

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, ГЕОХИМИИ И ПЕТРОЛОГИИ

УДК 553.981/982.044(571.5)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ ПО КОМПЛЕКСУ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ, ЛИТОЛОГО- ФАЦИАЛЬНЫХ, ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ПРОМЫСЛОВО- ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ВЕНДСКО- НИЖНЕКЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЛЕНО-ТУНГУССКОЙ НГП

Шемин Г.Г., д.г.-м.н., Институт нефтегазовой геологии и геофизики им.
А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск

В Лено-Тунгусской НГП выделение и подготовка объектов поисково-оценочных работ традиционными методами исследования весьма затруднена следующими причинами.

1. Сложность строения исследуемой территории; наличие высокоскоростного разреза, отсутствие четко выраженных региональных отражающих границ и сложность строения ВЧР, которые негативно влияют на достоверность сейсморазведочных работ. Низкая точность структурных построений по материалам сейсморазведки.

2. Распространение преимущественно неантиклинальных типов ловушек, обусловленных литологическим, стратиграфическим и тектоническим экранированием. Выделение этого типа объектов также весьма затруднено, поскольку точность прогнозирования разреза по данным сейсморазведочных работ применительно к этому региону низкая.

Автор настоящей работы на протяжении более трех десятилетий занимался обоснованием объектов поисково-оценочных работ по комплексу геологических, литолого-фациальных, геохимических и промыслово-геофизических показателей в вендско-нижнекембрийских отложениях Лено-Тунгусской НГП. Ниже рассмотрены методические аспекты обоснования нефтегазовых объектов по комплексу отмеченных показателей и приведены примеры их реализации при выделении некоторых объектов.

При выделении и подготовке объектов поисково-оценочных работ рекомендуется проведение следующих видов исследований.

1. Подготовка детальной и достоверной стратиграфической основы для проведения комплексных исследований отложений, т. е. выполнение детальной корреляции отложений на уровне циклически построенных пачек и составление каталога разбивок разрезов скважин на уровне пачек, перспективных и продуктивных пластов. Методика и результаты этих исследований изложены в работе [2].

2. Построение моделей тектонического строения исследуемых районов и обязательное выяснение истории формирования выделенных тектонических

структур, поскольку в Лено-Тунгусской НГП пликативные структуры обычно имеют постседиментационный генезис. Эти виды исследований осуществляются традиционными методами. При выполнении палеотектонических реконструкций следует учитывать следующие факторы, ограничивающие применение метода мощностей:

- наличие перерывов и зон некомпенсированного прогибания;
- дислоцированность разрезов, связанная с проявлением разрывной и соляной тектоники, траппового магматизма и вымыванием солей инфильтрационными водами. Методические приемы учета этих факторов приведены в работе [2].

3. Разработка литолого-палеогеографических реконструкций продуктивных и перспективных пластов, имеющих чрезвычайно важное значение при выделении объектов поисково-оценочных работ, поскольку в рассматриваемом регионе поиски залежей нефти и газа в основном сводятся к поиску коллекторов. При выполнении этих исследований используются стандартные методики.

4. Анализ интенсивности проявления постседиментационных процессов, определяющих фильтрационно-емкостные свойства карбонатных пластов. Проведение этих исследований применительно к карбонатным пластам обусловлено тем, что они существенно влияют на качество коллекторов как положительно (перекристаллизация, выщелачивание, доломитизация), так и отрицательно (сульфатизация, засоление и окремнение). Результаты этих исследований в рассматриваемом регионе приведены в работах Н.Е. Гущиной, М.М. Потловой, Л.С. Черновой [1].

5. Оценка качества перекрывающих и подстилающих продуктивные пласты флюидоупоров. При проведении отмеченных исследований рекомендуется использовать шесть параметров (вещественный и минералогический состав, толщины флюидоупоров, интенсивность проявлений в них разрывной тектоники и трещиноватости пород, фильтрационно-емкостные свойства проницаемых прослоев и плотность глин). В рассматриваемом регионе обычно имеются сведения лишь о толщине флюидоупоров и о процентном содержании в них песчаников, «чистых» карбонатов и каменной соли, используемые для оценки качества глинистых, глинисто-карбонатных, галогенно-карбонатных и терригенно-сульфатно-карбонатных флюидоупоров. Граничные их значения для оценки качества флюидоупоров различного вещественного состава приведены в работе [2]. Результатирующим материалом этих исследований являются карты оценки качества флюидоупоров.

6. Разработка фильтрационно-емкостных моделей продуктивных пластов на базе результатов исследований их литолого-палеогеографических реконструкций, характера проявления вторичных процессов, анализа материалов ГИС, материалов испытания скважин и аналитических данных фильтрационно-емкостных свойств пород. Итогом этих исследований являются

карты прогноза толщин коллекторов продуктивных пластов и их фильтрационно-емкостных свойств.

7. Выявление условий формирования и сохранения залежей углеводородов обычно осуществляется по результатам геохимических исследований, масштабам интенсивности нефтегазообразования, прогнозированию путей миграции углеводородов из зон нефтегазообразования в зоны нефтегазонакопления и использованию материалов по оценке качества флюидоупоров. Один из вариантов подобных исследований приведен в работе [2].

8. Оценка перспектив нефтегазоносности и выделение зон нефтегазонакопления обычно осуществляется различными методическими приемами. Автором при выполнении этих исследований использовалась усовершенствованная методика, в основу которой положены совокупность тектонического, литолого-фациального, геохимического и гидрогеологического критериев и оценка их значимости, предусматривающая выделение земель различных перспектив, зон нефтегазонакопления [2].

9. Обоснование объектов поисково-оценочных работ в вендско-нижнекембрийских отложений Лено-Тунгуской НГП осуществлялось по результатам проведенных исследований. Следует отметить, что нет универсального подхода их выделения, поскольку каждый объект характеризуется особенностями строения и спецификой формирования в нем залежей углеводородов. Эти объекты характеризуются сочетанием благоприятных тектонических, литолого-фациальных, геохимических и гидрогеологических критериев. В качестве примеров приведено краткое обоснование Ереминско-Чонской, Вакунайской залежей и Даниловского объекта поисково-оценочных работ.

Обоснование *Ереминско-Чонской гиганской нефтяной залежи* в преображенском горизонте (пласт Б₁₀) неоднократно освещалось автором в литературе, наиболее полно в работе [3]. Ее площадь составляет 21.6 тыс. км², извлекаемые ресурсы нефти по категориям С₁+С₂, оцененные автором, составляют 1.1 млрд т. Район расположения залежи достаточно изучен, в его пределах пробурены 144 глубокие скважины, проведен значительный объем сейсморазведочных работ, однако в основном в южной части (на Верхнечонском и Вакунайском месторождениях, на Могдинской и Преображенской площадях), где в преображенском горизонте выявлены залежи углеводородов (рис. 1). Остальная, существенно большая, часть залежи изучена небольшим числом одиночных скважин, в разрезах которых обнаружены нефтенасыщенные коллекторы преображенского горизонта. При их испытании получены притоки нефти.

Залежь приурочена к закартированной бурением весьма крупной литологической ловушке, генетически связанной с органогенным массивом, образованным в единых фациальных условиях и испытавшим сходные постседиментационные процессы. Эти условия предопределили распространение внутри залежи мелкопоровых вторичных коллекторов,

характеризующихся выдержанностью по разрезу и площади фильтрационно-емкостных свойств и их толщин. Нефтенасыщенность коллекторов залежи обусловлена следующими причинами.

1. На протяжении всего фанерозоя ее территория соответствовала наиболее приподнятому участку Непско-Ботуобинской антеклизы, куда в разные периоды поступали углеводороды из смежных зон нефтегазообразования.

2. В пределах залежи установлено отсутствие пород тирского регионального флюидоупора, вызвавшего приток углеводородов в преображенский горизонт из подстилающих терригенных резервуаров.

Даниловский объект поисково-оценочных работ в терригенных отложениях венда, выделенный автором по комплексу стратиграфических, литолого-фациальных, промыслово-геофизических и палеотектонических результатов исследования, расположен в юго-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы, на территории одноименной площади бурения и смежных с ней участков (рис. 2). В его пределах обнаружены две нефтегазовые и одна газовая залежи, приуроченные к литологическим ловушкам. Суммарные ресурсы углеводородов в них автором оцениваются в 25 млн т условных углеводородов.

Вакунайская нефтегазовая залежь в осинском горизонте (пласт B_1) расположена в центральной части Непско-Ботуобинской антеклизы, вблизи Верхнечонского месторождения и охватывает одноименную АТЗ и смежные с ней участки Непского свода. На ее территории пробурено 11 глубоких скважин (рис. 3). В скважинах 2 и 3 произведено испытание в колонне с применением СКО, получены промышленные притоки газа и конденсата, в четырех скважинах – притоки разгазированного бурового раствора. В остальных скважинах по материалам ГИС прогнозируется газовое и нефтегазовое насыщение коллекторов осинского горизонта. Они испытаны только в процессе бурения.

Прогнозируемая залежь пласта B_1 приурочена к литологической ловушке, находящейся в контуре органогенной постройки. Границы залежи выявлены лишь с юго-запада и востока литологическим экранированием. В других направлениях предполагается расширение продуктивного поля. Водонасыщенные породы пока не вскрыты. В северной части залежи прогнозируется нефтяная оторочка, подтверждаемая промыслово-геофизическими материалами Вакунайской скважины № 1.

Литература

1. Гущина Н.Е., Потлова М.М., Чернова Л.С. Условия формирования и степень преобразованности карбонатных горизонтов западной части Непско-Ботуобинской антеклизы // Строение и нефтегазоносность карбонатных резервуаров Сибирской платформы. Новосибирск, 1991. С. 98-106.

2. Шемин Г.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-

Ботубинская, Байкитская антеклизы и Катангская седловина). Новосибирск. Изд-во СО РАН, 2007. 467 с.

3. Шемин Г.Г. Ереминско-Чонское скопление нефти в преобразенском горизонте – крупнейший объект по подготовке запасов и добыче углеводородного сырья в Восточной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011, 123 с.

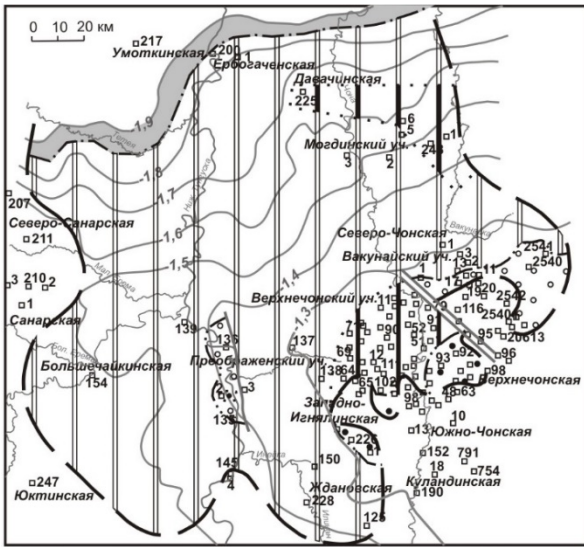


Рис. 1. Модель прогнозируемой Ереминско-Чонской гигантской нефтяной залежи преображенского горизонта

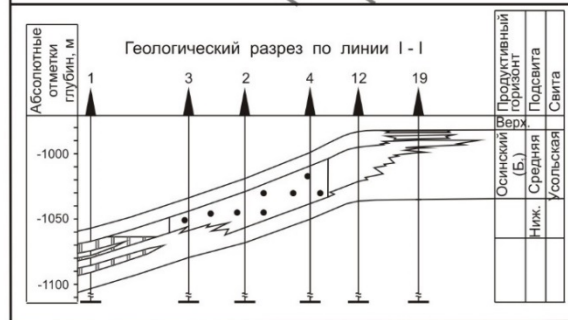
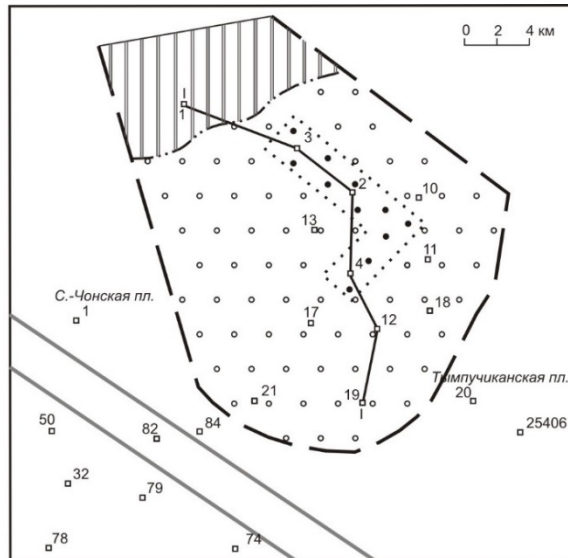


Рис. 3. Модель прогнозируемой осинской нефтегазовой залежи Вакунайского месторождения

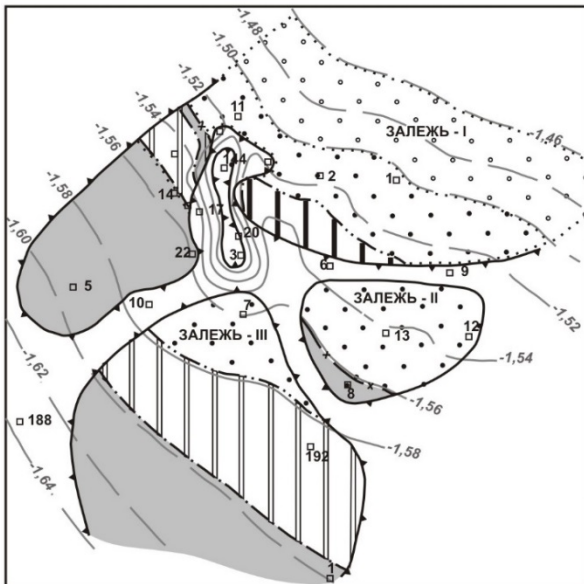
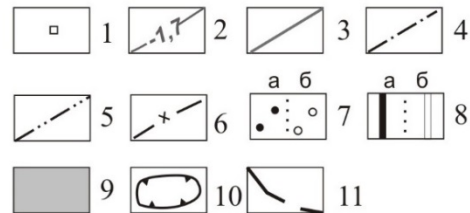


Рис. 2. Модели прогнозируемых залежей углеводородов терригенного венда Даниловского месторождения



1 - пробуренные скважины, 2 - изогипсы по кровле горизонтов, 3 - разрывные нарушения, 4 - внешний ВНК, 5 - внешний ГНК, 6 - внешний ГВК, 7 - поля с доказанной (а) и прогнозируемой (б) газоносностью коллекторов, 8 - поля с доказанной (а) и прогнозируемой (б) нефтеносностью коллекторов, 9 - поля с прогнозируемым водяным насыщением, 10 - границы распространения коллекторов, 11 - прогнозируемые контуры залежей углеводородов

УДК 553.04:622.013.3

ОСОБЕННОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ ОРГАНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФОРМ ДИСПЕРСНОГО ЗОЛОТА

Барабашева Е.Е., канд. геол.-минерал. наук, доцент, Забайкальский государственный университет, г. Чита

Одной из главных особенностей золота, определяющих его «поведение» в природных и технологических процессах, является образование с соответствующими элементами и их соединениями ионизированных или нейтральных комплексов. Золото растворяется при наличии в растворах комплексообразователя, способного понижать концентрацию его свободных ионов в результате их связывания в прочный растворимый комплекс и окислителя, который может принимать от него электроны.

Известны комплексные соединения золота с различными лигандами: хлоридными $[AuCl_2]^-$, $[AuCl_4]^-$; гидрооксокомплексами $Au(OH)^-$, $[Au(OH)_2]$, $[Au(OH)_4]$; смешанными гидрооксохлоридными типа $[AuCl_2(OH)_2]$; бромидными $[AuBr_2]^-$, $[AuBr_4]^-$; иодидными $[AuI]^-$; фторидными $[AuF_4]^-$, $[AuF_6]$; сульфидными и гидросульфидными $[AuS]^-$, $Au(HS)^-$; тиосульфатными $[Au(S_3O_2)_2]_3^-$; цианидными $[Au(CN)_2]^-$. Кроме того, в природных условиях золото формирует комплексы с различными органическими соединениями.

Из сернистых соединений, образующихся в при окислении сульфидных минералов (сероводород, гидросульфид, тиосульфат, сульфат), большинство способно образовывать с золотом комплексные ионы (кроме сульфат-иона). Наиболее устойчив, при этом, тиосульфат-ион, способный выдерживать колебания рН в значительных пределах – от 4,6 до 10. Благодаря своей сильной окислительной способности он образует относительно прочные комплексные соединения с металлами, находящимися в состоянии низшей валентности.

Золото сравнительно легко реагирует с кислородом и другими окислителями при участии комплексообразователей. Так, в водных растворах цианидов при доступе кислорода золото растворяется, образуя цианоаураты: $4Au + 8CN^- + 2H_2O + O_2 = 4[Au(CN)_2]^- + 4OH^-$, которые восстанавливаются до чистого золота: $2Na[Au(CN)_2]^- + Zn = Na_2[Zn(CN)_4] + 2Au$.

В случае реакции с хлором возможность комплексообразования также значительно облегчает ход реакции: если с сухим хлором золото реагирует только при ~ 200 °С с образованием хлорида золота(III), то в концентрированном водном растворе соляной и азотной кислот растворяется с образованием хлораурат-иона при достаточно низких температурах: $2Au + 3Cl_2 + 2Cl^- = 2[AuCl_4]^-$.

Значительную роль в процессе переноса и отложения золота играют растительные органические вещества. Концентрирование золота в растениях происходит еще на стадии питания растения растворами, обогащенными ионно-молекулярными формами золота. Гуминовые кислоты, образующиеся в процессе гумификации торфа, выступают в роли геохимических барьеров при протекании поверхностных вод через слой торфа. Образующиеся комплексные химические соединения золота с гуминовыми кислотами прочно удерживаются

торфом, т.е. химическая адсорбция или хемосорбция дополнительно обогащает золотом торфяные отложения.

Исследования ранних стадий углеобразовательного процесса показали, что преобладающей органической формой нахождения золота являются комплексные гуматы. В дальнейшем процессы углефикации и угольного метаморфизма приводят к перестройке структуры органического вещества, высвобождению золота и формированию собственных минеральных фаз нанометровой или микронной размерности. Такая форма нахождения золота в углях требует разработки специальных методов его извлечения из углей и продуктов их сжигания.

Миграционная способность золота в природе определяется возможностью его нахождения в водных растворах в виде комплексных соединений, главным образом, гидроксохлоридных $[AuCl_2(OH)_2]$ и гидросульфидных $[AuS(OH)_2]$, а также в виде металлоорганических (гуминовых) комплексов.

Экспериментально доказано, что золото, железо, марганец, медь (Фрейз, 1991 - Yannopoulos J.C. The extractive metallurgy of gold. – New York: Van Nostrand Reinhold, 1991), а в настоящее время к ним добавлен ряд других рудных элементов, таких как свинец, цинк, олово, серебро, молибден, платина и даже вольфрам, растворяются гумусовыми веществами в анаэробных условиях.

Таким образом, для золоторудных месторождений наиболее вероятными формами переноса золота в растворах являются комплексные анионы – хлориды, цианиды, тиосульфаты, органо-металлические соединения или моноэлементные коллоидные частицы.

Дисперсное золото в зоне окисления, как правило, имеет химические связи с железом, кислородом, водородом и мышьяком или органогенными углеродом и азотом. Поэтому кроме традиционной схемы рационального анализа с последовательным растворением в щелочи и кислоте соответствующих минералов, обработка проб окисленной руды может производиться набором сильных окислителей и комплексообразователей.

Минералы зоны окисления, концентрирующие дисперсное золото, обладают высокой микропористостью и гидрофильностью, поэтому компоненты выщелачивающего раствора сравнительно легко проникают в их матрицу. Связь атомов дисперсного золота с системой атомов железа-кислорода и водорода в этих минералах, по-видимому, весьма незначительна. Железо легко переходит в жидкую фазу, косвенно способствуя образованию моноэлементных связей между атомами золота.

Повысить эффективность процесса извлечения дисперсного золота при выщелачивании можно увеличив активность кислород- и водород-содержащих комплексов в растворе, сформировав содержащие их ион-радикальные кластеры. Для их образования необходим активный кислород и ионы, представленные соединениями кислорода и водорода, что происходит в результате комбинированного фотохимического и электрохимического воздействия на минеральную и жидкую фазу пульпы и сорбентов. Этот подход,

разработанный в Читинском филиале ИГД СО РАН [1], является научной основой для разработки новых методов выявления и извлечения дисперсных форм золота из упорных руд и техногенного минерального сырья.

Использование хлора при извлечении дисперсного золота имеет такие преимущества, как высокая степень проникновения в микропоры минеральной матрицы, способность к окислению тех компонентов, которые определяют упорность руд, в частности, органики.

Продуцирование молекулярных форм кислорода, водорода и галогенов (особенно хлора) происходит в результате электролиза, а перевод их в активные атомарные формы и радикальные комплексы может быть обеспечен параллельным или последующим облучением ультрафиолетовым светом. Задачей технологии сорбционного выщелачивания является глубокое окисление сульфидной или сульфо-арсенидной матрицы и забор из нее золота цианидами или хлоридами. При наличии органического вещества или керогена необходимо использовать экстрагенты или очень сильные окислители для освобождения дисперсного золота, связанного с углеродом и органикой, а также с арсенидами и сульфидами.

Сульфидные и сульфидно-углистые руды, учитывая необходимость окисления как самой минеральной матрицы, так и предполагаемой органической, подвергаются более сложной обработке, чем окисленные - с использованием активных хлор- и кислородсодержащих пероксидно-гидроксидных комплексов, полученных в результате электрохимических и фотохимических процессов.

Органо-металлические формы дисперсного золота наиболее сложны для определения и извлечения, так как имеют химические связи с остаточным углеродом и органическими включениями. Такое золото называется кластерным. Чаще всего оно находится в кристаллической решетке сульфидных или серосодержащих минералов. Для выявления и извлечения такого золота необходимо использовать соответствующие методы и технологии. Самым простым процессом является окисление содержащей его сульфидной матрицы кислородом, активированным с помощью высоких температур, давлений или особых бактерий. При этом происходит изменение характера и энергетики межатомных связей между золотом и серой и/или мышьяком, что обеспечивает последующее растворение дисперсного золота реагентами, например цианидами щелочных металлов.

Мы предлагаем новую методику постадийного выделения форм золота из руд черносланцевых формаций.

Первая стадия включает глубокое окисление сульфидной матрицы процессами озонирования. Для этого серная кислота смешивается с перекисью водорода и полученный раствор или пульпа подвергается фото-электрохимической обработке. Образующийся в результате этого озон окисляет сульфидную матрицу: $H_2SO_4 + H_2O_2 + УФО = O_3 + H_2SO_3 + H_2$.

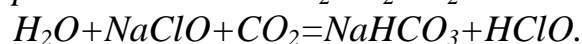
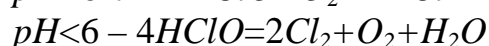
Часть органогенного золота при этом окисляется, а другая часть остается связанной полимерным каркасом в виде битумов и керогенов, разрушение

которых производится на следующей стадии цианидами.

Перед следующей стадией окисления осуществляется растворение высвобожденного золота цианидами щелочных металлов. Между процессами окисления и цианирования необходима пауза порядка нескольких часов для снижения окислительно-восстановительного потенциала до 2,5v.

После введения цианидов производится стандартный анализ отдельно упаренной пробы (гомогенная среда) и отдельно по параллельным навескам необработанного дубликата пробы по жидкой и твердой составляющей. Разница значений содержаний золота в упаренной окисленной пробе и его суммы по твердой и жидкой фазам навесок неокисленной дублирующей пробы определяет ту часть золота, которая уходит в летучие органические формы в виде эфирных и ароматических комплексов. Часть остается в составе керогена.

Следующая стадия – это использование хлоридных соединений в форме хлорноватистой кислоты. Для этого гипохлорит натрия смешивается с соляной кислотой при соответствующей фото-электро-химической обработке раствора: $NaClO + HCl = HClO$. При этом хлорноватистая кислота диспропорционирует на следующие окислители, в зависимости от pH:



Измельченную пробу обрабатывают хлорноватистой кислотой ($HClO$) в соотношении твердой и жидкой фазы 15:1, распределяют тонким слоем и обрабатывают интенсивным ультрафиолетовым излучением. При этом хлорноватистая кислота распадается на соляную кислоту и атомарный кислород: $HClO = HCl + O_2$.

Хлор активно реагирует с золотом с образованием анионов $[AuCl_2]^-$ и $[AuCl_4]^-$.

Полученные комплексы осаждают на сорбенты. Сорбент и жидкую фазу отправляют на стандартный пробирный и атомно-абсорбционный анализ соответственно.

На последнем этапе, предполагая, что не все золото окислилось и перешло в сорбент, проба обрабатывается экстрагентом - триалкиломином, который связывает золото, не вступившее в соединения с хлором. Золото в комплексе с экстрагентом переходит в жидкую фазу и осаждается на поверхности сорбента.

Золото, связанное с керогеном может остаться в шлаке. Для его доизвлечения силикатный шлак перемалывается в мельнице и помещается в карбонатно-пероксидный раствор, затем облучается ультрафиолетовым излучением с длиной волны 185-254 нм. При этом в растворе образуется гидроксид радикал OH^* , который окисляет углерод с образованием Na_2CO_3 и $NaOH$, которые, в свою очередь, растворяют силикатную матрицу. После этого гелеобразную шлаковую массу высушивают, еще раз расплавляют и анализируют.

Таким образом, предлагаемая методика позволяет выявлять и извлекать

дисперсные органометаллические формы золота из упорных руд и техногенного минерального сырья. Вероятно, что при биогеохимическом рециклинге в стадии распада органометаллических форм, а также при глубоком окислении сульфидной матрицы происходили подобные реакции, но в усиленном режиме (к примеру, в условиях рудогенеза радиолиз способствовал образованию сильных окислителей, что в лабораторных условиях достигается путем фотоэлектрохимической обработки).

В связи с постепенным исчерпанием запасов руд с видимым золотом на фоне роста цен, проблема выявления и извлечения таких форм золота становится особенно актуальной. На большинстве месторождений золота, находящихся в настоящее время в разработке и вовлекаемых в эксплуатацию, доля «невидимого», в том числе кластерного золота, составляет существенную часть их запасов, а для некоторых объектов – основу сырьевой базы.

Литература:

1. Секисов А.Г. Геолого-технологическая оценка и новые геотехнологии освоения природного и техногенного золотосодержащего сырья Восточного Забайкалья. / А.Г. Секисов, А.И. Трубачев, В.С. Салихов [и др.]. - Чита: ЗабГУ, 2011. - 311 с.

УДК 553.777

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЛИТИЕНОСНЫХ РАССОЛОВ АНГАРО- ЛЕНСКОГО БАССЕЙНА

Михеева Е.Д., ведущий инженер-геолог, Торикова М.В., к.г.-м.н., старший научный сотрудник, ФГУП "ИМГРЭ"

Для учета прогнозных ресурсов лития в месторождениях литиеносных рассолов выделяются следующие категории перспективных прогнозных площадей.

Металлогеническая провинция (Иркутский амфитеатр) прежде всего связана с Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинцией. *Формационный признак*. Наличие соленосной формации (Ангаро-Ленский соленосный бассейн), которая ограничивает провинцию с литиеносными рассолами.

Структурный признак. Приуроченность к активизированному солеродному бассейну (наличие соляных ядер нагнетания, валообразные поднятия) с интенсивным соленакоплением (около 1000 м).

Стратиграфический признак. Продолжительность формирования солеродного бассейна- древний кембрийский соленосный бассейн.

Металлогенические зоны. *Формационный признак*. В пределах соленосного бассейна выделяются две подзоны – зона с хлоридными солями и

зона с сульфатными. Последняя приурочена к краевым частям соленосных бассейнов и для нее характерны рассолы со слабо повышенными концентрациями лития (до 20 мг/л). Наиболее перспективна зона с преобладанием хлоридных солей. В перспективных металлогенических зонах литиеносными будут только рассолы, вмещающие толщи которых залегают под соленосными отложениями (подсолевые рассолы), между соленосными толщами (межсолевые рассолы). Вмещающей формацией, как правило, является карбонатно-терригенная.

Структурный признак. Наибольшие содержания лития отмечаются в рассолах, приуроченных к активизированным зонам солеродного бассейна – с соляными ядрами нагнетания: Непская зона линейных складок, Марковско-Ичерская зона валлообразных поднятий, зона пологих структур Присаянья, складчатые структуры Ангаро-Присаянской впадины и др.

Стратиграфический признак. При наличии нескольких интенсивных циклов соленакпления концентрации лития в рассолах межсолевых отложений будут больше в нижних соленосных толщах.

Рудный район. *Структурные признаки.* Жигаловский антиклинал с соляными ядрами нагнетания, с зоной крупнейшего сквозьструктурного одноименного разлома. Район совмещения сквозьструктурного разлома с зоной разломов осадочного чехла и неотектоники.

Формационные признаки. Вмещающие породы в галогенно-карбонатной части разреза – преимущественно доломиты с прослоями ангидритизированного доломита до ангидрита. Известняки имеют подчиненное значение. Вмещающие породы в подсолевом терригенном комплексе в основном – песчаники.

Стратиграфические признаки. В галогенно-карбонатной части разреза наиболее перспективны по дебитам и содержаниям лития рассолы из карбонатных прослоев в нижней соленосной усольской свите (осинский горизонт в низах свиты и балыхтинский горизонт в ее верхах), а также в нижней части следующей соленосной бельской свите (христофоровский горизонт). Из-за сложного тектонического строения горизонты не имеют пластового залегания, а разбиты разломами на блоки, выклиниваются в ядрах нагнетания. По проводящим разломным зонам иногда обогащаются горизонты (бильчирский горизонт) в верхней ангарской соленосной свите. В подсолевом терригенном комплексе наиболее перспективны по содержания лития рассолы из пафеновского и боханского горизонтов, но с более низкими дебитами.

Геофизические признаки. Гравиметрические, магнитометрические данные позволяют выявить сквозьструктурные разломы, зоны разломов осадочного чехла, фундамента и неотектоники.

Геохимические признаки. Важную роль в накоплении лития в пластовых рассолах подсолевых и межсолевых рассолах играет подземное концентрирование самих рассолов. Концентрирование *подсолевых* и *межсолевых* рассолов осуществляется по следующей схеме: Cl – Na - Ca → Cl – Ca – Na → Cl – Ca – Mg → Cl – Mg – Ca (жирным шрифтом выделен

преобладающий катион). Основным концентрирующимся катионом является Са, а Mg доминирующим становится на последних стадиях сгущения. Максимальные содержания лития отмечаются в Cl – Mg – Са рассолах. Последние стадии сгущения в ряду концентрирования рассолов характерны для древних солеродных бассейнов. Воды, циркулирующие над соленосными отложениями, имеют хлоридно-натриевый состав и отличаются пониженными содержаниями лития, за исключением тех случаев, когда имеются условия для разгрузки подсолевых и межсолевых рассолов.

Рудные поля. *Структурные признаки.* Участки пересечения разнонаправленных зон разломов осадочного чехла, фундамента и неотектоники: Балыхтинская площадь, Знаменская и Рудовская (рис. 1, 2, 3).

Формационные признаки. В галогенно-карбонатном комплексе продуктивная формация – карбонатная, перекрывающая и подстилающая – соленосная (экранирующая.) В терригенном комплексе продуктивная – песчаная, перекрывающая и подстилающая – алевролито-аргиллитовая (экранирующая). Рассолы будут более обогащены литием, если их вмещающая толща непосредственно залегает под отложениями, вмещающими углеводородные скопления. Причем более высокие концентрации лития отмечаются в рассолах под газовыми залежами.

Геофизические признаки. По гравиметрическим и магнитометрическим данным выявляются зоны разломов осадочного чехла, фундамента и неотектоники и участки их пересечения. По данным ГИС в глубоких разведочных на углеводородное сырье скважинах выявляются водовмещающие коллектора, их эффективные мощности и пористости. По электроразведочным данным (метод ЗСБ – зондирование становлением поля в ближней зоне) устанавливаются геометрические границы и мощность рассолоносных горизонтов (рис. 4).

Термодинамические признаки. Содержания лития в рассолах локальной структуры последовательно увеличивается по восстанию пласта, достигая максимума в сводовой части под газовой залежью.

Экранирующие признаки. Основными экранами для промышленных литиеносных рассолов являются соленосные отложения и непроводящие разломы. По этим признакам выделяются две модели месторождений[1] для подсчета прогнозных ресурсов промышленных литиеносных рассолов: 1) пласт-полоса с двумя непроницаемыми контурами, 2) закрытый пласт с круговым непроницаемым контуром (рис. 5, 6). Исходя из этих двух моделей, производится оценка потенциальных прогнозных ресурсов по каждому выявленному перспективному рассолоносному горизонту по формуле:

$$ПР = \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot F_i \cdot m_i \cdot p_i$$
, где μ_i – коэффициент извлечения для i водоносного горизонта; F_i – площадь водоносного горизонта в границах месторождения; m и p – соответственно средняя эффективная мощность и пористость водоносного горизонта.

Рис. 3



Рис. 4

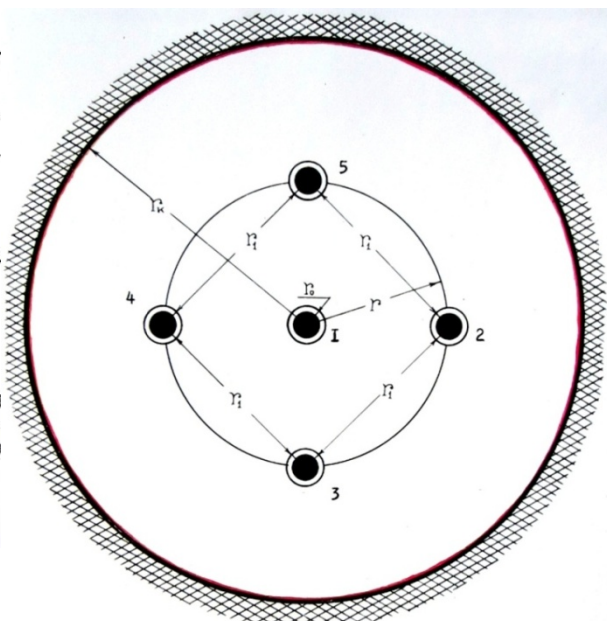


Рис. 5

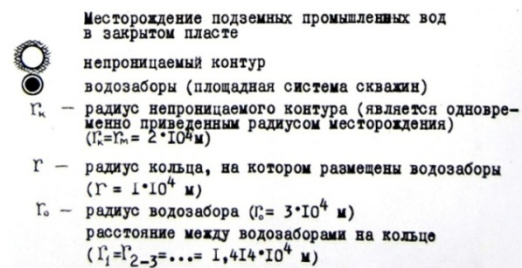


Рис. 6

УДК 33.333.5 (253.57)

СТРОЕНИЕ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РУДОВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД СРЕЛЬЦОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Бузикова Н. И, студент гр. РГМ-10-2., Семейкин И. Н. доцент., Мехоношин А. С. профессор., Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск

Месторождения, объединяемые в единое Стрельцовское поле, называемое Стрельцовским месторождением, сосредоточены в одноименной вулканотектонической кальдере.

В геологическом строении месторождения выделяются два структурных этажа:

нижний, архей-протерозойский, сложенный метаморфизованными до амфиболитовой фации породами, и
 верхний, верхнемезозойский, сложенный осадочно-вулканогенными породами.

Все рудопроявления района связаны с верхним этажом, в котором в течение верхнеюрского-нижнемелового времени формировалась продуктивная толща (рис. 1).

Разрез продуктивной толщи состоит из двух генетических типов пород: осадочных и магматических вулканогенных. Осадочные представлены конгломератами, гравелитами, песчаниками – породами, образованными за счет денудации окружающего кальдеру рельефа. Вулканогенные породы образовались при многократных эффузивных и эксплозивных проявлениях, носящих циклический характер (рис. 2). В начале цикла возникали основные вулканы, как правило базальты, в конце – кислые, риолиты.

Осадочные и вулканические породы продуктивной толщи, как видно из разреза, ритмично чередуются, при этом мощности этих двух типов пород их чередование не выдержаны, в одних ритмах преобладают осадочные породы, в других вулканические.

Объяснить такой порядок пород можно объяснить с позиции дискретного проявления вулканизма, являющегося главным рудообразующим фактором в регионе.

Денудационный процесс действовал на окружающей кальдеру территории постоянно, поставляя с нее обломочный материал. Вулканизм носил циклический характер, проявлялся полными и неполными циклами. При этом он часто в своем процессе прерывался как при смене циклов, так и ходе циклообразования.

В те моменты, когда вулканизм в кальдере прерывался, в нее поступал обломочный песчано-галечный материал, образуя разной мощности слои согласно длительности перерыву магмапоступления. Возникающий после перерыва вулканизм заглушал осадочный, завершал полный цикл риолитами или начинал новый базальтами. В разрезе наблюдается четыре полных вулканических циклов и два неполных.

Такое чередование осадочных и вулканических пород в представленном разрезе проявлялось не менее десяти раз.

Образование вулканических пород сопровождалось гидротермальным процессом и, как следует из практики, наиболее продуктивными являлись гидротермы, проявляющиеся при базальтовом, андезитовом и трахидацитовом вулканизме. Оруденение приурочено в большей степени к трахидацитам, меньшей к базальтам и менее всего проявилось в риолитах и конгломератах.

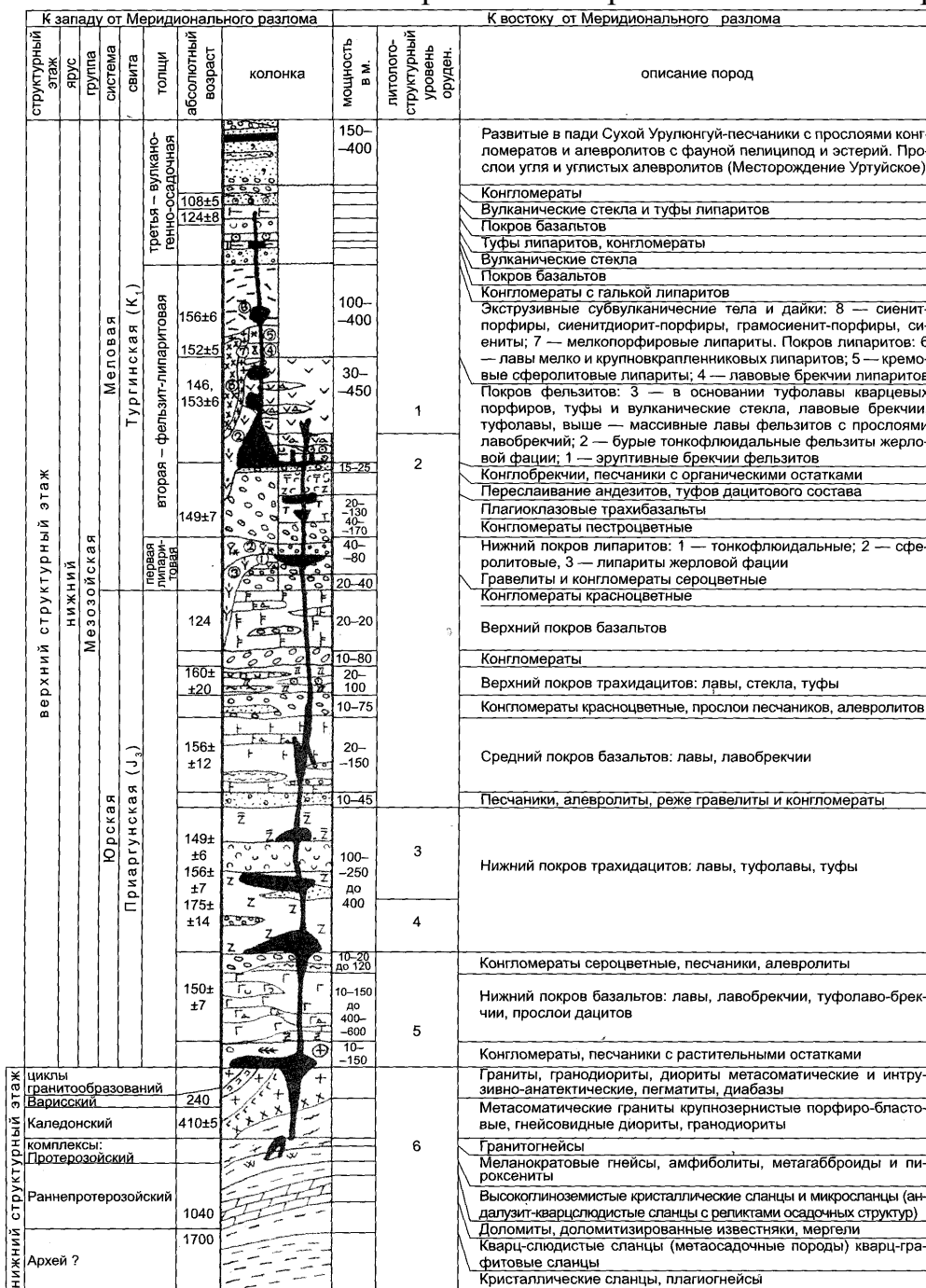


Рис. 1. Стратиграфическая колонка Стрельцовской кальдеры

К западу от Меридионального разлома				К востоку от Меридионального разлома					
структурный этаж	ярус	система	толщи	абсолютный возраст	колонка	мощность в м.	литолого-структурный уровень оруден.	описание пород	
верхний структурный этаж	нижний Мезозойская	Меловая Тургинская (К ₁)	третья – вулканогенно-осадочная	108±5 124±8		150–400		Развитые в пади Сухой Урулжонгуй-песчаники с прослоями конгломератов и алевролитов с фауной пелиципод и эстерий. Прослой угля и углистых алевролитов (Месторождение Уртуйское)	
			вторая – фельзит-липаритовая	156±6 152±5 146, 153±6		100–400		Конгломераты Вулканические стекла и туфы липаритов Покров базальтов Туфы липаритов, конгломераты Вулканические стекла Покров базальтов Конгломераты с галькой липаритов	
			первая липаритовая	149±7		15–25 20–130 40–170 40–80 20–40	1	Экструзивные субвулканические тела и дайки: 8 — сиенит-порфиры, сиенитдиорит-порфиры, грамсиенит-порфиры, сиениты; 7 — мелкопорфировые липариты. Покров липаритов: 6 — лавы мелко и крупнокрапленниковых липаритов; 5 — кремновые сферолитовые липариты; 4 — лавовые брекчи липаритов Покров фельзитов: 3 — в основании туфолавы кварцевых порфиров, туфы и вулканические стекла, лавовые брекчи, туфолавы, выше — массивные лавы фельзитов с прослоями лавобрекчий; 2 — бурые тонкофлюидальные фельзиты жерловой фации; 1 — эруптивные брекчи фельзитов Конглобрекчи, песчаники с органическими остатками Переслаивание андезитов, туфов дацитового состава Плагноклазовые трахибазальты Конгломераты пестроцветные	
				124		20–20		Верхний покров базальтов	
				160±20		10–80 20–100		Конгломераты Верхний покров трахидацитов: лавы, стекла, туфы	
				156±12		10–75 20–150		Конгломераты красноцветные, прослой песчаников, алевролитов Средний покров базальтов: лавы, лавобрекчи	
				149±6 156±7 175±14		10–45 100–250 до 400	3 4	Песчаники, алевролиты, реже гравелиты и конгломераты Нижний покров трахидацитов: лавы, туфолавы, туфы	
				150±7		10–20 до 120 10–150 до 400–600 10–150	5	Конгломераты сероцветные, песчаники, алевролиты Нижний покров базальтов: лавы, лавобрекчи, туфолаво-брекчи, прослой дацитов Конгломераты, песчаники с растительными остатками	
			нижний структурный этаж	Юрская Приаргунская (J ₁)	циклы гранитообразований Варисский	240		6	Граниты, гранодиориты, диориты метасоматические и интрузивно-анатектические, пегматиты, диабазы
					Каледонский	410±5			Метасоматические граниты крупнозернистые порфиристо-бластовые, гнейсовидные диориты, гранодиориты
					комплексы: Протерозойский				Гранитогнейсы Меланократовые гнейсы, амфиболиты, метагабброиды и пироксениты
					Раннепротерозойский	1040			Высокоглиноземистые кристаллические сланцы и микросланцы (андалузит-кварцслюдистые сланцы с реликтами осадочных структур)
				Архей ?	1700			Доломиты, доломитизированные известняки, мергели Кварц-слюдистые сланцы (метаосадочные породы) кварц-графитовые сланцы Кристаллические сланцы, плагногнейсы	

Рис.2. Вулканические циклы

Вещественный состав рудовмещающих пород
Микроописание шлифов
Шлиф №1

Базальт. Вкрапленники – орто – клинопироксена, плагиоклаза, основная масса – микропризматический плагиоклаз и микропироксен.

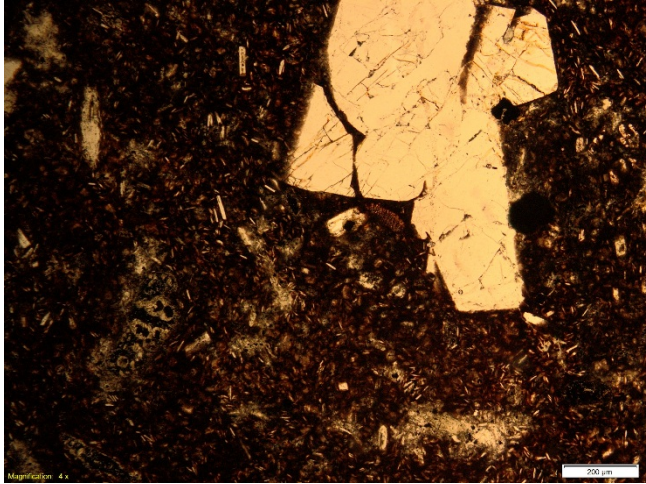


Фото. 1. На базальтах вулканыты представлены эксплозивного и эффузивного происхождения смешанного состава.

Шлиф №2

Спекшиеся туфы. Один из них алевро – псаммитовый, витро – кристаллокластический, трахидацитовый. Обломки кварца, плагиоклаза, калишпата, вулканического стекла в афанитовом буром флюидалном вулканическом стекле.

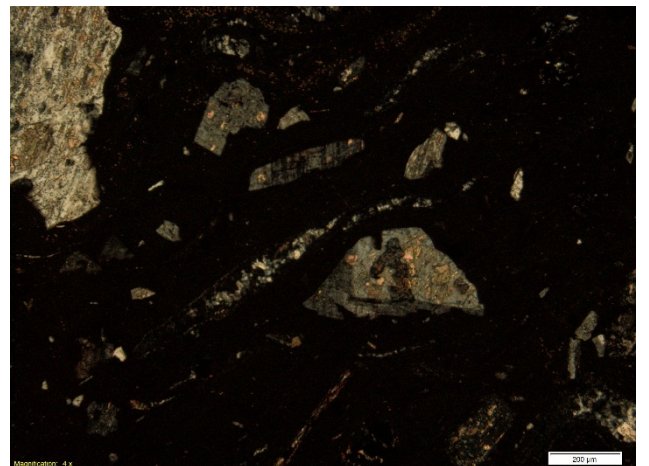
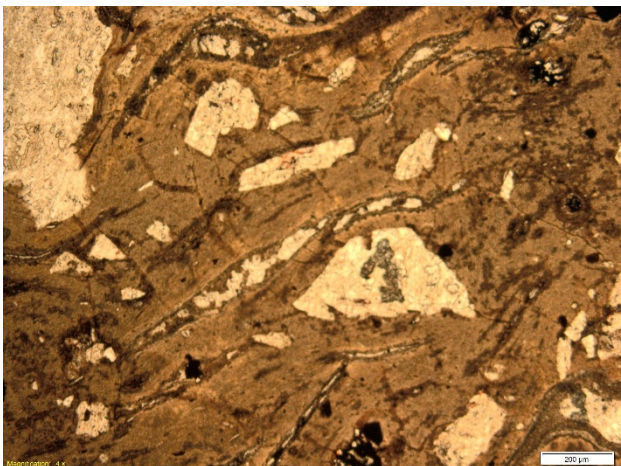


Фото. 2. Спекшийся туф

Шлиф №3

Второй туф преимущественно витрокластический трахидацитовый сложен обломками кварца, плагиоклаза, калишпата и, главным образом, вулканического стекла микролитовой структуры. Следует сказать, что данную породу трудно однозначно генетически определить. Витрообломки объединены в единую массу, при параллельных поляризаторах они не выделяются, порода обладает однородным строением и смотрится как эффузивная. При скрещенных поляризаторах видно обломочное строение породы с разноориентированными микролитами в обломках. Многие кристаллы кварца и полевого шпата имеют разорванные очертания. Принимая во внимание последний фактор, я называю породу туфом.

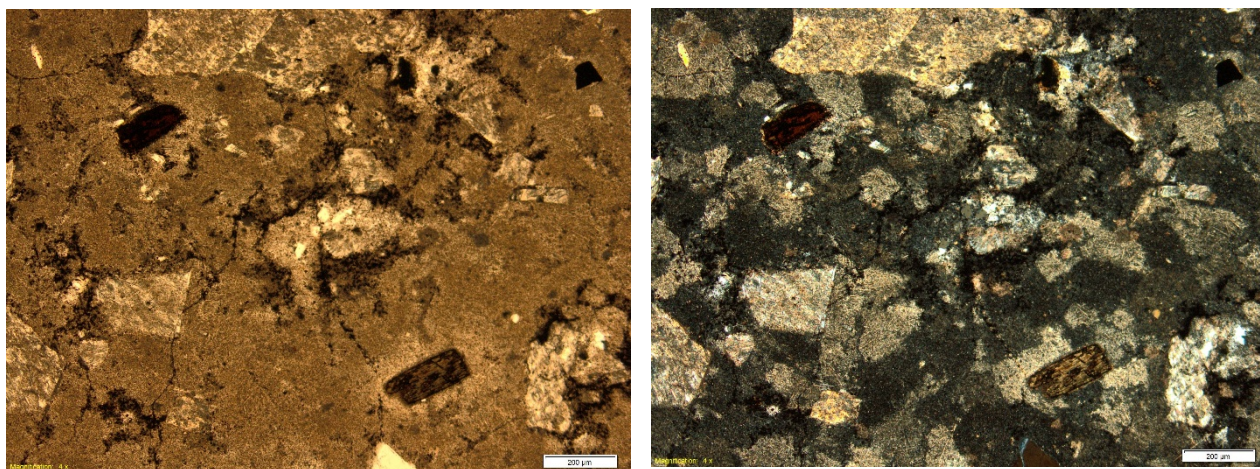


Фото. 3. Туф витрокластический трахидацитовый

Шлиф №4

Эффузивная порода – дацит сложена вкрапленниками кварца, карбонатизированного плагиоклаза, пелитизированного калишпата и основной стекловатой афанитовой и микролитовой массой. В микролитах тонкие игольчатые кристаллы плагиоклаза.

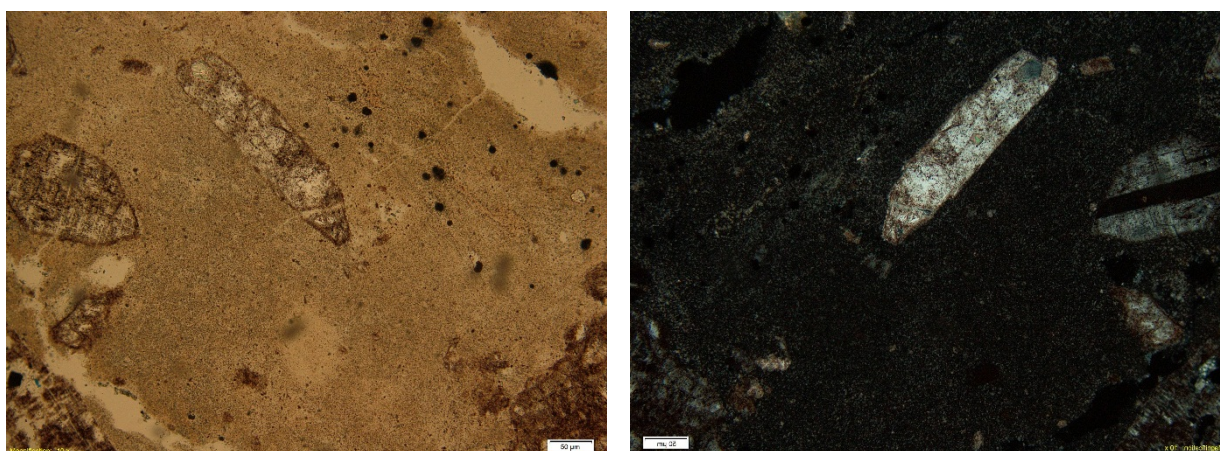


Фото. 4. Дацит

Шлиф №5

Завершают вулканический цикл риолиты – с порфировыми выделениями кварца, калишпата, плагиоклаза и вулканическим кварц – полевошпатовым фельзитовым стеклом.

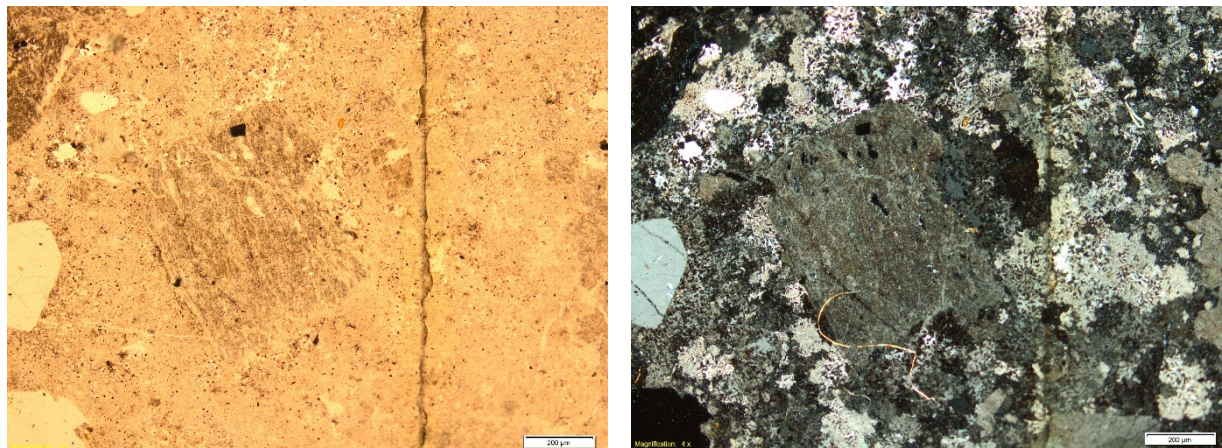


Фото. 5. Риолит

Заключение

Образование вулканических пород, сопровождалось гидротермальным процессом и, как следует из практики, наиболее продуктивными являлись гидротермы, сопровождающие базальтовый, андезитовый и трахидацитовый вулканизм.

Оруденение приурочено в большей степени к трахидацитам (80%), 16 % - к базальтам, и менее всего - 4% проявилось в липаритах и конгломератах.

Литература Л. П. Ищукова, И. С. Модников. Урановые месторождения Стрельцовского рудного поля в Забайкалье