронологический подход («раньше – позже»), а также обязательная связь с общим ходом метаморфического процесса в классических схемах (как это представлено у Ф. А. Летникова). В нашем случае это могут быть вполне отдаленные по времени эпигенетические преобразования пород фундамента. У нас есть наблюдения, позволяющие подтвердить реальность второго предположения.

В гранитах особенно широко проявляются дробление и катаклаз благодаря развитию хрупких деформаций в зернах кварца, составляющих до 30–35% и более объема породы. В предельных случаях мы видим разнообразные примеры перехода к пластическим деформациям течения новообразованного милонитового матрикса, в котором исчезают прежние полевые шпаты и биотит, преобладают раздробленный «гранитный» кварц и новообразованный кварц, появляется мусковит (серицит) и иногда новый калишпат. Ясно, что эти минеральные изменения могли происходить в ходе кремнещелочного метасоматоза с участием

химически активного флюида. Однако чаще всего мы видим в шлифах начальные и промежуточные стадии катаклаза и сопутствующих гидротермально-метасоматических изменений. Мы не можем сказать, к какой части локальной тектонической зоны относятся взятые образцы керна, и поэтому описываем их последовательно по мере развития изменений и появления новых минеральных ассоциаций в целом во всех породах.

На начальной стадии катаклаза гранитоидные породы приобретают брекчиевидную, иногда нечеткую пятнистую обломковидную текстуру благодаря распадению вдоль трещин на блоковидные угловатые фрагменты размером от долей до нескольких сантиметров. Нередко своим удлинением они согласно ориентированы в одном направлении. Такие текстуры обнаруживаются уже при описании образцов керна, где становятся заметны очертания обломков кварца и полевых шпатов благодаря более светлому тону их зеленовато-серой окраски по сравнению с окружающей «цементирующей» массой. Следует отметить, что вообще темные зеленоватые тона свойственны породам фундамента, в том числе и гранитам. Это подчас делает их практически неузнаваемыми, так как их текстуры и структуры маскируются достаточно интенсивными по своей плотности окрасками (явно вторичными, вызванными гидротермальными изменениями и, возможно, присутствием битума).

Под микроскопом в гранитоидных породах устанавливается (нередко в одном шлифе) сложное сочетание разновременных и явно синхронных минеральных ассоциаций и деформаций, перекрывающих или пересекающих друг друга. Мы различаем минеральные ассоциации двух этапов – пневматолитогидротермального и собственно гидротермального, в целом сменяющих друг друга по мере развития процесса. Их соотношения с деформациями также меняются и становятся все более очевидными на поздних стадиях гидротермального этапа. Среди гранитоидов установлены породы, испытавшие изменения на всех этапах и стадиях процесса. Эти изменения выражены в различной степени, но их появление и развитие весьма показательны. Некоторые граниты еще сохраняют признаки первоначальных изменений, связанных с объемной диффузией флюида в кристаллах гранита (в первую очередь, плагиоклаза) и с началом струйной инфильтрации вдоль швов кристаллобласт и других ослабленных проницаемых зон. На других участках в них обнаруживаются полно выраженные признаки воздействия потоков флюида в ходе его инфильтрации.

Диффузное проникновение флюида, возможно, одновременное с инфильтрационным флюидным процессом на соседних участках или даже вызванное им, облегчалось дислокациями кристаллов полевых шпатов вдоль трещинок спайности. Это подтверждается следами проработки плагиоклазов и калинатовых полевых шпатов



по системе трещинок спайности в виде слабывраженных, почти прямоугольно расположенных зонков, содержащих мельчайшие листочки слюды, отдельные кристаллики скаполита, иногда также частицы гематита (приложение, рисунок, а).

Однако чаще мы видим локальные проявления калишпатизации (в виде «очагов» и «каналов», заложенных вдоль трещинок дробления в кристаллах плагиоклазов и образованных калишпатом (адуляром) с кварцем и мусковитом. Но еще до начала катаклаза в гранитах, чаще на границах зерен полевых шпатов, а также внутри них появляются овально-изометричные зонки и «пятнышки» нечетких очертаний микрозернистого строения, сложенные кварцем, калишпатом и мусковитом. На границах кристаллов плагиоклаза (альбит-олигоклаз и олигоклаз) с ортоклазом и микроклином появляются участки мирмекита, образованные свежим калишпатом (адуляром) и вростками кварца, развивающимися по плагиоклазу. Возможно, их следует рассматривать как очаги начавшегося процесса, инициированного потоком флюида.

На одном из участков гранита в шлифе 153-15-2 (приложение, рисунок, б) обнаружено уникальное проявление инфильтрационной активности гидротермального флюида, использовавшего первые микротрещинки дробления. В пределах небольшого кристалла плагиоклаза (включения в ортоклазе) наблюдаются многочисленные мелкие идиоморфные кристаллики скаполита. Замечательно, что их нет рядом в ортоклазе за исключением одной зонки дробления, «входящей» во включение плагиоклаза и занятой свежим калишпатом (адуляром). Эта зонка, очевидно, служила каналом, проводящим флюид внутрь включения плагиоклаза, где происходила его скаполитизация и частичное выщелачивание, что подтверждается появлением скаполита вне плагиоклаза только внутри зонки дробления. Кроме скаполита, во включении плагиоклаза отмечены в небольшом числе мелкие листочки мусковита и отдельные пластинки гематита. Такие же зонки калишпата встречаются в том же крупном кристалле ортоклаза, но они не содержат скаполита и не пересекают плагиоклаза.

В этих же гранитах встречаются четко выраженные своеобразные микроструктуры и минеральные изменения, вызванные пневматолито-гидротермальным процессом под воздействием проникающего флюидного потока. Следы активного воздействия флюида сохранились в виде наложенных фибробластовых структур, рисунки которых напоминают вихри и струи потоков. Струйно-потоковые структуры пронизывают минералы гранита и образуют на отдельных участках вихреобразные клубки (приложение, рисунок, в). На площади шлифа около 4 кв. см насчитывается до 10 фрагментов струйно-потоковых образований, имеющих поперечные размеры 0,08–0,50 мм. На их периферии проявляются

адуляризация (калишпатизация) и окварцевание, появляются участки мирмекита в плагиоклазе. Такие вихревые и струйно-потоковые структуры обусловлены развитием тонких игольчато-удлиненных стебельчатых микролитов амфибола, их согласно ориентированным параллельным расположением. Величина микролитов в длину составляет 0,05–0,10 мм. В проходящем свете амфибол в микролитах почти бесцветен, слабоголубоватый. Оптическая ориентировка характеризуется в большинстве случаев отрицательным удлинением (Np/c), двупреломлением $ng-np=0,012-0,016$ и косым погасанием $np/c=14-17^\circ$. Скорее всего, это актинолит.

Вторым минералом, участвующим в этих «потоках», является скаполит. Он становится заметен, когда его «струи» выходят из-под амфиболового «потока» на участках его затухания, и тогда видно, что его микролиты (величиной 0,015–0,050 мм) имеют более короткопризматический, иногда таблитчато-тетрагональный габитус, бесцветны и прозрачны (приложение, рисунок, г). Изредка встречаются более крупные призматические выделения сросшихся зерен, выступающих из-под фибробластового агрегата амфибола. Рельеф этих зерен довольно заметный, но показатели преломления на контактах с кварцем в некоторых направлениях оказываются близки к таковому у последнего, иногда – чуть ниже. В проходящем свете отмечается характерное мозаично-пятнистое распределение окраски в голубовато-розовых тонах. Двупреломление (n_o-n_e) низкое, около 0,005–0,006. Погасание относительно трещинок спайности и в целом для удлиненных призм прямое. Поперечные сечения призм тетрагональные, часто ромбовидные в косых сечениях.

Оказавшиеся на пути этих потоков и струй кристаллы биотита резорбируются и замещаются адуляром и кварцем, пронизанными многочисленными игловидными микролитами амфибола (см. фото 4). Это свидетельствует о реакции флюида с биотитом, в результате которой калий из биотита переходит во флюид, а остальные компоненты биотита выпадают в виде амфибола. Видны замечательные картины различных стадий диссоциации биотита и перехода в «клубы», густо насыщенные игловидными микролитами амфибола. Такие эффекты возможны при сквозном инфильтрационном движении флюида через породу. Они вызваны самыми ранними изменениями, обусловленными выщелачиванием флюидом плагиоклаза и диссоциацией биотита. Важно также, что они не сопровождаются сколько-нибудь заметным катаклизмом и не контролируются трещинными дислокациями. В тех случаях, когда такие дислокации наблюдаются в том же шлифе, они явно имеют более поздний наложенный характер.

Следующая группа гранитоидов объединяет породы, в той или иной степени затронутые катаклизмом и гидротермальными изменениями. Наиболее ранние из этих изменений синхронны



катаклизическим деформациям, другие следуют за самыми последними посткатаклизическими дислокациями. По степени проявления деформаций выделяются гранитоиды слабокатаклизированные, с признаками начального гидротермального изменения (приложение, рисунок, *д*), затем гранитоиды, подвергшиеся интенсивному катаклазу (милонитизации) и гидротермальному метасоматозу с образованием нового апомилонитового матрикса кварц-полевошпатового или существенно кварцевого (с мусковитом) состава (приложение, рисунок, *е*), и, наконец, катаклизиты по гранитоидам, с фрагментами реликтовых гранитных структур и минералов среди новообразованного апомилонитового матрикса и участками развития гранобластового кварца, сферокристаллами карбоната (приложение, рисунок, *ж*, *з*).

К ним примыкают гидротермальные метасоматиты по гранитам с широко развитыми ассоциациями серицита и кварца, мусковита, калишпата и кварца, мусковита и кварца. По-существу, они близки, если не идентичны, вторичным кварцитам и серицито-кварцевым породам типичных колчеданных и меднопорфировых месторождений (правда, возникшим по другим исходным породам).

Начиная с интенсивно катаклизированных пород, во все большей степени проявляются наложенные гидротермальные изменения в виде зональных и не зональных зон выполнения трещин (кварц, карбонаты, битумы) и сети тонких прожилков по трещинкам позднего дробления (сульфиды, битумы). Однако здесь следует заметить, что такие же поздние гидротермальные проявления встречаются и в гранитах, не подвергшихся катаклазу, например в породах фундамента, вскрытых скв. 153 и испытавших до этого лишь пневматолитовый процесс (приложение, рисунок, *и*).

Следовательно, самые поздние гидротермальные процессы уже в меньшей степени зависели от предшествующих дислокаций и проходили в достаточно гетерогенной хрупкой среде, потерявшей пластичность в связи с переходом на режим низкотемпературной гидротермальной системы. При этом проницаемость среды теперь определялась возможностями локального трещинообразования на участках наиболее интенсивного преобразования (катаклаза и гидротермально-метасоматического окварцевания).

В гранитогнейсах, плаггиогнейсах и кристаллических сланцах Пальяновского месторождения проявлены однотипные деформации и минеральные изменения. Отметим здесь лишь весьма показательные примеры, дополняющие картину. Особенно интересны образцы биотитовых плаггиогнейсов из скв. 611, где на фоне знакомых нам по гранитам проявлений катаклаза и гидротермальных изменений гранитогнейсов отчетливо выражены более глубокие преобразования. На участках преобладания биотита они превращены

в скаполит-хлоритовые метасоматиты с кристаллообластами апатита, струйно распределенными микровключениями рутила, брукита (?) и сульфидов. Кристаллообласты плагиоклаза заметно скаполитизированы и карбонатизированы, биотит почти полностью хлоритизирован. По-видимому, здесь сказались текстурно-вещественные особенности породы, оказавшиеся благоприятными для продвижения гидротермального флюида.

Другой образец гнейса, взятый на забое скв. 611 (на глубине 2444,4 м, в 13,4 м ниже), по существу, также представляет собой метасоматит, но другого, мусковит-кварцевого состава, отражающего более позднюю стадию процесса. Метасоматит имеет полосчатое зональное строение, обусловленное чередованием полос, существенно слюдистых и почти чисто кварцевых. Среди первых находятся новообразованные участки («ядра») микрозернистого опаловидного кварца, окруженного карбонатом и бурым облаковидным битумом (приложение, рисунок, *к*).

Битумы в кристаллическом фундаменте наблюдались неоднократно в тектонитах по различным горным породам – гранитам, гнейсам и кристаллическим сланцам. Их проявления, как правило, связаны с самыми поздними гидротермальными ассоциациями, представленными карбонатами и сульфидами.

Таким образом, для пород палеозойского фундамента установлены следующие минеральные ассоциации, отражающие смену термодинамических условий и фациальных обстановок формирования тектонитов:

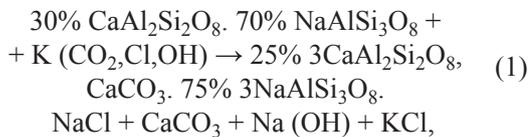
- Актинолит + скаполит (по биотиту и плагиоклазу) – струйно-поточковые образования;
- Калишпат + кварц (+скаполит и мусковит) по плагиоклазу → мирмекит и адуляризация плагиоклаза;
- Хлорит (по биотиту), скаполит и серицит по плагиоклазу – метасоматиты по биотит-плагиоклазовым гнейсам;
- Кварц + калишпат + серицит – апомилонитовый матрикс метасоматитов по гранитам;
- Кварц + карбонаты (сидерит, доломит, кальцит) + серицит + ангидрит + битумы – зонки, сферокристаллы, бласты карбонатов; пленки и примеси битумов;
- Опаловидный кварц + серицит + каолинит + сульфиды + битумы – зонки и прожилки с сульфидами и битумом.

Первые две ассоциации принадлежат пневматолитогидротермальному этапу, остальные – собственно гидротермальному. При этом важно отметить, что они были сформированы в ходе единого последовательно развивавшегося процесса. Для них характерны присущие им структуры выщелачивания и динамических взаимодействий (первые две), структуры метасоматического замещения и гидротермального выполнения полостей и трещин.

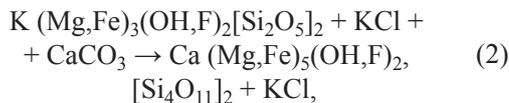
Судя по минеральным ассоциациям, в составе флюида присутствовали HCl, HF, H₂O, CO₂, CH₄ и



его гомологи, H_2S , среди катионов – Na и K. Взаимодействие флюида с минералами гранита носит незавершенный характер, что придает наблюдающимся картинам своеобразный динамический характер. Ни в одной из реакций не достигалось состояние равновесия, что могло быть обусловлено высоким химическим потенциалом поступающих с флюидом активных компонентов. Система была открытой, поэтому невозможно представить происходившие в ней взаимодействия как равновесные обменные реакции. В первом приближении, основываясь на установленных соотношениях минералов, эти реакции можно квалифицировать как взаимодействие компонентов флюида с минералами гранита, направленное в сторону образования парагенезиса пневматолитовых минералов. Первой и важнейшей из них явилась реакция флюида с плагиоклазом



что привело к появлению скаполита и карбоната, а также некоторого количества растворенного во флюиде натрия. Одновременно происходит резорбция биотита:



в результате появляется амфибол и поддерживается активность калия. Важно также, что эти реакции сопровождаются замещением плагиоклаза (взят условно альбит) мирмекидом и калишпатом (адюляром):

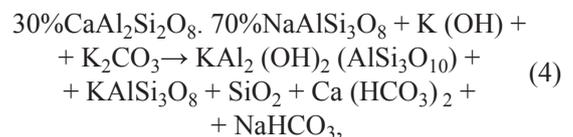


Насколько известно, описанные высокотемпературные наложенные минеральные ассоциации ранее не отмечались в породах фундамента Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Они типичны для пневматолитовых образований и прямо характеризуют состав глубинного флюида и P-T-условия процесса. Выявленная картина особенно характерна для гранитов и гранитоподобных метаморфических пород, имеющих близкие петрофизические свойства. Для них обычно свойственны низкие величины открытой пористости и проницаемости. При микроскопическом исследовании некоторых гранитов Пальяновской площади были обнаружены следы диффузного проникновения флюида в полевых шпатах, а также структуры струйно-поточкового инфильтрационного движения флюида, возникшие независимо и, возможно, до развития зон катаклаза и трещиноватости. Здесь же отмечены и следы более ранних струйно-поточковых структур, трассируемых по характерным выделениям вдоль

их «русел» мельчайших частиц слюдисто-пелитового вещества.

В дальнейшем на первый план здесь выходят такие особенности пород, как степень их нарушенности и деформированности. В этом отношении следует заметить, что для большинства исследованных образцов пород фундамента из скважин Пальяновской площади характерны структуры катаклаза и милонитизации, иногда настолько заметные, что породы приходится относить к катаклазитами. Мы уже отмечали, что самыми ранними изменениями являются мельчайшие «очаги» микрозернистого агрегата калишпат-кварцевого состава, часто с мусковитом, появляющиеся в полевых шпатах и плагиоклазах гранита без предварительного развития деформаций катаклаза (это ли не признак первичной флюидной природы зарождающегося нового бластомилонитового матрикса?). В дальнейшем эти «очаги» разрастаются и образуют зонки того же состава, соединяющиеся тонкими ветвистыми «метастазами». Наряду с дислокациями скалывания в кристаллоблоках гранита становятся всё заметнее микроструктуры пластического течения в новообразованном матриксе. Из его состава исчезает калишпат, в какой-то степени сменяющийся мусковитом (серицитом). На поздних стадиях процесса в локальных зонах формируются метасоматиты слюдисто-кварцевого состава типа вторичных кварцитов.

Химическая сторона процесса может быть представлена как выщелачивание при реакциях гидролиза плагиоклазов на стадии кремнещелочного метасоматоза:



при этом образуются мусковит (серицит), адюляр и кварц (минеральная ассоциация № 4), выносятся кальций и натрий. При снижении активности (химического потенциала) калия и переходе на слабощелочные условия гидролиз приводит к осаждению кремнезема в виде опаловидного кварца и небольших количеств серицита.

Почти одновременно или несколько позже происходит формирование следующей минеральной ассоциации (№ 5), в которой заметную роль играют карбонаты. Если принять, что часть CO_2 переносится флюидным потоком вдоль проницаемой зоны тектонита, то появление карбонатов может означать инверсию флюидного режима с восстановительного на окислительный, когда в составе гидротермального флюида (за счет углеводородов?) происходит образование и накопление углекислоты и связывание водорода в гидратсодержащих фазах [9]. Первыми из карбонатов осаждаются сидериты (в виде сферокристаллов и зонков совместно с кварцем),



позднее кристаллизуются доломиты и кальциты. Возможно, что другим индикатором этой инверсии может служить ангидрит, встречающийся в виде редких кристаллобласт среди участков слюдисто-кварцевого матрикса, принадлежащего той же минеральной ассоциации (№ 5). Последняя минеральная ассоциация (№ 6) характеризует заключительные стадии гидротермального процесса, когда к карбонатам и позднему опаловидному кварцу присоединяются каолинит, сульфиды (пирит) и нефтяные битумы.

Развитие интенсивной трещиноватости этих пород способствовало росту их проницаемости для флюида и последующих гидротерм, что четко прослеживается по степени гидротермального преобразования, вплоть до появления метасоматитов и позднейших прожилков и зон, фиксирующих трещинки дробления. Вертикальное распространение флюида осуществлялось вдоль зон повышенной проницаемости, контролируемых тектоническими нарушениями. Флюид продвигался и латерально, захватывая по обе стороны таких зон дополнительные объемы слабдеформированных пород. Таким образом, мы приходим к выводу о первичности флюида и его активной роли в формировании зон катаклаза и в развитии пневмолито-гидротермального процесса. Флюид был достаточно глубинным, чтобы осуществлять локальное динамическое воздействие в зонах, где его давление превышало общее геостатическое, и прокладывать себе дорогу в область разгрузки. Можно предположить, что породы кристаллического фундамента к определенному моменту были насыщены флюидом и подверглись разуплотнению под действием его расширения при спаде внешнего давления (в области разгрузки). Это привело к созданию системы трещин катаклаза в значительных по объему участках фундамента и появлению будущих коллекторов для углеводородов.

Важно также, что в породах разного состава (от гранитов до биотитовых плагииогнейсов, кристаллических сланцев и серпентинитов) развивался единый направленный процесс, вызвавший появление последовательных однотипных гидротермально-метасоматических изменений. Это свидетельствует об общем флюидном режиме в зонах проникновения флюида и его взаимодействии с породами фундамента. При этом прослеживается сопряженность гидротермально-метасоматических процессов преобразования пород со степенью «продвинутой» деформаций (зрелости тектонитов в понимании Ф. А. Летникова). Естественно, что проницаемость зон тектонита зависит от степени их дислокационной проработки и появления внутри них узких полос линейно выраженных текстур пластического течения. Именно вдоль них осуществлялся наиболее интенсивный массоперенос компонентов флюида.

Обсуждение. Наиболее близкими к описанным нами образованиям являются бласто-

катаклазиты и бластомилониты докембрийских комплексов Прибайкалья, изученные Ф. А. Летниковым с соавторами [9]. Для них характерны однотипные деформации и некоторые важнейшие минеральные ассоциации, сходные с выявленными нами в породах палеозойского фундамента Западно-Сибирской плиты. Сравнение с ними дало возможность убедиться в практической важности концепции глубинных мантийных флюидов для решения проблем рудообразования и нефтеобразования, а также оценить значение обнаруженных нами фактов для построения новой флюидно-гидротермальной гипотезы формирования залежей нефти и газа Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Установленные факты представляются весьма важными в свете современных проблем изучения фундамента нефтегазоносных осадочных бассейнов – с точки зрения его роли в распределении скоплений УВ в коллекторах «традиционного типа» осадочного чехла, а также весьма вероятного существования в фундаменте проницаемых структур, используемых эндогенным глубинным флюидом в качестве каналов вертикальной миграции. Самостоятельное значение имеет проблема существования в фундаменте новых типов коллекторов, получивших название коллекторов «нетрадиционного типа» или «жильных коллекторов» [10].

Весьма существенно, что в любом случае становится актуальным изучение характера и степени гидротермальных изменений пород коллекторов как в осадочном чехле, так и фундаменте, в связи с обнаружением парагенетических отношений гидротермальных минералов и нефтяных битумов, установлением вертикальной геохимической зональности измененных пород коллекторов и подстилающих их толщ [8, 11]. Это позволяет и помогает рассматривать по-новому формирование залежей нефти и природного газа с позиций общей теории гидротермальных процессов.

Первоочередным является изучение условий проницаемости пород таких комплексов, как баженовская свита в осадочном чехле, и пород кристаллического фундамента, среди которых немалое место принадлежит гранитам и другим магматическим образованиям, практически лишенным первичной открытой пористости. В условиях фундамента необходимо учитывать роль как зон ранее сформированной тектонической трещиноватости, так и более поздних ореолов катаклаза и разуплотнения, возникающих в «голове» поднимающейся колонны флюида. Перегретый (до 400–500°C) высоконцентрированный флюид способен проложить себе дорогу в плотных породах благодаря активному выщелачиванию их компонентов и созданию новых ситовидных проницаемых зон капиллярной размерности. Вначале флюид проявляет себя как фактор пневмолитового процесса, его подвижность увеличивается, и благодаря перепадам давления внутри



него создаются вихревые и струйно-поточные структуры. Затем по мере снижения температуры и конденсации паров воды и углекислоты система переходит на гидротермальные условия. Дальнейшее развитие флюидогидротермальной системы в гранитах может привести к созданию нового коллектора и формированию нефтяных и газоконденсатных месторождений в фундаменте, как это показано на примере месторождения Белый Тигр [12, 13].

По современным представлениям, гидротермальные коллектора в кристаллическом фундаменте могут являть собой узкие, не более 1–3 км, приразломные зоны, с достаточно большой (до 1,5 км) вертикальной мощностью проницаемых измененных пород. Морфология тел коллекторов и залежей месторождений в кристаллических породах фундамента и плотных глинистых комплексах осадочного чехла Западно-Сибирской НГП, проявляющаяся в их пределах геохимическая зональность измененных пород указывают на то, что зоны таких коллекторов формируются в результате воздействия глубинных высокотемпературных гидротермальных растворов [13]. Одной из характерных особенностей таких месторождений является высокая продуктивность небольшого числа скважин, дающих зачастую до 90% накопленной добычи (например, месторождения Краснелинского свода и других подобных ему крупных структур).

Исходя из сказанного, становится очевидным, что совершенно не обязательно предполагать какую-то особую тектоническую «подготовленность» пород фундамента и связывать ее с какой-либо эпохой «тектонно-магматической активизации» земной коры. Напомним, что традиционно время проявления деформаций пород фундамента соотносилось с эпохой позднепалеозойской коллизии и консолидации земной коры, когда был сформирован фундамент Западно-Сибирской плиты, или с эпохой раннемезозойской тектоно-магматической активизации, в ходе которой были созданы грабены новых рифтогенных структур, контролировавших базальтовый вулканизм турьинской серии. В породах мезозойско-кайнозойского осадочного чехла деформации, характерные для пород фундамента, не проявлены. Однако этот факт еще не означает, что структуры катаклаза в породах фундамента могли быть созданы только до формирования осадочного чехла. Вполне вероятно, что тектонические движения могли проявляться в них одновременно, но оставлять различные деформации (хотя бы благодаря различным физико-механическим свойствам пород и степени их консолидации). Поражает также свежесть катакластических и пневматолито-гидротермальных изменений как самых поздних и ничем уже не преобразованных.

Таким образом, возраст деформаций катаклаза и синхронных гидротермальных изменений может оказаться любым – от мезозойского до современного. Любопытно, что в составе обломочного материала аркозовых пород в основании

осадочного чехла, непосредственно залегающих на гранитах фундамента (скв. 138), совершенно отсутствуют катаклазиты, гидротермалиты и метасоматиты по гранитам, широко представленные среди кристаллического фундамента и, в частности, вскрытые данной скважиной. Это может свидетельствовать в пользу того, что катаклазиты и продукты их изменения образовались заведомо позже накопления базальных слоев тюменской свиты, т. е. в послесреднеюрское время. Автору представляется более вероятным, что ко времени образования катаклазитов и гидротермалитов мезозойско-кайнозойский осадочный чехол был уже сформирован и мог служить областью разгрузки нефтегазоносного флюида.

З а к л ю ч е н и е . Полученные данные позволяют представить, как выглядит минеральная среда внутри зон насыщения флюидом в пределах кристаллического фундамента на глубинах более 2–3 км. На примере гидротермально переработанных гранитов Пальяновской площади Краснелинского свода показано, что особенностью этой среды является появление вихревых и струйно-поточных микроструктур, образованных микролитами скаполита и актинолита и отражающих динамику поступающего флюида на высокотемпературной пневматолитовой стадии процесса. Отчетливо проявлены реакции взаимодействия флюида с минералами гранитов: резорбция и диссоциация биотита, адуляризация и мирмекитизация полевых шпатов, их скаполитизация, что позволяет представить возможный состав флюида и термодинамические параметры среды. В гранитах отмечены и последующие минеральные ассоциации гидротермальной стадии в виде прожилок и вкрапленности карбонатов, хлорита, каолинита, битума и сульфидов.

Значение приведенных фактов многократно возрастает в связи с тем, что в тех же скважинах на Пальяновской площади была установлена промышленная нефтеносность терригенных пород нижней части разреза осадочного чехла. Судя по проявленным в них минеральным ассоциациям, эти породы также испытали воздействие гидротерм. Таким образом, имеются веские основания рассматривать как единую систему палеозойский фундамент и кайнозойско-мезозойский осадочный чехол, в пределах которых осуществлялись вертикальная миграция свободного глубинного флюида и формирование залежей ассоциированных с ним углеводородов.

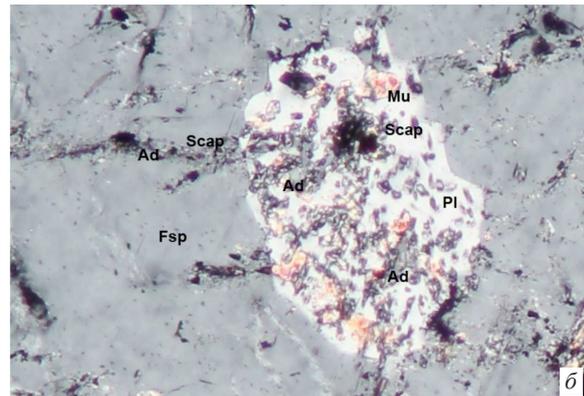
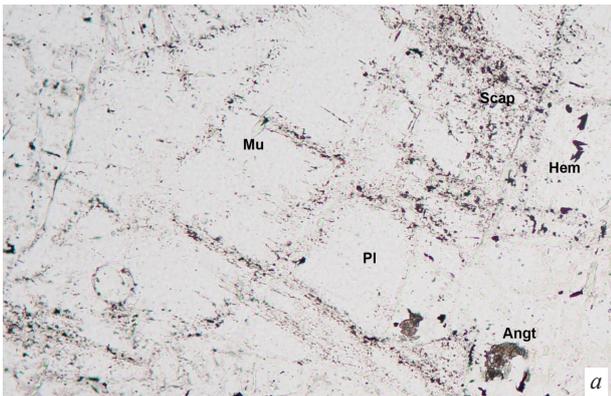
Автор весьма признателен профессору А. Д. Коробову за предоставленные материалы, а также за плодотворное обсуждение проблемы и профессору О. К. Навроцкому за ценные консультации. Была важна также помощь доцента кафедры минералогии и петрографии Саратовского государственного университета Д. А. Шелепова, благодаря которому были получены замечательные микрофотографии.



Библиографический список

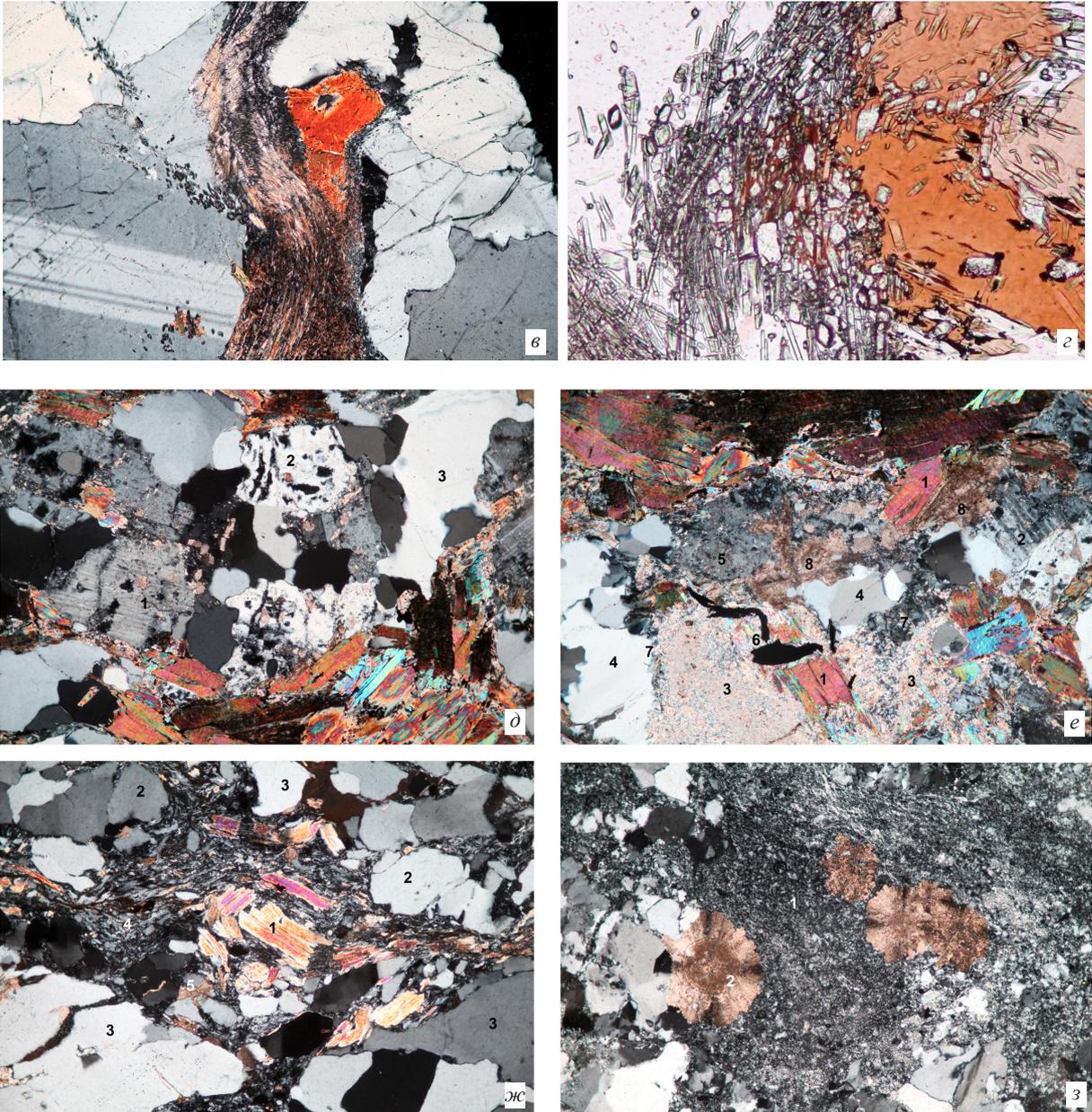
1. *Зубков М. Ю., Дворак С. В., Романов Е. А., Чухланцева В. Я.* Гидротермальные процессы в шеркалинской пачке Талинского месторождения (Западная Сибирь) // Литология и полезные ископаемые. 1991. № 3. С. 122–132.
2. *Казанский Ю. П., Казарбин В. В., Солотчина Э. Н., Вакуленко Л. Г., Злобина О. Н., Фомина А. Н.* Литология коллекторов Таллинского нефтяного месторождения (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. 1993. Т. 34, № 5. С. 22–31.
3. *Коробов А. Д., Коробова Л. А.* Гидротермальные процессы в погребенных палеорифтах Западной Сибири и их роль в доломитизации известняков и насыщении пород фундамента нефтью // Геология нефти и газа. 2005. № 3. С. 37–46.
4. *Коробов А. Д., Коробова Л. А.* Разуплотнение пород и фазовая зональность нефтидов Западно-Сибирской плиты как отражение гидротермально-метасоматических процессов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2008. № 9. С. 21–28.
5. *Коробов А. Д., Коробова Л. А.* Парагенезисы и история формирования глинистых минералов терригенных коллекторов Западной Сибири – ключ к прогнозу зон нефтенакопления // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2010. № 3. С. 13–21.
6. *Предтеченская Е. А., Шиганова О. В., Фомичев А. С.* Катагенетические и гидрохимические аномалии в нижне-среднеюрских нефтегазоносных отложениях Западной Сибири как индикаторы флюидодинамических процессов в зонах дизъюнктивных нарушений // Литосфера. 2009. № 6. С. 54–65.
7. *Клещев К. А., Шейн В. С.* Перспективы нефтегазоносности фундамента Западной Сибири. М. : ВНИГНИ, 2004. 214 с.
8. *Коробов А. Д., Коробова Л. А., Шелепов Д. А.* Новые методы поисков нетрадиционных коллекторов в породах фундамента. Саратов : Наука, 2010. 78 с.
9. *Летников Ф. А., Савельева В. Б., Бальшиев С. О.* Петрология, геохимия и флюидный режим тектонитов. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1986. 222 с.
10. *Белкин В. Н., Медведевский Р. И.* Жильный тип ловушек углеводородов // ВНИИОЭНГ. Обзор информации. Сер. геология и геофизика. 1988. Вып. 12. С. 38–46.
11. *Коробов А. Д., Коробова Л. А., Колотухин А. Т., Шелепов Д. А.* Гидротермальная природа нефтегазоносных терригенных коллекторов чехла и способы их поиска. Саратов : Наука, 2011. 84 с.
12. *Дмитриевский А. Н., Киреев Ф. А., Федорова (Киреева) Т. А.* Влияние гидротермальной деятельности на формирование коллекторов нефти и газа в породах кристаллического фундамента // Изв. РАН. Сер. геологическая. 1992. № 5. С. 119–128.
13. *Киреева Т. А.* Коллектор в фундаменте : происхождение и поисковые признаки // Нетрадиционные ресурсы углеводородов : распространение, генезис, прогнозы, перспективы развития : материалы Всерос. конф. с междунар. участием. М. : ГЕОС, 2013. С. 96–99.

Приложение

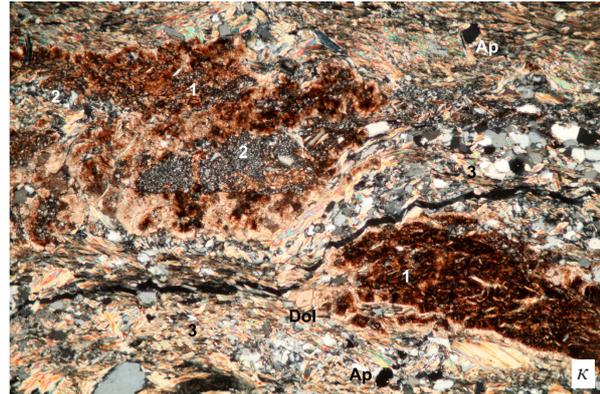
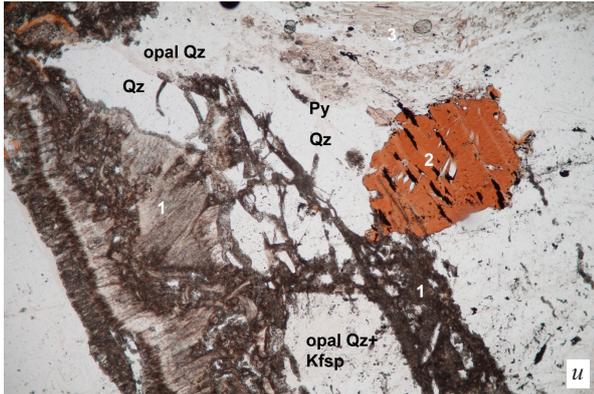


Петрографические шлифы ядра скважин Пальяновской площади:

a – следы выщелачивания вдоль трещинок спайности в плагиоклазе гранита: Pl – плагиоклаз, Mu – мусковит, Scap – скаполит, Angt – ангидрит, Hem – гематит. Скв. 153. Шлиф 15/10. Без анализатора. Увел. 240х; *б* – появление скаполита в плагиоклазе, включенном в ортоклаз гранита: Ad – адуляр, Fsp – полевой шпат (ортоклаз), Mu – мусковит, Pl – плагиоклаз, Scap – скаполит. Скв. 153. Шлиф 15/12. С анализатором. Увел. 400х



Продолжение. Петрографические шлифы керн скважин Пальяновской площади:
 б – гранит биотитовый. Спиралевидная структура струйно-поточкового образования. Скв.153. Шлиф 15-5а. Глубина 2687,5м. С анализатором. Увел. 100х; з – диссоциация биотита и формирование амфибол-скаполитовой ассоциации струйно-поточкового образования. Гранит биотитовый. Скв. 153. Шлиф 15/6. Без анализатора. Увел. 400х; д – гранит биотитовый в начальной стадии гидротермального изменения. «Дырчатая» калишпатизация (1) и окварцевание плагиоклаза (2) и разрастание кварца (3). Скв.138. Шлиф 22/1а. Глубина 2859,9 м. С анализатором. Увел 100х; е – гранит биотитовый, гидротермально измененный, с реликтами биотита (1) и плагиоклаза (2) и новообразованиями серицита (3), кварца (4) и калишпата (5), сульфидами (6), селадонитом (7) и карбонатом (8), окрашенным битумом. Скв.138. Шлиф 21. Глубина 2851,8 м. С анализатором. Увел 100х; ж – катаклазит по гранитоиду. Биотит (1), ортоклаз (2) и кварц (3). Зонки серицит-кварцевого состава (4) с кальцитом (5). Скв. 600. Шлиф 17. Глубина 2427,5м. С анализатором. Увел 100х; з – катаклазит по гранитоиду, гидротермально переработанный. В центре зонка серицит-калишпат-кварцевого состава (1) и сферокристаллы сидерита (2). Скв. 611. Шлиф 25–2 Глубина 2418,7м. С анализатором. Увел 100х



Окончание. Петрографические шлифы керн скважины Пальяновской площади:

u – гранит биотитовый. Карбонат (1), окрашенный битумом – по трещинкам дробления. Рядом – биотит (2) и сверху – раннее струйно-потокое образование амфибол-скаполитового состава (3). Сква. 153. Шлиф 15–8. Глубина 2687,5 м. Без анализатора. Увел. 100х; *к* – метасоматит по гнейсу, мусковит-кварцевого состава (3), с зоной карбоната и битума (1). Слева внутри зоны опаловидный кварц (2). Сква. 611. Шлиф 30-2. Глубина 2444,4 м. С анализатором. Увел. 100х