

вышеназванных пород на месторождении Куранах, ряде месторождений Карлинского тренда, на месторождении Багуамяо и на группе месторождений рифта Ляодон [Yang, 2000].

Метаморфизм для невадийского типа не характерен, т.к. он распространяется, главным образом, среди консолидированных структур. При карбонатном осадконакоплении в бассейнах древнее палеозойских возможно последующее наложение метаморфизма (выше упомянутые месторождения рифта Ляодон в раннепротерозойских породах), но для последующей переработки в зоне гипергенеза они становятся мало благоприятными.

Магматизм и характер складчатости рассматривались ранее. Повышение их интенсивности исключает масштабные наложения гипергенных процессов.

Условия корообразования являются ведущим классификационным и диагностическим признаком. Индикатором развития палеокор являются наложенные процессы тектоно-магматической активизации, в особенности прогибы. Они также благоприятны для глубинного карстообразования.

Исходя из перечисленных особенностей образования руд характеризуемого типа, можно построить генетическое древо золотого оруденения, прогнозировать еще не известные типы и предсказывать свойства объектов прогнозируемых территорий.

Литература

Бакулин Ю. И. Месторождения тонкодисперсного золота невадийского типа – тип регенерированных первично осадочных месторождений // Тихоокеанская геология. 1998. Т. 17. № 4. С. 126–128.

Бакулин Ю. И., Буряк В. А., Пересторонин А. Е. Карлинский тип золотого оруденения. Хабаровск: ДВИМС, 2001. 160 с.

Казаринов А. И. К вопросу о генезисе золоторудных месторождений куранахского типа // Золоторудные формации Дальнего Востока. М.: Наука, 1969. С. 125–135.

Школьник Э. Л., Иванов В. В., Сафронов П. П. и др. Результаты детального минералогического геохимического исследования коллекции пород и руд золотых месторождений карлинского типа штата Невада (США), анализ имеющихся материалов по строению и составу таких месторождений для определения типовых особенностей с целью выявления их аналогов в других регионах мира. М.: Эслан, 2011. 136 с.

Yang D. Characteristics and genesis of fine-clastic rock-type Au deposits in the Liaodong rift // Acta Geologica Sinica. 2000. Vol. 74. №. 3. P. 570–576.

А. И. Голубев, А. Е. Ромашкин, Д. В. Рычанчик
Институт геологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск
golubev@krc.karelia.ru

Эвапоритовые обстановки раннего протерозоя Карелии: условия формирования галитовой и сульфатной толщ в Онежской структуре

Впервые обнаруженные докембрийские эвапоритовые образования были вскрыты при бурении Онежской параметрической скважины (ОПС) в 2009 г. Скважина глубиной 3500 м была пройдена в западной части Онежской синклинали структуры в пределах Кондопожской синклинали второго порядка. Скважина вскры-

ла нижнепротерозойские (калевийские–ятулийские) образования Северо-Онежского синклинория и вошла в архейское гранито-гнейсовой основание Онежской структуры. Несмотря на относительно небольшой выход кернового материала, скважиной вскрыты интереснейшие части разреза суйсарской, заонежской и туломозерской свит, в т.ч. уникальные для нижнего протерозоя ангидрит-магнезитовые и галитовые образования [Морозов и др., 2010]. Сохранность этих толщ может объясняться их глубоким залеганием (2400–2950 м) в центральной части пологой синклинали второго порядка Онежской структуры.

Раннепротерозойский этап развития докембрия Карелии (2.5–1.8 млрд лет) характеризовался условиями рифтогенного геотектонического режима, мощными проявлениями базитового и ультрабазитового магматизма, терригенным, хемогенно-терригенным седиментогенезом и массовым развитием углеродсодержащих пород. Онежская синклинорная структура, расположенная в ЮВ части Фенноскандинавского щита, является стратотипической для вулканогенно- и терригенно-осадочных отложений ятулийского, людиковийского и калевийского уровней карельского цикла. Среди нижнепротерозойских образований здесь хорошо представлены образования возраста 2.5–1.75 млрд лет. Снизу вверх это породы сумийского (2.4), сариолийского (2.3), людиковийского (1.95), калевийского (1.92) и вепсийского (1.75) надгоризонтов¹. Если для сумийского и сариолийского комплексов накопление углерода не характерно, то для ятулийских, людиковийских и калевийских пород характерно массовое накопление карбонатного и/или свободного углерода и разнообразная по составу магматическая активность различной степени напряженности. На калевийском уровне спадает как вулканическая активность, так и накопление углерода.

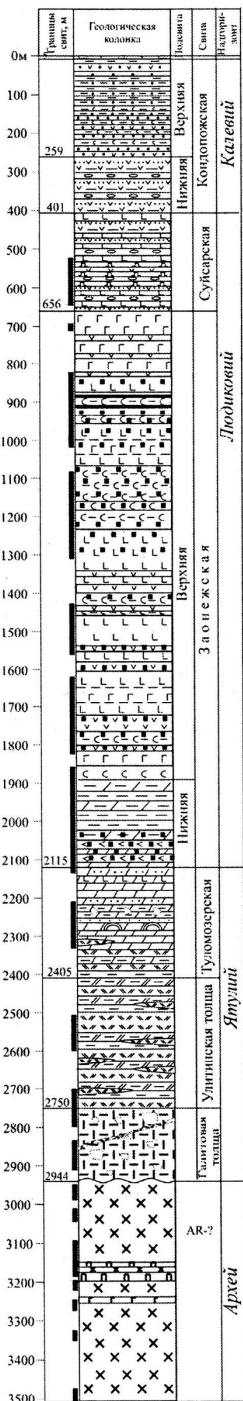
Онежская параметрическая скважина (ОПС), заданная для заверки опорных геофизических профилей, была пробурена вертикально, забой скважины 3537 м; из них без отбора керна пробурено 1775 м, с отбором керна – 1758 м, выход керна составлял 35.5–66.9 % в зависимости от типа пород и керноотборного снаряда. Общий разрез ОПС, положение интервалов кернового бурения приведены на рисунке 1. Интерпретация безкерновых интервалов выполнялась по результатам исследований шлама и карротажным данным сотрудниками ОАО НПЦ «Недра» (г. Ярославль) и ФГУП «ВСЕГЕИ» [Онежская..., 2011]. Разрез, в целом, совпал с моделью, предложенной сотрудниками Института геологии КарНЦ РАН при проектировании ОПС за исключением сульфатных и галитных образований, сохранность которых никто не мог предполагать [Шаров и др., 2007].

В разрезе ОПС (сверху вниз) в диапазоне до глубины 401 м выявлены терригенные отложения кондопожской свиты калевийского надгоризонта. Они представлены переслаиванием аргиллитов, алевролитов, песчаников (в т.ч. углеродсодержащих – шунгитоносных) с различными туффоидами, туфоконгломератами.

Интервал 401–656 м представлен покровами базальтов и пикробазальтов суйсарской свиты людиковийского надгоризонта, переслаивающимися с туфами и туфопесчаниками аналогичного состава.

В интервале 656–2115 м встречены образования заонежской свиты людиковийского надгоризонта. Ее верхняя часть (верхняя подсвита) представлена переслаиванием алевролитов, алевропелитов и туффитов, в различной степени обогащенных органическим углеродом (шунгитом) с потоками базальтов, прослоями массивных шунгитов, силицитами и карбонатными породами; здесь также встречены согласные тела

¹ Указана верхняя граница надгоризонтов, здесь и далее возраст в млрд лет.



- Условные обозначения**
- Четвертичные отложения.** Валунь, гальки, суглинки
- Кандопожская свита**
- а - Аргиллиты, алевролиты, песчаники,
 - б - Шунгитосодержащие алевролиты и аргиллиты
 - в - Массивные вулканомиктовые песчаники, алевролиты,
 - г - Туфопесчаники, туффиты, базальты туфы, с прослоями туфоконгломератов
- Суийсарская свита**
- а - Чередование туфопесчаников, туфоалевролитов, туфоконгломератов
 - б - базальтовые, пикробазальтовые туфы,
 - в - покровы: 1 - базальтов, 2 - пикробазальтов
- Заонежская свита**
- Тонкозернистые базальтовые туфы
 - Мицдалекаменные базальты
 - Долериты
 - Черные слоистые углеродистые сланцы
 - Горизонт массивных шунгитов
 - Кремнисто-шунгитистые базальтовые туфы
 - Тонкое переслаивание серых, коричневатых, розовых, зеленоватых доломитистых пелитов
 - Переслаивание серых доломитов и амфибол-флогопит-альбитовых туффитов
- Туломозерская свита**
- Доломиты
 - Переслаивание доломитистых пелитов, песчанистых доломитов, полевошпат-кварцевых алевропелитов и кварцевых песчаников
 - Прослой в доломитах:
 - а - доломитистых алевропелитов со стяжениями доломита по ангидриту, б - строматолитовых доломитов
 - в - доломит-магнетитовых пород
- Улитинская толща**
- Переслаивание массивных ангидрит-магнетитовых пород, пелитоморфных магнетитов и пестроцветных кварц-полевошпатовых туфоалевролитов с линзами альбит-ангидрит-магнетитового состава
- Галитовая толща**
- Каменная соль с обломками различных пород и жилами альбит-ангидрит-карбонатного состава
- Породы фундамента**
- Граниты
 - Пикриты
 - Габбро
- а - Границы: а - геологических тел, слоев;
 б - структурных и фациальных разновидностей пород
- а - Сульфидное оруденение: а - прожилково-вкарпленное,
 б - массивное
- Интервалы, пройденные с керном

Рис. 1. Обобщенный разрез Онежской параметрической скважины по [Онежская..., 2011].

долеритов. Нижняя часть (нижняя подсвета) представлена тонкослоистыми доломитистыми пелитами, алевролитами, практически без шунгитового вещества.

С глубины 2115 м начинаются образования ятулийского надгоризонта и продолжаются до отметки 2944 м. До глубины 2405 м выделяется туломозерская свита, состоящая преимущественно из доломитов, среди которых встречены строматолитовые и обломочные разновидности. Они переслаиваются с пестроцветными алевропелитами и полевошпат-кварцевыми прослоями. Отмечаются многочисленные псевдоморфозы по гипсу и соли. В низах пачки попадают магнезит и ангидрит. В интервале 2405–2750 м выделена существенно сульфатная ангидрит-магнезитовая пачка (улитинская толща). Она представлена переслаиванием массивных ангидрит-магнезитовых, пелитоморфных магнезитов и кварц-полевошпатовых алевропелитов. С глубины 2750 до 2944 м находится каменная соль – галитовая толща, представляющая собой массивную крупнокристаллическую массу с большим количеством фрагментов различных вмещающих пород и примесью ангидрита и магнезита.

С глубины 2944 м и до забоя скважина вскрывает архейский фундамент Онежской структуры. Он представлен гранитами и гнейсогранитами, отмечаются субпластовые тела габброидов и пироксенитов.

Рассмотрим более детально некоторые особенности строения ключевых фрагментов разреза. Сульфатная (ангидрит-магнезитовая) пачка – улитинская толща мощностью около 350 м – была выделена ниже карбонатной части туломозерской свиты (контакт не вскрыт). Пачка представлена переслаиванием ангидритовых, доломитовых и магнезитовых прослоев с примесью терригенного алевролитового материала. Толща отчетливо слоистая, с многочисленными проявлениями пластичных седиментогенных/диагенетических деформаций и брекчирования (рис. 2). Составы некоторых пород толщи приведены в таблице 1.

Переход в нижележащую галитовую толщу мощностью около 200 м вскрыт, но непосредственный контакт в керне отсутствует. Галитовая толща имеет общий красноватый оттенок (от светло-серо-розоватого до насыщенного красного); слоистость ей не свойственна. Толща содержит многочисленные включения вмещающих пород, обычно сильно измененных. Встречаются и крупные фрагменты мономинерального магнезита. Галит перекристаллизован в крупные (до 1–1.5 см) кристаллы и насыщен мелкими включениями ангидрита и магнезита (рис. 2). Некоторые составы породы приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 1

**Химический состав ангидрит-магнезитовых пород улитинской толщи,
мас. % по [Онежская..., 2011]**

Породы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ общ.	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	ППП	Сум- ма
1	6.67	<0.1	<0.5	0.2	0.017	25.2	17.6	0.025	0.033	<.05	25.3	74.7
1	1.77	0.029	<0.5	0.39	0.057	26.6	18.2	0.025	0.15	0.09	26.3	73.6
2	36.1	0.68	11.7	6.95	0.057	21.5	0.3	1.72	2.67	<.05	18.3	100
3	3.26	0.02	<0.5	0.24	0.03	48.1	4.4	0.025	0.12	0.22	43.7	100
4	56.2	0.69	16.1	5.62	0.061	5.16	0.97	6.48	4.42	<.05	4.15	99.9
4	52.1	0.56	15.1	4.84	0.051	8.75	1.9	5.34	4.85	<.05	6.14	99.6

Пр и м е ч а н и е . 1 – ангидрит-магнезитовая порода, 2 – пелитоморфный магнезит, 3 – магнезит, 4 – кварц-полевошпатовые алевролиты.

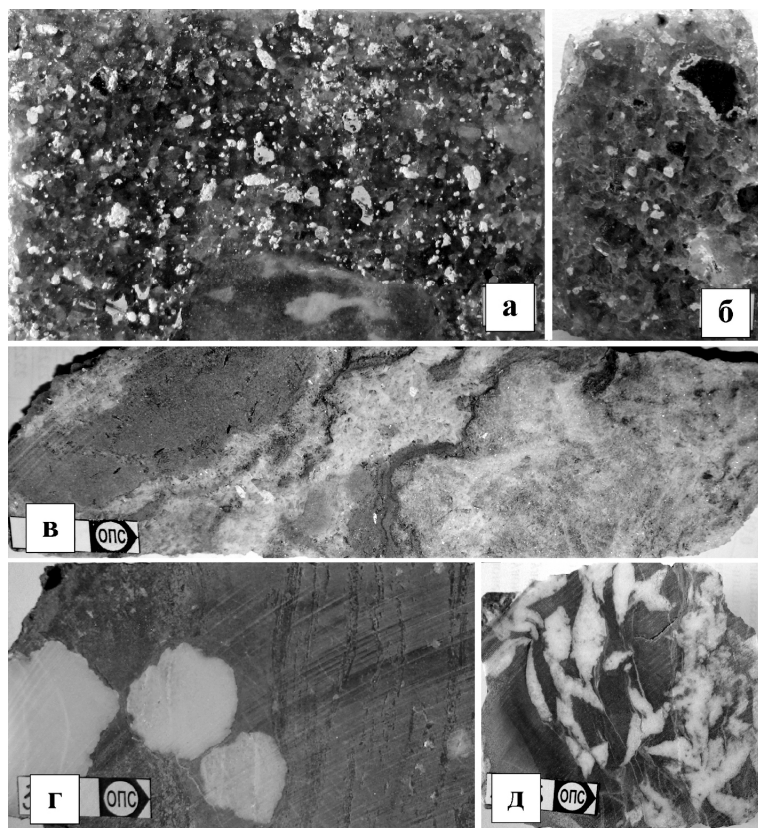


Рис. 2. Характерные текстуры ятулийского надгоризонта (фото зерна ОПС): а, б – галитовая толща, крупные включения – фрагменты вмещающих пород, мелкие светлые выделения – кристаллы ангидрита и магнезита; в – улитинская толща; г, д – туломозерская свита, псевдоморфозы доломита по гипсу (светлое).

Вышележащая карбонатная (доломитовая) толща туломозерской свиты мощностью около 300 м содержит хомогенные и обломочные карбонатные прослои с проявлениями строматолитовых образований [Медведев, Макарихин, 2010] и прослои алевролитов, следы деформаций и гипсовой тектоники (брекчии обрушения и псевдоморфозы карбоната по гипсу) (рис. 2). Алевролитовые (аргиллитовые) прослои содержат многочисленные псевдоморфозы по галиту. Эти известные факты позволяли предполагать существование в ятулийское время эвапоритовых обстановок [Melezhik et al., 2005], однако реальные, сохранившиеся в «живом» виде толщи сульфатных и галитных пород впервые вскрыты ОПС. Широко распространенные в ятулийских образованиях красноцветы, обусловленные появлением свободного кислорода в атмосфере, слабо проявлены в керне ОПС, в нем также не удалось зафиксировать магматические продукты ятулийских фаз основного вулканоплутонизма.

Галитовая толща по ряду признаков, отмеченных выше, представляет собой образование типа соляного диапира или штока. К сожалению, переход ее в архейский гранитогнейсовый фундамент не охарактеризован керном, не вскрыты терригенные по-

Таблица 2

**Минеральный и элементный состав каменной соли из галитовой толщи
[Горбачев, 2011], с сокращениями**

Минеральный состав, %								
Сильвин	Галит	Кварц	Полевой шпат	Ангидрит	Магнезит	Сумма		
1.09	68.05	1.95	1.12	19.54	8.44	100.19		
1.79	70.27	2.17	1.65	12.48	11.39	99.75		
0.97	70.75	2.17	1.65	12.53	11.22	99.28		
0.94	73.98	2.14	2.48	8.20	11.25	98.99		
1.01	70.88	2.65	1.02	11.94	11.84	99.34		
Элементный состав, %								
К	Na	Cl	Ca	Si	Mg	Al	Fe	S
0.57	26.81	41.85	5.75	1.06	2.43	0.23	0.15	4.60
0.94	27.70	43.53	3.68	1.24	3.28	0.34	0.10	2.94
0.51	27.89	43.43	3.69	1.24	3.23	0.34	0.10	2.95
0.49	29.19	45.38	2.42	1.35	3.24	0.51	0.20	1.93
0.53	27.92	43.53	3.51	1.37	3.41	0.21	0.13	2.81

роды нижнего ятулия, кора выветривания по фундаменту и первично-осадочные образования галита. Таким образом, контакт с породами фундамента может быть тектоническим. Возможно, здесь имело место пластичное течение (выжимание) соли из более глубоких частей осадочного разреза (не вскрытых ОПС) вверх, вдоль выступа пород фундамента. Другим следствием соляного диапиризма является «съедание» галитовым штоком части вышележащего разреза, и, следовательно, отсутствие нормального стратиграфического перехода от галитовых к сульфатным породам.

В целом, карбонат-эвапоритовая толща ятулия отражает определенный цикл осадконакопления в эвапоритовом бассейне (соль – сульфаты – карбонаты). Очевидно, во вскрытом разрезе отсутствуют породы основания эвапоритового цикла – терригенные осадки и коры выветривания архейского фундамента и слоистые галитсодержащие пачки.

Таким образом, выявлена следующая зональность в разрезе ОПС. На архейском фундаменте непосредственно (?) залегают тело солей, выше нее – слоистая ангидрит-магнезитовая пачка, постепенно переходящая в карбонатную (доломитовую), в составе которой отмечены строматолитовые постройки. Далее вверх (контакт ятулия с людикувием) через переходные породы нижней заонежской подсвиты залегают черносланцевая толща, в которой снизу вверх происходит нарастание доли вулканитов в разрезе. Их максимум приходится на суйсарскую свиту; выше нее залегают терригенная кондопожская свита калевия. В результате, видна смена режимов от эвапоритового осадконакопления к карбонатному, затем к более глубоководному формированию углеродсодержащих толщ, сменяющемуся мелководным терригенным осадконакоплением. Очевидно, что мелководные эвапоритовые обстановки подчиняются тектоническому контролю режима бассейна, однако их «наполнение» осадочными

образованиями в значительной мере обуславливается глобальными геологическими событиями [Ромашкин, Рычанчик, 2009]. В первую очередь, это появление свободного кислорода в атмосфере на рубеже ятулия, давшее начало массовому образованию краснокветов. Другим его следствием стало формирование морского резервуара сульфатов, приведшее к накоплению наиболее ранней из известных в истории Земли сульфатной пачки – улитинской толщи.

Литература

Горбачев В. И., Петров О. В., Тарханов Г. В. и др. Каменные соли в палеопротерозое Онежского прогиба Балтийского щита // Региональная геология и металлогения. 2011. № 45. С. 90–97.

Медведев П. В., Макарихин В. В. Строматолитовые постройки в разрезе туломозерской свиты, вскрытом опорными буровыми скважинами в Онежском синклинории // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 13. Петрозаводск, 2010. С. 144–148.

Морозов А. Ф., Хахаев Б. Н., Петров О. В. и др. Толща каменных солей в разрезе палеопротерозоя Онежского прогиба Карелии // Доклады АН. 2010. Т. 435. С. 230–233.

Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минералогия) / Отв. ред. *Л. В. Глушанин, Н. В. Шаров, В. В. Щитцов.* Петрозаводск, 2011. 431 с.

Ромашкин А. Е., Рычанчик Д. В. Результаты выполнения первых этапов проекта FAR-DEEP // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 12. Петрозаводск, 2009. С. 125–129.

Шаров Н. В., Голубев А. И., Клабуков Б. Н. и др. Прогнозная геолого-геофизическая модель глубинного строения участка заложения Кондопожской параметрической скважины (Онежская структура) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 10. Петрозаводск, 2007. С. 177–185.

Melezhik V. A., Fallick A. E., Rychanchik D. V., Kuznetsov A. B. Palaeoproterozoic evaporites in Fennoscandia: implications for seawater sulphate, the rise of atmospheric oxygen and local amplification of the $\delta^{13}\text{C}$ excursion // Terra Nova. 2005. Vol. 17. № 2. P. 141–148.