УДК553.494(470.13)

В. Г. КОЛОКОЛЬЦЕВ (ВСЕГЕИ)

Новое о титаноносности Ярегского рудного узла (Южный Тиман)

Всесторонне рассматривается Ярегское нефтетитановое месторождение-гигант. Впервые приводятся подробные сведения о неизвестных ранее четырех проявлениях и шести пунктах титановой минерализации на площади одноименного рудного узла. Прогнозируются две различающиеся по продуктивности рудные зоны. Полученные материалы позволили суммарные прогнозные ресурсы диоксида титана (по кат. P_3) в Ярегском рудном узле оценить величиной, равной разведанным запасам месторождения-гиганта. В рудном узле выделены два генетических типа россыпей. Самые крупные россыпи приурочены к чибьюской свите, имеют живетский возраст и ассоциируются с аллювиальными обстановками. К прибрежно-морским отнесены франские россыпи в терригенной толще джьерской свиты и в более молодых отложениях непосредственно на байкалидах.

Ключевые слова: *Южный Тиман, нефтетитановое месторождение, Ярегское месторождение-гигант, лейкоксен, псефитолиты, сидерит.*

V. G. KOLOKOLTSEV (VSEGEI)

New about titanium content in the Yarega ore cluster (Southern Timan)

Yarega oil-titanium giant field is considered comprehensively. Details of previously unknown four shows and six points of titanium mineralization in the cognominal ore cluster are first given. Two distinct in productivity ore zones are predicted. These materials enabled to evaluate the total estimated titanium dioxide resources (P_3 grade) in Yarega ore cluster as equal to the proven reserves in the giant field. The ore cluster incorporates two genetic types of placers. The largest placers are confined to the Chibyu formation, are of Givetian age and associated with alluvial environment. Frasnian placers in terrigenous beds of the Dzhyer formation and in younger sediments directly on Baikalides are referred to coastal-marine ones.

Keywords: *South Timan, oil-titanium field, Yarega giant field, leucoxene, psephitolites, siderite.*

Введение. Ярегский рудный узел находится на Южном Тимане в своде Ухтинской антиклинальной структуры (рис. 1). Он включает самое большое в России и одно из крупнейших в мире по запасам титана одноименное нефтетитановое месторождение. В начале 30-х годов оно было известно лишь как нефтяное, где с 1935 г. добывали нефть обычным скважинным способом, а с 1939 г. из-за высокой вязкости ее извлекают шахтами паротепловым методом. После открытия в 1941 г. заключенным Ухтижемлага Василием Авксентьевичем Калюжным рудных концентраций лейкоксена в песчаных нефтяных коллекторах оно известно как нефтетитановое месторождение. Здесь на опытной установке с 1966 г. в небольших количествах получали пигментный диоксид титана. Позже в целях комплексного освоения месторождения запроектировано строительство горно-химического комбината мощностью 650 тыс. т руды в год с последующим увеличением ее вдвое [1, 9, 12]. В пределах рудного (вернее нафтидорудного) узла разведано несколько месторождений нефти и газа. Что касается титановых руд, то кроме уникального Ярегского месторождения здесь известны всего лишь одно рудопроявление (Водненское) [2] и один пункт минерализации [3]. И если оценка запасов руды Ярегского месторождения не вызывает сомнений (запасы измеряются миллиардами тонн [8] и способны на долгосрочную перспективу обеспечить потребности страны в титановом сырье), то рудоносность всего рудного узла изучена слабо. Практически все специалисты признают территорию Ярегского рудного узла весьма перспективной на обнаружение новых титановых месторождений. Однако его площадь характеризуется весьма скудными сведениями о титановых рудопроявлениях и пунктах минерализации, несмотря на то что покрыта довольно густой сетью скважин [2, 3]. Этот парадокс требует объяснения.

Дефицит информации о прямых признаках титаноносности в немалой степени связан с объективными трудностями визуальной диагностики ярегских лейкоксеновых руд. Их минералогические и физико-механические свойства кардинально не похожи на свойства руд общеизвестных ильменитовых и рутиловых россыпей. В отличие от них ярегский рудный компонент – лейкоксен при любых, в том числе ураганных, концентрациях не образует контрастно выделяющихся естественных черных шлихов в кварцевых песчаниках. Его серые и светло-серые зерна беспорядочно распределены в песчаниках и схожи с кварцевыми песчинками и глинистыми окатышами. Упоминание об этих особенностях можно отыскать в некоторых публикациях, но обычно они не фигурируют в качестве важных диагностических свойств ярегских лейкоксеновых руд. Вероятно, по этим причинам рудные концентрации лейкоксена оставались незамеченными в керне скважин, не нацеленных на поиск титановых руд. В этом мы убедились на примере тех скважин, которые были пробурены при поисках бокситов на площади Ярегского рудного узла

© В. Г. Колокольцев, 2016

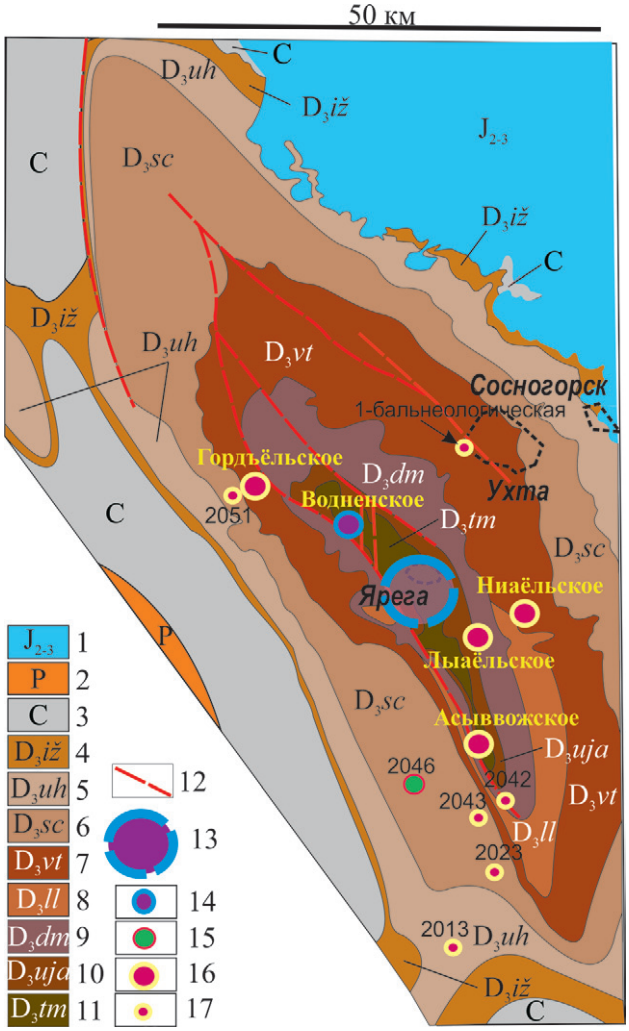


Рис. 1. Геологическая карта Ярегского рудного узла [2, 3]

1 – средне-позднеюрские отложения; *2* – пермские отложения; *3* – каменноугольные отложения; *4–11* – свиты девона: *4* – ижемская; *5* – ухтинская; *6* – сирачойская; *7* – ветласянская; *8* – лыаельская; *9* – доманиковая; *10* – устьярегская; *11* – тиманская; *12* – разломы; *13* – Ярегское нефтетитановое месторождение; *14, 15* – известные ранее: *14* – лейкоксеновое рудопроявление, *15* – пункт лейкоксеновой минерализации; *16, 17* – впервые обнаруженные: *16* – лейкоксеновые рудопроявления, *17* – пункты лейкоксеновой минерализации. Цифры – номера скважин

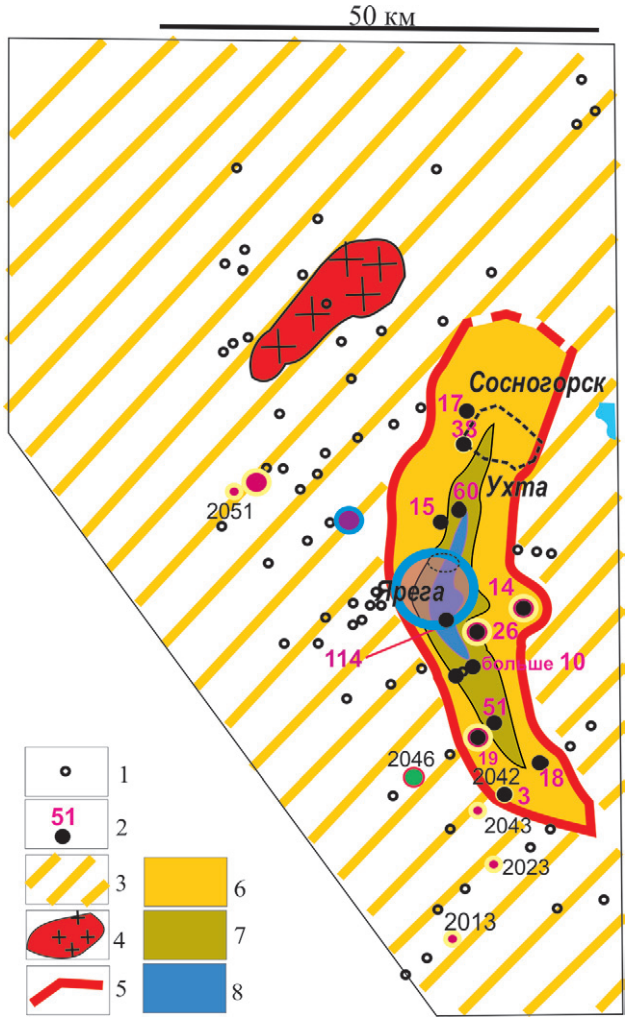


Рис. 2. Площадь распространения чибьюской свиты

1 – скважины, вскрывшие фундамент; *2* – скважины, вскрывшие чибьюскую свиту, и ее толщина; *3* – рифейско-вендские сланцы и их коры выветривания на дофранской (чибьюской) дневной поверхности; *4* – вендские граниты на дофранской дневной поверхности; *5* – нулевой контур чибьюской свиты; *6–8* – толщина чибьюской свиты: *6* – от 0 до 50, *7* – от 50 до 100, *8* – больше 100 м. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1

в 1975–1978 гг., керн которых нам удалось отыскать через десять с лишним лет на старых базах геологических партий. В результате его изучения сотрудниками ВСЕГЕИ В. Г. Колокольцевым, М. А. Лисицыной, Е. Н. Нестеровой были установлены рудные концентрации лейкоксена. Не скрою, что при полевом описании кварцевых песчаников мы не сразу увидели большие скопления лейкоксена. Достоверно они были установлены в камеральных условиях в шлифах, а затем подтверждены рентгенофлюоресцентным анализом. Позже мы научились распознавать лейкоксен и в полевых условиях. После смачивания свежего скола образца водой зерна лейкоксена удается определить по характерной для них гидрофобности.

Из всех изученных нами скважин в четырех установлены титановые рудопроявления, а в шести пункты минерализации. Об одном из этих рудопроявлений и выявленном структурно-тектоническом факторе их локализации очень скупо сообщалось и раньше: «...свод Ухтинской брахиантиклинали расчленен на три самостоятельных купола. К северному куполу приурочено Ярегское месторождение, а поисковые скважины, пробуренные Ухтинской ГРЭ в более южном куполе (Лыаёльском – *В. К.*), также вскрыли богатые кварц-лейкоксеновые руды, что дает основание ожидать здесь новое месторождение, но с более глубоким залеганием руд» [6, с. 20]. По мере продолжения изучения керна в других скважинах получены материалы о рудных концентрациях лейкоксена северо-западнее и восточнее Ярегского месторождения. Местоположение и геологическая характеристика всех этих объектов публикуются впервые.

Геологическая характеристика Ярегского нефтетитанового месторождения и его окрестностей. Геологические особенности Ярегского месторождения и минералого-технологические свойства его

руд раскрыты в трудах В. А. Калюжного, а также Д. П. Сердюченко, А. Р. Сушона, О. С. Кочеткова, Н. Э. Гернгардт, Е. Д. Надеждиной, Г. Р. Авджиева, В. Г. Гецена, И. В. Швецовой, В. Д. Игнатьева, И. Н. Бурцева и других исследователей. Укажем лишь самые необходимые сведения, позволяющие понять взаимосвязь публикуемых металлогенических фрагментов, а также те геологические детали, которые, по нашему мнению, не нашли должного отражения в публикациях.

В строении Ярегского месторождения отчетливо обособляются два структурных этажа: байкальский фундамент, сложенный метаморфизованными рифейско-вендскими породами, и залегающий со структурным несогласием платформенный чехол с менее дислоцированными палеозойскими осадочными образованиями. В основании платформенного чехла на рифейско-вендских сланцах, чаще на их глинистой структурной коре выветривания, с угловым несогласием залегает чибьюская свита, которая относится к старооскольскому надгоризонту живетского яруса и слагает подавляющую долю разреза титановорудной формации [6]. Эта свита вмещает все подсчитанные и утвержденные запасы титановых руд.

Площадь распространения чибьюской свиты в плане напоминает субмеридионально ориентированную дугообразно изогнутую ленту длиной более 50 км при ширине до 10–12 км (рис. 2). Максимальная мощность свиты достигает 114 м. Глядя на карту изопахит, можно предположить, что чибьюская свита заполняет долинообразную депрессию, наложенную на рифейско-вендские, преимущественно гидрослюдисто-глинистые сланцы с подчиненными прослоями кварцито-песчаников. В 10–15 км к северо-западу от чибьюской свиты на предфранской палеоповерхности картируется Верхнечутинский массив вендских биотитовых гранитов, площадь которого, по геофизическим данным, оценивается в 100 км^2.

В свите выделяются четыре пачки. Нижняя пачка («надсланцевые аргиллиты» по местной нефтепромысловой терминологии), толщиной около 5 м, редко больше, распространена локально и скорее всего выполняла западины рельефа в древней долине. Пачка представлена аргиллитовидными породами серого и темно-серого цвета и тонкими пропластками тонкозернистых битуминозных темно-серых песчаников. На аргиллитах, а чаще непосредственно на рифейско-вендских породах или их коре выветривания залегает пачка переслаивания несортированных или плохосортированных обломочных пород. Среди них значительная доля принадлежит псефитолитам, которые представляют собой несортированные дресвяные и дресвяно-щебневые брекчии, содержащие от 10 до 50 % крупнообломочного кварцевого материала. Характерно почти полное отсутствие в обломках следов окатанности. Мелкообломочный (чаще псаммитовый) матрикс псефитолитов имеет мономиктовый кварцевый или кварцево-лейкоксеновый состав. Рассеянные крупные остроугольные и угловатые блоки моно- и поликристаллического кварца часто присутствуют и в псаммитовых прослоях, в том числе и в их мелкозернистых разностях. Толщина крупнообломочной пачки редко превышает 35 м. Она вмещает самый продуктивный (нижний) титановорудный горизонт средней мощностью около 18 м. В средне-крупно-грубозернистых псаммитовых и псефитовых рудах содержание TiO_2 от 2,5 до 17,8 при среднем 8,75 %, а концентрация ZrO_2 от 0,01 до 0,3 % [2]. В самых богатых среднезернистых псаммитовых структурных разновидностях концентрация лейкоксена достигает 400–450 кг/т. Максимальные размеры зерен лейкоксена 2–3 мм (по длинной оси), в шлифах в основном 0,1–0,3 мм. В лейкоксеновых зернах концентрации диоксида титана и кремнезема, варьируя в широком диапазоне, в среднем составляют (по приведенным в публикациях [4, 5, 8] химическим анализам лейкоксена) 67,2 и 23,5 %. В составе тяжелой фракции кроме лейкоксена (45–99 %) обнаруживаются (по мере убывания) сидерит (до 40 %), турмалин (до 20 %), анатаз, брукит, пирит, циркон, редкие знаки золота. Из сопутствующих промышленно ценных, помимо циркона, присутствуют знаки монацита, куларита.

Для пород крупнообломочной пачки характерны наложенные процессы сидеритизации и окварцевания. Отметим три структурные разновидности очень распространенного в чибьюской свите сидерита: мелко-средне- и крупнокристаллическая, обычно служащая цементом в песчаниках; сферолитовая с преобладающими диаметрами индивидов от 0,1 до 1,0 мм; криптозернистая в виде крупных желваков или обломковидных агрегатов. Последние на выделенном нами Ниаельском проявлении образуют конгломератовидный прослой в основании чибьюской свиты. В интенсивно сидеритизированных рудах с криптозернистыми желваками основная масса рудного компонента содержится в межжелваковом матриксе с максимальными его концентрациями в экзоконтактовых зонах желваков. В самих желваках лейкоксен находится в минимальных количествах либо вовсе отсутствует.

О наложенном окварцевании свидетельствует присутствие в песчаниках идиоморфных шестигранных кристаллов водяно-прозрачного кварца (до 1,5–2,0 см по длинной оси) [6, 11], широко проявленная регенерация кварцевых зерен, а также часто наблюдаемая кварцевая каемка на зернах лейкоксена [4]. Не исключено, что процессы вторичного окварцевания повинны в очень высоких (до 28 % и более) концентрациях SiO_2 в зернах лейкоксена, содержащих идиоморфные нанокристаллы кварца.

В залегающей выше (третьей) пачке толщиной до 35 м преобладают хорошо сортированные песчаники, часто с косой слоистостью. Как и в предыдущей пачке, состав песчаников и алевролитов мономиктовый кварцевый, реже лейкоксен-кварцевый. Верхняя (четвертая) пачка (до 20 м) сложена кварцевыми и лейкоксен-кварцевыми мелкозернистыми песчаниками со слойками аргиллитовидных глин и прослоями разнозернистых, нередко косослоистых кварцевых или лейкоксен-кварцевых песчаников. В ней присутствуют линзы лейкоксеновых руд с содержаниями TiO_2 от 1 до 11 %, запасы которых из-за меняющейся мощности не подсчитывались.

Интересной особенностью пород чибьюской свиты в контуре месторождения являются своеобразные инъекционные текстуры в серицит-гидрослюдистых аргиллитах, представленные комбинацией сопрягающихся конических (высотой 1–5 см) и послойных тел, сложенных мелкозернистым кристаллобластическим кварцем с лейкоксеном и цирконом [7]. Аналогичные текстуры задокументированы в 15 км восточнее Ярегского

месторождения в пункте лейкоксеновой минерализации в скв. 1-Бальнеологическая.

В состав титановорудной формации включена [6] перекрывающая чибьюскую свиту терригенная толща, которая является нижней частью джьерской свиты нижнефранского подъяруса. В основании толщи залегают конгломераты, сложенные хорошо окатанными плоскими гальками преимущественно сланцев, а также гравелиты и песчаники. В отличие от собственно кварцевых песчаников чибьюской свиты в этих терригенных породах преобладают олигомиктовые и мезомиктовые разности, в которых на долю кварцевых зерен приходится 65–80 % объема породы. Терригенная толща максимальной мощностью 20 м вмещает рудный пласт, традиционно именуемый «верхней россыпью». Средняя мощность рудного пласта около 3 м при содержании TiO_2 от 2 до 19 %. Завершается разрез терригенной толщи и всей титановорудной формации аргиллитовой пачкой, которая перекрывается вулканогенной ярегской толщей, сложенной базальтами, туфами, туфобрекчиями и туффитами основного состава с прослоями аргиллитов, алевролитов, песчаников. Мощность ярегской толщи достигает 70 м. Девонские свиты, залегающие выше джьерской, картируются на дочетвертичной поверхности и изображены на рис. 1.

Генетический тип Ярегского месторождения определен как древняя погребенная россыпь. По поводу ее фациальной принадлежности высказаны две версии: прибрежно-морская (пляжевая) [10] и континентальная аллювиальная [2]. Прибрежно-морская версия требует объяснения причин избирательной сохранности отложений пляжной зоны (мощностью до 114 м) при полном отсутствии на площади Ярегского рудного узла и в его окрестностях признаков каких-либо других характерных для морского бассейна ландшафтных элементов. Избирательную сохранность древнего пляжа объясняют грабеном, но эта вспомогательная гипотеза, на наш взгляд, не прибавляет привлекательности прибрежно-морской версии.

Менее противоречивой выглядит альтернативная генетическая гипотеза. Морфометрические характеристики и литологические свойства чибьюской свиты согласуются с предположением о ее вероятном формировании в довольно глубоковрезанной палеодолине континентального водотока. Часто залегая на коре выветривания и заполняя симметричную долинообразную депрессию, эта свита больше ассоциируется с континентальными аллювиальными (субаллювиальными) обстановками. Дресвяные и дресвяно-щебневые псефитолиты в составе чибьюской свиты, вероятно, являются свидетелями активной гидродинамики водотоков. Известно, что слабодифференцированные по гранулометрическому составу отложения с неокатанными и плохоокатанными обломками характерны для аллювия временных водотоков. Подводя итог генетическим рассуждениям, подчеркнем, что на Ярегском месторождении распространены россыпи двух генетических типов. При этом все промышленно важные россыпи, составляющие 100 % разведанных и утвержденных запасов, входят в состав чибьюской свиты и относятся скорее всего к аллювиальному типу. Залегающая с размывом на чибьюской свите терригенная толща джьерской свиты с заключенными в ней лейкоксеновыми залежами «верхней россыпи» с забалансовыми рудами, напротив, формировалась в прибрежно-морских условиях. На это указывают постепенное латеральное замещение этих россыпей карбонатными фациями мелководного шельфа, а также иногда наблюдаемое в керне чередование в вертикальном разрезе маломощных лейкоксеновых россыпей и ракушняковых известняков.

Источником ярегского рудного компонента считают рифейско-вендские сланцы байкальского основания с высокими концентрациями диоксида титана. О минеральной форме его поступления в россыпь высказывались разные гипотезы. Согласно одной из них, в россыпь транспортировался ильменит, в другой отдается предпочтение сфену (титаниту). По мнению многих геологов, интенсивная лейкоксенизация ильменита могла быть «обусловлена гидрогенными и нефть-гидрогенными процессами» [5, с. 2]. Но в конце ушедшего столетия было высказано принципиально иное предположение о том, что «ярегский лейкоксен не является продуктом аморфизации ильменита или сфена. Он представляет собой начальную стадию становления ильменита» [6, с. 65]. Позже Л. В. Махлаев [10] более развернуто и убедительно изложил модель поступления в россыпь не ильменита и не сфена, а метаморфогенного лейкоксена, который в значительных количествах присутствует в рифейско-вендских сланцах.

Рудопроявления титана в Ярегском рудном узле. Рудопроявления титана представлены минеральными телами с концентрацией лейкоксена, отвечающей требованиям промышленности, однако из-за недостаточной изученности (и возможно, малых запасов) не могут быть отнесены к месторождениям. Пункты минерализации – это минеральные тела с аномально высокими (в 2–3 раза превышающими региональный кларк) концентрациями лейкоксена.

Полевая диагностика лейкоксена на этих объектах проводилась визуально в свежих сколах керновых образцов. Она позволяла различать кварцевые и лейкоксен-кварцевые песчаники. В камеральных условиях количественная оценка концентрации лейкоксена осуществлялась в шлифах. Непрозрачные в проходящем свете зерна лейкоксена довольно уверенно отличаются от других рудных минералов в косом свете по белому ватоподобному отражению. Подсчитанная в шлифе суммарная площадь лейкоксеновых зерен пересчитывалась на содержание диоксида титана. Для пересчета было принято среднее содержание в лейкоксене TiO_2 равное 67,0 %. Рентгенофлюоресцентным методом проведен контроль точности такого способа количественной оценки диоксида титана (таблица).

Ниаёльское проявление вскрыто скв. 2068 в 7 км к восток-юго-востоку от Ярегского месторождения, в верховьях ручья Ниаёль (рис. 1). В основании разреза залегают зеленовато-темно-серые углеродисто-серицитовые сланцы венда (414,5–413,1 м) и сформированная на них структурная кора выветривания, представленная зеленовато-светло-серыми продуктами глинизации сланцев (413,1–407,5 м). Глинистую кору выветривания перекрывает чибьюская свита (рис. 3, *А*):

Слой 1. 407,5–407,1 м – интенсивно сидеритизированная пачка тонкого переслаивания зеленовато-светло-серых хлорит-гидрослюдистых глин (1–3 см) и серых мелко-среднезернистых лейкоксен-кварцевых песча-

Химический состав лейкоксеновых руд

Номер пробы	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	$Fe_2O_{3общ}$	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	п.п.п.	Сумма	V	Ba
2050-7	63,87	1,85	22,93	1,61	0,04	0,50	0,70	0,59	0,91	0,20	6,80	100	< 0,005	< 0,005
2068-4	54,59	2,60	32,79	1,98	0,05	0,88	0,75	0,62	0,84	0,23	4,67	100	< 0,005	0,010
2050-10	32,15	2,58	27,76	5,62	0,63	3,84	9,34	0,56	0,87	0,25	16,40	100	< 0,005	< 0,005
2068-5	21,32	2,78	13,28	38,77	0,71	1,02	0,87	0,54	0,82	0,22	19,65	100	< 0,005	< 0,005
2052-13	32,65	4,64	31,78	15,75	0,30	0,81	0,81	0,61	1,43	0,20	11,00	100	< 0,005	0,008
Пределы обнаружения	0,02	0,05	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	0,1	0,01	0,05	0,1		0,005	0,005

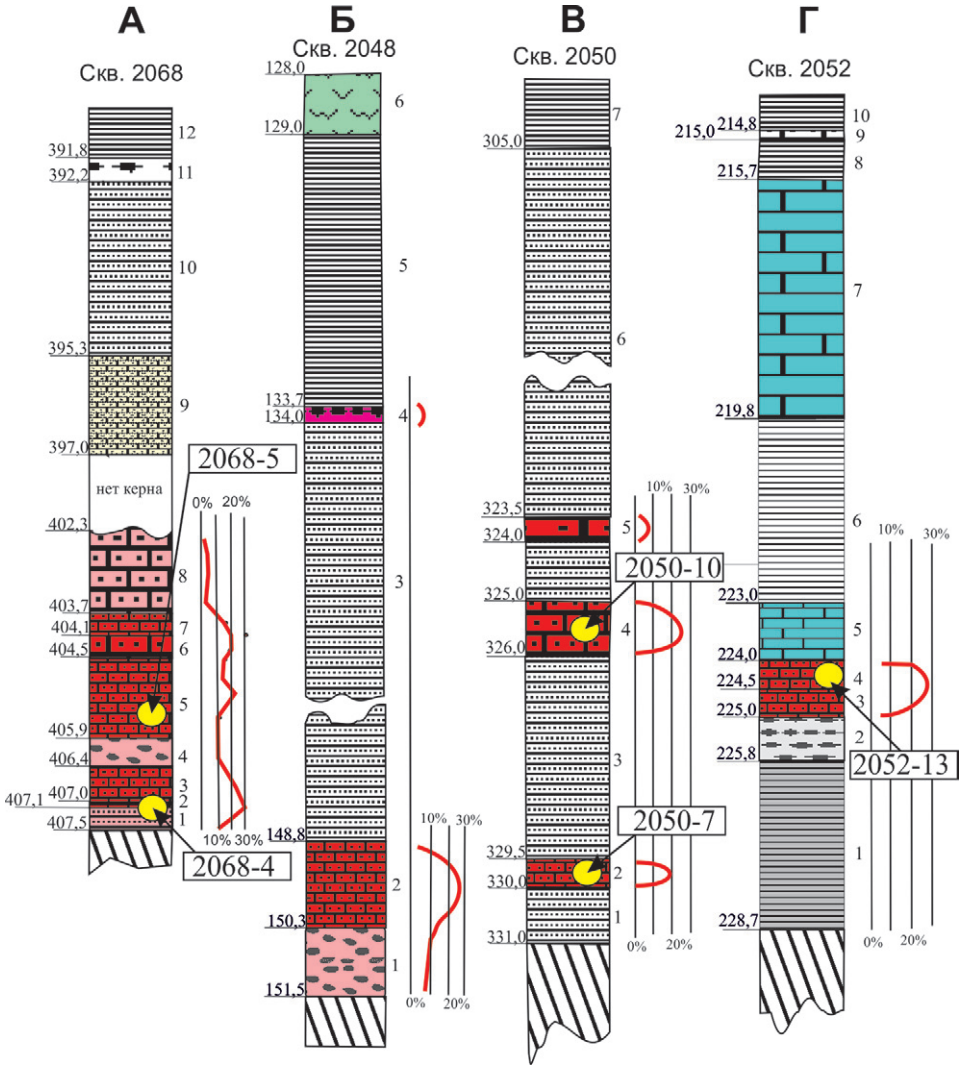


Рис. 3. Литологические колонки рудопроявлений (*А* – Ниаёльское; *Б* – Асыввожское; *В* – Лыаёльское; *Г* – Гордъёльское). Их описание и литологические характеристики даны в тексте. Красная линия – концентрация TiO_2, полученная пересчетом количества лейкоксена в шлифах. Желтые кружки – пробы, проанализированные рентгенофлюоресцентным методом в ХАЛ ВСЕГЕИ. В прямоугольниках – номера проб

ников (0,5–1,0 см) с редкими коричневато-красными пятнами за счет позднеэпигенетического окисления сидерита. В песчаниках концентрация лейкоксена достигает 40 %. Характерной особенностью являются следы объемной деформации (контракции) этих сидерит-лейкоксеновых руд, искажающей былую слоистую текстуру (рис. 4, *а*).

Слой 2. 407,1–407,0 м – псефито-псаммитовая лейкоксен-кварцевая порода с остроугольными блоками (до 1,0 см) молочно-белого кварца (рис. 4, *б*). Концентрация лейкоксена около 50 %. Пр. 2068-4 (таблица).

Слой 3. 407,0–406,4 м – песчаник мелко-среднезернистый лейкоксен-кварцевый тонкослоистый на гидрослюдистом цементе. Концентрация лейкоксена

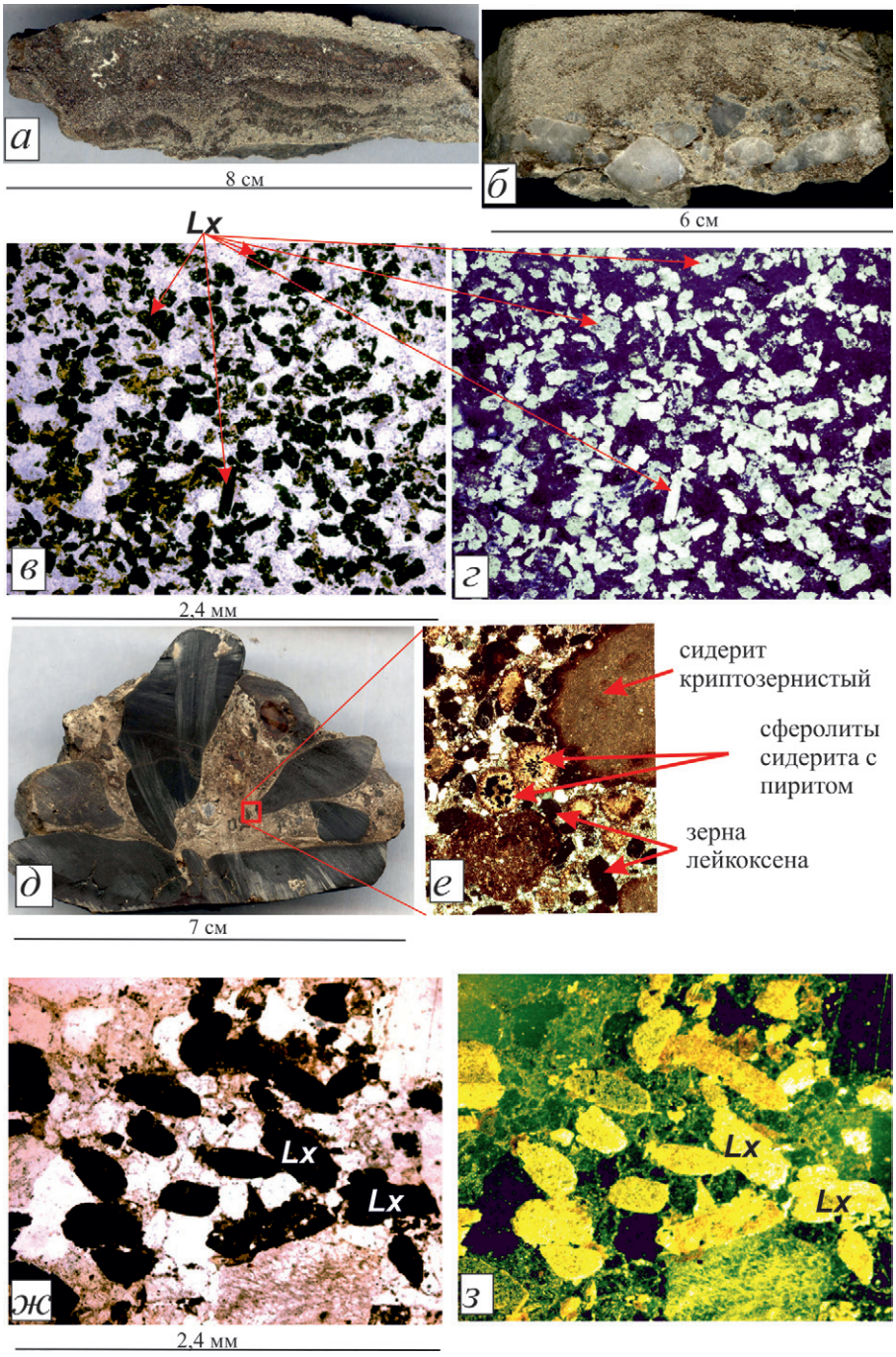


Рис. 4. Породы и руды Ниаёльского рудопроявления

а – слой 1. Объемно-деформированная пачка переслаивания кварц-лейкоксеновых песчаников (светлое) и сидеритизированного хлорит-гидрослюдистого пелита; *б* – слой 2. Псефито-псаммитовая кварц-лейкоксеновая богатая руда; *в* – слой 3. Мелкие зерна лейкоксена в руде с псаммитовой структурой. Шлиф 2068-3, без анализатора, черное – лейкоксен; *г* – то же в косом свете, белое – лейкоксен; *д* – слой 4. Конгломератовидная порода с черными блоками криптозернистого сидерита. Сканограмма образца; *е* – шлиф из того же образца без анализатора, видны взаимоотношения криптозернистого и сферолитового сидерита; *ж* – слой 6. Крупные зерна лейкоксена в руде с псаммитовой структурой. Шлиф 2068-308, без анализатора, черное – лейкоксен; *з* – тот же шлиф в косом свете, белое – лейкоксен

15–20 %, в отдельных прослоях достигает 40 %. Преобладающий размер зерен лейкоксена 0,1–0,2 мм (рис. 4, *в*, *г*).

Слой 4. 406,4–405,9 м – лейкоксенсодержащая конгломератоподобная порода с обломковидными агрегатами криптокристаллического сидерита (рис. 4, *д*), сцементированными серицит-кварцевым материалом со сферолитами сидерита (рис. 4, *е*). Редкие каверны (до 0,5 см) заполнены черным полужидким битумом. Состав криптозернистого сидерита в обломках (по данным микрозондового анализа): CO_2 48,36; Al_2O_3 0,54; SiO_2 0,77; MnO 0,39; FeO 49,49 %. Состав сферолитового сидерита: CO_2 47,42; CaO 0,33; MnO 3,05, FeO 49,20 %. В нем почти на порядок больше марганца.

Слой 5. 405,9–404,5 м – песчаник мелко-среднезернистый лейкоксен-кварцевый сидеритизированный с тонкими пропластками зеленовато-серой глины. Концентрация лейкоксена (в шлифах) от 10 до 20 %. Пр. 2068-5 (таблица).

Слой 6. 404,5–404,1 м – песчаник крупно-грубозернистый лейкоксен-кварцевый серый с зеленоватым оттенком, сидеритизированный. Концентрация лейкоксена около 10 %, преобладающий размер зерен 1,0–1,2 мм (рис. 4, *ж*, *з*).

Слой 7. 404,1–403,7 м – песчаник мелко-среднезернистый лейкоксен-кварцевый с косой слоистостью, выраженной благодаря хлорит-гидрослюдистым слойкам светло-зеленого цвета. Концентрация лейкоксена 15 %.

Слой 8. 403,7–397,0 м – песчаник грубо-крупнозернистый лейкоксен-кварцевый косослоистый с угловатыми и остроугольными блоками молочно-белого кварца. В этом интервале (6,7 м) выход керна 1,4 м. Содержание лейкоксена около 3 %.

Слой 9. 397,0–395,3 м – песчаник мелко-тонкозернистый серый с большим количеством углефицированного растительного детрита.

Слой 10. 395,3–392,2 м – переслаивание алевролита (1–15 мм) с углефицированным растительным детритом и глины аргиллитовидной (1–40 мм). Перекрывается с размывом джьерской свитой.

Слой 11. 392,2–391,8 м – конгломерат с окатанными плоскими гальками сланцев и угловатыми изометричными блоками молочно-белого кварца.

Слой 12. 391,8–391,5 м – глина аргиллитоподобная красновато-коричневая в основании, выше сменяющаяся зеленовато-серой.

Мощность чибьюской свиты на Ниаёльском проявлении 15,3 м. На долю лейкоксеноворудного пласта приходится 5,2 м. Из них 3,8 м – руда с концентрациями лейкоксена от 5 до 30 % (или в пересчете на TiO_2 от 3,3 до 20,1 %) и 1,4 м – бедные руды с содержанием лейкоксена 3,0 % (2,0 % в пересчете на TiO_2).

Асыввожское проявление вскрыто скв. 2048 в 14 км к югу от Ярегского месторождения в верховьях ручья Асыввож (рис. 1). На глубине 170,0–151,5 м залегают темно-серые углеродисто-серицитовые сланцы. Угол падения слоистости около 70, кливажа около 10°. С глубины 160,0 м сланцы осветлены до светло-зеленого цвета, в интервале 152,0–151,5 м породы светло-серые, интенсивно глинизированные.

На глинистой коре выветривания залегает чибьюская свита (рис. 3, *Б*):

Слой 1. 151,5–150,3 м – лейкоксен-сидерит-кварцевая псаммитовая руда нефтенасыщенная темно-серого цвета с черными обломковидными стяжениями сидерита в лейкоксен-песчано-глинистом матриксе. Зерна лейкоксена распределены неравномерно (от 7 до 15 %) в песчано-глинистом веществе (и менее 3 % в сидеритовом желваке) (рис. 5, *а*).

Слой 2. 150,3–148,8 м – песчаник среднезернистый косослоистый кварц-лейкоксеновый нефтенасыщенный (рис. 5,*б*). Содержание лейкоксена от 20 до 40 %.

Слой 3. 148,8–134,0 м – пачка переслаивания нефтенасыщенных мелкозернистых песчаников, алевролитов, аргиллитов.

Выше (134,0–133,7 м) залегает конгломерат (слой 4) джьерской свиты. Он сложен окатанными гальками сланцев (до 3 см), плохоокатанными блоками молочно-белого кварца (до 8 мм) и связующим их лейкоксен-кварцево-глинистым материалом (рис. 5, *в*). Содержание лейкоксена от 3 до 5 %. На конгломерате (133,7–129,0 м) тонкослоистые светло-зеленые аргиллиты с тонкими (0,5–1,5 мм) слойками светло-серого алевролита (слой 5). Угол падения слоистости в аргиллитах около 20°. Аргиллиты перекрываются светло-зелеными (129,0–128,3 м) и темно-серыми, почти черными (128,3–122,0 м) базальтами.

Мощность чибьюской свиты 17,5 м, толщина рудного пласта 2,7 м, из них 1,5 м – богатые руды с содержанием лейкоксена от 20 до 40 % (или в пересчете на TiO_2 от 13,4 до 26,8 %). Кроме того, в составе джьерской свиты вскрыты конгломераты мощностью 0,3 м, соответствующие убогим рудам.

Лыаёльское проявление вскрыто скв. 2050 в 3 км восточнее Ярегского месторождения на р. Лыаёль (рис. 1). На глубине 347,0–331,0 м темно-серые сланцы (угол падения 5–7°), на которых со стратиграфическим несогласием залегает чибьюская свита (рис. 3, *В*):

Слой 1. 331,0–330,0 м – алевролит серый с прослоями мелкозернистого песчаника с обломковидными включениями (до 0,5 × 2 см) смоляно-черного битума. В 0,2 м выше подошвы прослой (5 см) черной горизонтально рассланцованной битуминозной породы.

Слой 2. 330,0–329,5 м – песчаник кварцево-лейкоксеновый крупно-грубозернистый (рис. 5, *г*) с резкими нижним и верхним контактами. Богатая руда. Пр. 2050-7 (таблица).

Слой 3. 329,5–326,0 м – алевролит слоистый с включениями смоляно-черного битума и, возможно, углефицированными обрывками растительности, участками конгломератоподобный за счет обломковидных сидеритовых стяжений (рис. 5, *д*).

Слой 4. 326,0–325,0 м – песчаник неяснослоистый грубозернистый темно-серый кварц-лейкоксеновый (рис. 5, *е*). Богатая руда. Пр. 2050-10 (таблица).

Слой 5. 325,0–324,0 м – алевролит, аналогичный слою 3.

Слой 6. 324,0–323,5 м – гравелит темно-серый кварцево-лейкоксеновый с зернами лейкоксена.

Слой 7. 323,5–305,0 м – пачка тонкого переслаивания алевролита, тонкозернистого песчаника и аргиллитовидной глины серого цвета. Характерны следы жизнедеятельности донных организмов (илоедов). В кровле пропитанный нефтью прослой (1,0 м) мелко-тонкозернистого песчаника. Примечателен пятнистый характер нефтенасыщения, характерный для всей чибьюской свиты в этой скважине.

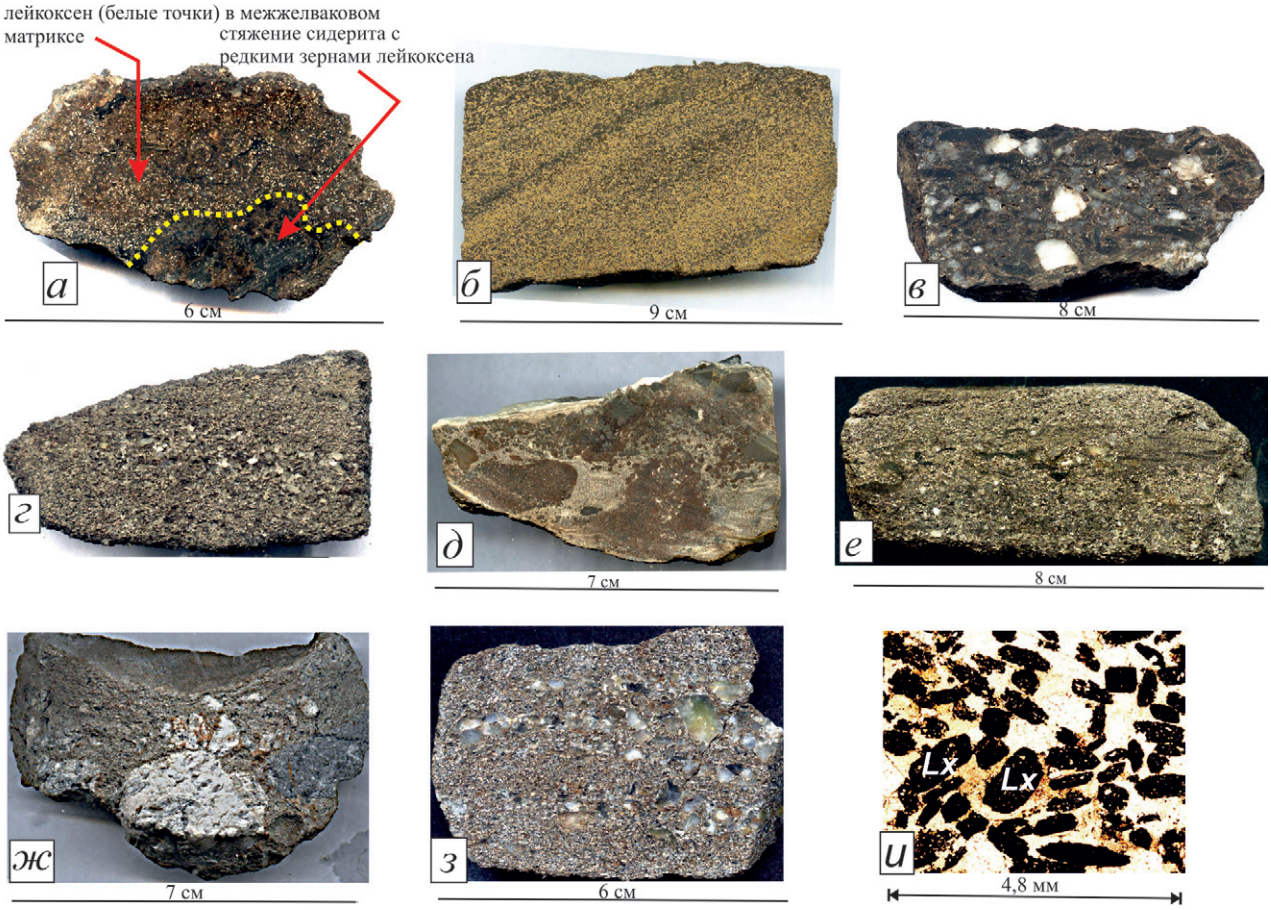
Чибьюская свита мощностью 26,0 м содержит три горизонта лейкоксеновых руд (0,5, 1,0 и 0,5 м), разделенных безрудными прослоями толщиной 3,5 и 1,0 м. Концентрация лейкоксена в рудах от 5 до 40 %. В перекрывающей джьерской свите мощностью 64,5 м титановая минерализация не обнаружена.

Гордъёльское проявление вскрыто скв. 2052 в верховьях р. Гордъёль (рис. 1). На глубине 236,0–228,7 м кварцево-слюдистые сланцы зеленого цвета. Перекрывает их тиманская свита (рис. 3, *Г*):

Слой 1. 228,7–225,8 м – глинисто-битуминозная порода горизонтальнотонкорассланцованная черного цвета, с конкрециями (до 2 см в поперечнике) сидерита, к кровле сидеритизация более интенсивная.

Слой 2. 225,8–225,0 м – сидеритолит темно-серого цвета с реликтами подстилающих пород слоя 1.

Слой 3. 225,0–224,5 м – псефитолит с угловатыми блоками монокристаллического молочно-белого кварца до 8 см (рис. 5, *ж*) с псаммитовым матриксом на сидеритовом цементе, с беспорядочно размещенным лейкоксеном (5–8 %). В кровле (0,1 м) псефитолит примечателен причудливой формой блоков кварца,



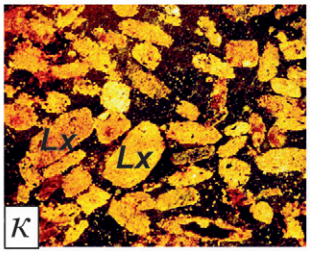


Рис. 5. Породы и руды Асыввожского, Лыаёльского и Гордъёльского рудопроявлений

а, *б*, *в* – Асыввожское проявление: *а* – слой 1. Сидерит-лейкоксеновая руда (белые точки – лейкоксен), *б* – слой 2. Нефтенасыщенная псаммитовая косослоистая кварц-лейкоксеновая руда, *в* – слой 4. Нефтенасыщенный конгломерат с лейкоксеном (3–5 %) из «верхней россыпи» в подошве джьерской свиты; *г, д, е* – Лыаёльское проявление: *г* – слой 2. Богатая руда крупно-грубозернистой псаммитовой структуры, *д* – слой 3. Алевролит с сидеритовыми желваками, придающими породе конгломератовидный облик, *е* – слой 4. Богатая руда крупно-грубозернистой псаммитовой структуры; *ж, з, и, к* – Гордъёльское проявление: *ж* – слой 3. Псефитолит дресвяно-щебневый с псаммитовым кварцевым матриксом, содержащим зерна лейкоксена, *з* – слой 4. Псефито-псаммитовая богатая руда, *и* – та же руда в шлифе без анализатора, черное – лейкоксен, *к* – тот же шлиф в косом свете, желтое – лейкоксен

которые выделяются светло-серым цветом на буровато-темно-сером фоне.

Слой 4. 224,5–224,0 м – несортированный грубозернистый песчаник буровато-серый на сидеритовом цементе с кварцем гравийной размерности и неравномерно распределенным лейкоксеном (рис. 6, з, *и, к*). Богатая руда. Пр. 2052-13 (таблица).

Слой 5. 224,0–223,0 м – песчаный сидеритизированный ракушняковый известняк буровато-серого цвета с единичными крупными (около 1,5 мм) зернами лейкоксена.

Слой 6. 223,0–219,8 м – глина аргиллитовидная голубовато-светло-серая горизонтальноплитчатая с тремя слойками (5 см) мелкозернистого серого песчаника, равномерно размещенными в слое.

Слой 7. 219,8–215,7 м – доломит-сидерит-кальцитовая порода светло-серая с единичными гальками алевроглинистых пород, на поверхности керна окисленная желтовато-коричневая. В подошве и кровле постепенно сменяется битуминозными мелкозернистыми песчаниками коричневато-темно-серыми. Толщина песчаниковых слойков 0,2 м.

Слой 8. 215,7–215,0 м – глина гидрослюдисто-хлоритовая голубого цвета.

Слой 9. 215,0–214,8 м – песчаник мелкозернистый битуминозный сидеритизированный коричневато-темно-серый, пятнами голубовато-серый.

Слой 10. 214,8–214,2 м – глина, как в слое 7.

Гордъёльское проявление представлено пластом руды толщиной 1,0 м. Содержание лейкоксена от 5 до 40 %.

Пункты лейкоксеновой минерализации установлены в шести скважинах (рис. 1).

Скв. 2043. На глубине 228,9 м на глинистой коре выветривания по вендским сланцам залегают грязно-серые аргиллитовидные тонкорассланцованные глины, которые перекрываются конгломератами (226,4–224,2 м) тиманской свиты (рис. 6, *а*), содержащими около 5–7 % крупных (около 1 мм) зерен лейкоксена.

Скв. 2051. На слабоокисленных вендских сланцах на глубине 328,5–327,5 м залегают псефито-

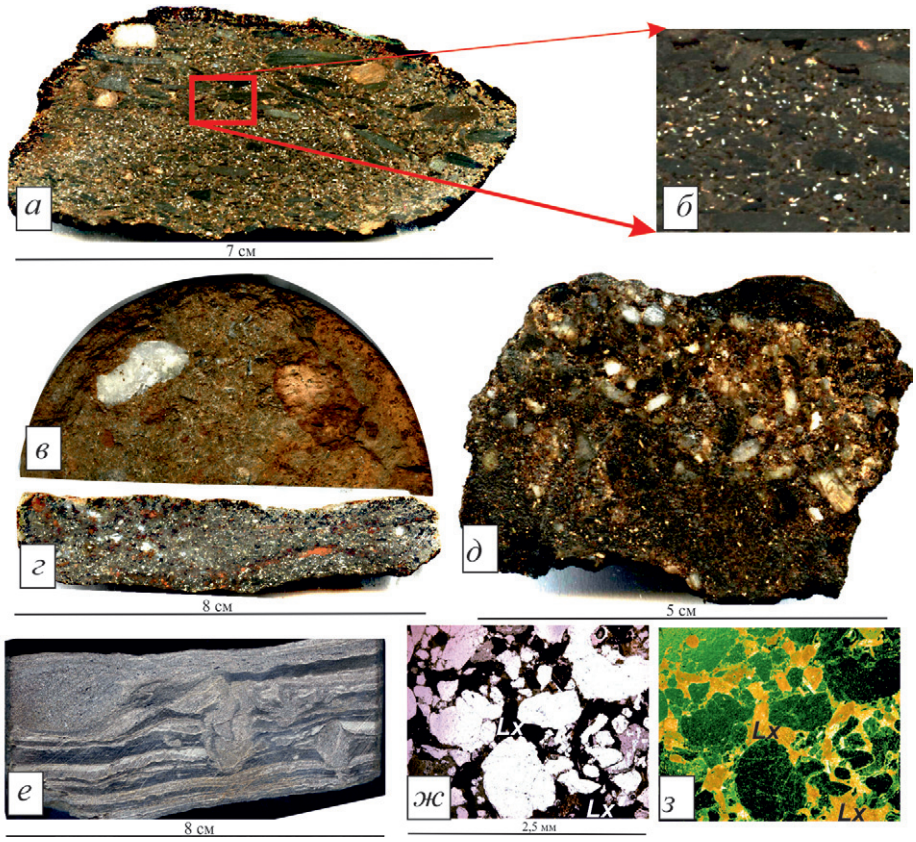


Рис. 6. Текстуры пород в пунктах минерализации

а – скв. 2043. Конгломерат с лейкоксеном, 5–7 %. Сканограмма образца; *б* – деталь образца, белые точки – зерна лейкоксена; *в* – скв. 2051. Псефито-псаммитовая порода с зернами лейкоксена, 5–7 %. Вид по напластованию; *г* – тот же образец вкрест напластованию; *д* – скв. 2042. Нефтенасыщенный гравелит с зернами лейкоксена 2–3 %; *е, ж, з* – скв. 1-Бальнеологическая: *е* – конвективная текстура в породах чибьюской свиты. В конусах и сопряженных с ними пропластках мелко-среднезернистых псаммитов до 8 % зерен лейкоксена, *ж* – обогащенные лейкоксеном (до 8 %) прослои в косослоистых грубозернистых песчаниках чибьюской свиты. Шлиф без анализатора, черное – зерна лейкоксена, *з* – тот же шлиф в косом свете, желтое – зерна лейкоксена

псаммитовые породы (рис. 6, *б*), содержащие 5–7 % зерен лейкоксена (0,2–0,5 мм).

Скв. 2042. На сидеритизированной каолинитовой зоне коры выветривания по углеродисто-серицитовым сланцам в интервале 200,0–197,7 м залегают пропитанные нефтью буровато-темно-серые мелко-среднезернистые песчаники с прослоем (0,15 м) лейкоксен-кварцевых гравелитов с галькой кварца (рис. 6, *в, г*). Эти нефтенасыщенные гравелиты содержат около 2–3 % окатанных зерен лейкоксена.

Скв. 2013. На вендских черных углеродисто-глинисто-слюдистых сланцах в переслаивании с серыми кварцито-песчаниками развита зона дезинтеграции коры выветривания, которая перекрыта интенсивно карбонатизированным средне-крупнозернистым кварцевым песчаником (360,5–360,3 м), содержашим 3–4 % лейкоксена (рис. 6, *д*). Выше песчаника залегает карбонатолит (360,3–357,7 м) с раковинным детритом и зернами лейкоксена (до 1,5–2,0 %).

Скв. 2023. На вендских углеродисто-слюдистых сланцах на глубине 317,5 м залегают песчаники тиманской свиты. Повышенные концентрации лейкоксена (до 5 %) приурочены к интенсивно карбонатизированным средне-крупнозернистым кварцевым песчаникам на глубинах 317,5–316,0 и 287,5–287,0 м.

Скв. 1-Бальнеологическая. Пробурена возле ухтинского санатория. Залегающая на вендских темно-серых кварц-хлорит-серицитовых сланцах чибьюская свита в своей нижней части (438,0–423,0 м) сложена преимущественно аргиллитами с прослоями грубозернистых кварцевых песчаников. В них развиты текстуры, названные некарбонатными морфогенетическими аналогами конус-в-конусе [6, 7] (рис. 6, *е*). В конусах присутствует мелкий (0,1–0,2 мм) лейкоксен (до 8 %). В маломощных (доли сантиметра) слойках грубозернистых песчаников распространены крупные (около 1 мм) зерна лейкоксена с максимальными концентрациями 3–5 % (рис. 6, *ж, з*).

Заключение. Представленные материалы существенно дополняют данные о титаноносности Ярегского рудного узла. На его территории за контурами одноименного месторождения известно 88 скважин, которые вскрыли девонские отложения и их контакт с подстилающими породами байкальского фундамента [2, 3]. Нами изучен керн 27 скважин, в четырех установлены рудопроявления, а в шести пункты лейкоксеновой минерализации,

что приводит к выводу о приуроченности прогнозных ресурсов к двум неравноценным по продуктивности рудоносным зонам.

Рудоносная зона с очень высокой продуктивностью ограничена контуром чибьюской свиты (рис. 2) с характерными россыпями аллювиального типа. Эта свита вмещает месторождение-гигант, контролирует размещение трех обнаруженных рудопроявлений с пластами титановых руд, содержащих (по штуфным пробам) до 32 % диоксида титана. Эти рудопроявления по литологическим и минералого-технологическим показателям аналогичны краевым зонам Ярегского нефтетитанового месторождения и, по-видимому, являются флангами (зонами выклинивания) новых месторождений. Эта рудоносная зона площадью около 500 км^2 перспективна на обнаружение крупных и средних титановых месторождений, залегающих на глубинах от 110 до 500 м.

Рудоносная зона со средней продуктивностью распространена в основном за пределами чибьюской свиты. Ориентиром при проведении ее границ служат выявленные пункты минерализации. Они приурочены к скользящему контакту разновозрастных франских пород с байкальским основанием и представлены фрагментами россыпей прибрежно-морского типа. Обнаруженное в этой зоне Гордъёльское проявление тяготеет к подошве тиманской свиты и является аналогом известного с середины прошлого века Водненского проявления, прогнозные ресурсы (P_3) которого, подсчитанные по формуле удельной продуктивности, оцениваются в 17 млн т [2]. Масштабы месторождений в этой зоне можно установить по аналогии с Водненским проявлением. Особенность рудоносной зоны – высокая вероятность обнаружения в ней средних и малых месторождений, залегающих на сравнительно небольшой (от 50 м) глубине. Локализацию площадей, перспективных на поиски неглубоко залегающих месторождений, можно провести на основе имеющихся сейсморазведочных материалов.

Даже если отказаться от идеи экстраполяции данных, полученных по 27 скважинам, на остальные (шестьдесят одну), то и тогда суммарные прогнозные ресурсы Ярегского рудного узла по кат. P_3, установленные методом экспертной оценки, приходятся на величину, сопоставимую с величиной утвержденных запасов Ярегского месторождения-гиганта.

Сложность визуальной диагностики ярегских лейкоксеновых руд, обусловленную кардинальным различием физических свойств ярегского лейкоксена и рудных компонентов ильменитовых и рутиловых россыпей, целесообразно учитывать при проектировании буровых работ на площади Ярегского рудного узла.

Автор сердечно признателен В. Л. Масайтису и С. П. Шокальскому за конструктивную критику рукописи и ряд ценных рекомендаций.

---

1. *Авджиев Г.Р., Коржаков В.В.* Ярегское месторождение – крупная и перспективная сырьевая база развития титановых производств в России // Народное хозяйство Республики Коми: Науч.-техн. журнал. 1993. Т. 2. № 1. – С. 77–84.

2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1 : 200 000. Серия Тиманская, лист P-39-XII (Тобысь). – М., 1999.

3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1 : 200 000. Издание второе. Серия Тиманская, лист P-39-VI (Ухта). – СПб., 2004.

4. *Игнатьев В.Д., Бурцев И.Н.* Лейкоксен Тимана: минералогия и проблемы технологии. – СПб.: Наука, 1997. – 215 с.

5. *Калюжный В.А.* Геология новых россыпеобразующих метаморфических формаций. – М.: Наука, 1982. – 262 с.

6. *Колокольцев В.Г.* Блочные метасоматиты в осадочных толщах и их диагностика. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1999. – 96 с.

7. *Колокольцев В.Г.* Загадочная текстура конус-в-конусе // Природа. 2015. № 11. – С. 27–36.

8. *Мальков Б.А., Швецова И.В.* Геология и минеральный состав Ярегской лейкоксеновой россыпи на Южном Тимане. – Сыктывкар, 1997. – 23 с.

9. *Машковцев Г.А.* Современное состояние минерально-сырьевой базы отечественной металлургии // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2007. № 5. – С. 16–25.

10. *Махлаев Л.В.* О природе лейкоксена в Ярегском нефтетитановом месторождении (в связи с оценкой перспектив других титановых палеороссыпей Притиманья) // Литосфера. 2008. № 5. – С. 117–121

11. *Надеждина Е.Д.* Титаноносность древних россыпей Тимана // Генетические типы месторождений осадочных полезных ископаемых. – М.: Недра, 1973. – С. 85–92.

12. *Пранович А.А., Власенко В.И.* Комплексный подход к освоению Ярегского нефтетитанового месторождения // Горный журнал. 2007. № 3. – С. 69–70.

---

1. Avdzhiev G.R., Korzhakov V.V. Yarega field – a large and promising source of raw materials for titanium production development in Russia. *Narodnoe khozyaystvo Respubliki Komi: Nauch.-tekhn. zhurnal.* 1993. Vol. 2. No 1, pp. 77–84. (In Russian).

2. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii, masshtab 1 : 200 000. Seriya Timanskaya. List P-39-XII (Tobys) [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 200 000. Timan Series. Sheet P-39-XII (Tobys)]. Moscow. 1999.

3. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii, masshtab 1 : 200 000. Izdanie vtoroe. Seriya Timanskaya. List P-39-VI (Ukhta) [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 200 000. Second Edition. Timan Series. Sheet P-39-VI (Ukhta)]. St. Petersburg. 2004.

4. Ignatiev V.D., Burtsev I.N. Leykoksen Timana: mineralogiya i problemy tekhnologii [Leucoxene in Timan: mineralogy and technology issues]. St. Petersburg: Nauka. 1997. 215 p.

5. Kalyuzhny V.A. Geologiya novykh rossypeobrazuyushchikh metamorficheskikh formatsiy [Geology of new placer-forming altered formations]. Moscow: Nauka. 1982. 262 p.

6. Kolokoltsev V.G. Blochnye metasomatity v osadochnykh tolshchakh i ikh diagnostika [Block altered rocks in the sedimentary sequences and their diagnostics]. St. Petersburg: VSEGEI Press. 1999. 96 p.

7. Kolokoltsev V.G. Mysterious texture cone-in-cone. *Priroda.* 2015. No 1, pp. 27–36. (In Russian).

8. Malkov B.A., Shvetsova I.V. Geologiya i mineralnyy sostav Yaregskoy leykoksenovoy rossypi na Yuzhnom Timane [Geology and mineral composition of the Yarega leucoxene placer in the South Timan]. Syktyvkar. 1997. 23 p.

9. Mashkovtsev G.A. Current state of the mineral resource base of domestic metallurgy. *Mineralnye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie.* 2007. No 5, pp. 16–25. (In Russian).

10. Makhlaev L.V On the nature of leucoxene in Yarega oil-titanium field (in connection with the prospect estimation of other titanium paleoplacers in the Timan region). *Litosfera.* 2008. No 5, pp. 117–121. (In Russian).

11. Nadezhdina E.D. Titanium content of ancient placers in Timan. *Genetic Types of Sedimentary Mineral Deposits.* Moscow: Nedra. 1973. Pp. 85–92. (In Russian).

12. Pranovich A.A., Vlasenko V.I. An integrated approach to the development of Yarega oil-titanium field deposit. *Gornyy zhurnal.* 2007. No 3, pp. 69–70. (In Russian).

Колокольцев Вячеслав Григорьевич – канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия. <kolokoltsev@rambler.ru>

Kolokoltsev Vyacheslav Grigor'evich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74, Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia. <kolokoltsev@rambler.ru>