

## ИДЕНТИФИЦИРОВАНА ВУЛКАНИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ДРОКИНСКОГО НИЗКОГОРЬЯ

В результате комплексных исследований пересмотрена геологическая природа Дрокинско-го низкогорья: красные скальные породы этих сопок идентифицированы как вторичный кварцит и лиственит, являющиеся метасоматитами по андезиту (ранее идентифицировались как девонские песчанистый алевролит и мергель). Решена эквивалентная проблема генезиса шокшинских и колончатых кварцитов. На основании сопоставления проявлений метасоматоза в породах Дрокинского низкогорья и Саянского палеовулкана Гремячая Грива предложена новая теория генезиса вторичных кварцитов и лиственитов. Сделан вывод, что вторичные кварциты и листвениты являются *структурным элювием*.

*Ключевые слова:* Дрокинская гора, Гремячая Грива, экзогенный метасоматоз, андезит, вторичный кварцит, лиственит

### История исследований окварцовывающего метасоматоза

Понятие «*вторичный кварцит*» введено Е.С. Фёдоровым и В.В. Никитиным в [1] для метасоматитов *из кварца и гидроксидов Fe*, могущих иметь примесь «глинистых частиц». Их генезис и возраст авторы [1] не определили, однако назвали эти породы продуктами химического метаморфизма, гидатометаморфизма и уточнили, что «при химическом метаморфизме новообразующиеся минералы берут свой материал не только за счёт разложения первичных минералов, раньше находившихся на их месте, но и из минерализованных растворов, иногда приносящих новый химический материал с больших расстояний». В качестве примера они описали вторичный кварцит, возникший из «андезинофира» (андезитового порфирита). П.Н. Чирвинский определил, что кварц во вторичных кварцитах (он называл их «ортокварцитами») — продукт гидролиза ортоклаза и альбита [2]. В 1925 г. М.П. Русаков идентифицировал, что кварциты Киргизской степи, ранее считавшиеся осадочными образованиями девона, являются результатами химического метаморфизма. Позднее Н.И. Наковник стал называть «*вторичными кварцитами*» гидротермалиты, имеющие *другой* химсостав, дав определение, что это «*формация рудоносных гидротермально-изменённых вулканических пород, формирующаяся в стадию затухания вулкана*» [3]. В 1842 г. Густав Розе ввёл понятие «*лиственит*» для уральских пород, подобных по составу вторичным кварцитам, но обогащённых карбонатами. Было установлено, что они являются продуктами метасоматоза. В [3] сказано, что это «*гидротермально-метасоматические карбонат-кварцевые и*

часто золотоносные породы».

## Новые исследования, анализ и обсуждение

Дрокинская гора — обособленный холм, возвышающийся над степной равниной, имеющий типичный облик вулкана и идентичный по облику вулканам Великобритании Скаут—Хиллу, Эйлдонским холмам, Трапрэйн—Лоу, Норт—Бервик—Лоу и Слемишу. У её подножия находится глубинный тектонический разлом, по которому течёт речка Кача. Противоположный берег Качи (другую сторону этого разлома) обрамляет кряж из нескольких низких покрытых степью сопков, по облику тоже вулканических. Это очень небольшое локальное образование, возвышающееся над равниной подобно Эйлдонским холмам.

В центре западного склона Дрокинской горы имеются скальные обнажения кроваво—красного цвета, имеющие типично андезитовую морфологию. Красная гора (ближайшая к п. Солонцы крупная сопка Дрокинского низкогорья) спускается к Каче обрывистыми склонами, на которых обнажаются слои (толщиной до 1 м.) кроваво—красной скальной породы с ярко выраженной андезитовой морфологией, имеющие типичный облик последовательно наслоившихся лавовых потоков. Такие же срезы из последовательности застывших лавовых слоёв имеются на Канарском острове Пальма и в Аризонских Горах Суеверий.

В визуальной видимости от Дрокинского низкогорья находится Саянский трещинный вулкан Гремячая Грива, представляющий собой две сросшиеся сопки (Николаевская и Вторая) из андезитового порфирита, скальные обнажения которого на южном склоне Николаевской сопки идентичны по морфологии красным скалам Дрокинской горы и Красной горы, но они коричнево—красные и выглядят значительно менее выветрелыми. Николаевская сопка — морфологический клон Дрокинской горы. Подобно кварцитам Киргизской степи, считавшимся осадочными отложениями девона до перепроверки их природы М.П. Русаковым, — Дрокинское низкогорье тоже считалось сформированным из девонских осадочных пород, порождённых девонским морем [4].

С просьбой изготовить шлифы я обратился к директору ЦГИ «Прогноз» к.г.—м.н. *С.М. Макееву*; их фотографии сделал *П.Н. Самородский*; описания — *Г.И. Качевская* (петрограф 1 кат. ЦАЛ ОАО «Красноярскгеолсъемка»), за что я выражаю им благодарность. Для изготовления шлифов я взял следующие образцы: 1) жерловый андезитовый порфирит из нека внизу южного склона Николаевской сопки (порода из чёрной микрокристаллической основной массы с магнетитовым блеском, пронизанной крупными /около 15 мм/ белыми пластинчатыми лейстами андезина, направленными в разные стороны); 2) андезитовый порфирит лавовых потоков Николаевской сопки со скальных обнажений в центре южного склона (порода с теми же лейстами андезина, но коричнево—красной основной массой; это

базовая порода Гремячей Гривы; порода практически не содержит визуально заметных лейст, размер которых на разных участках Гремячей Гривы различный); 3) красная порода с вышеописанных скал центра западного склона Дрокинской горы.

Г.И. Качевская идентифицировала данную породу Дрокинской горы как «алевролит песчаный», констатируя, что она почти нацело состоит из зёрен кварца преимущественно остроугольной формы, промежутки между которыми заполнены красновато-бурыми слабо просвечивающими гидроксидами Fe. Она констатировала присутствие в значительно меньшем количестве чешуек слюды, а также наличие единичных зёрен полевых шпатов, хлорита и карбоната. Однако именно этот состав (зёрна кварца и гидроксиды Fe) Е.С. Фёдоров и В.В. Никитин назвали вторичным кварцитом [1]. Получив фотографии сделанных шлифов, я констатировал, что кварц в этой породе имеет бесспорно метасоматический облик: он практически чистый; в параллельных и скрещенных николях его зёрна практически идентичны, что резко отличает такой новообразованный кварц от песчинок в осадочных породах, в которых доля кварца в каждой песчинке существенно меньше. Угловатая форма этих зёрен типична для петрифицирующего кварца, но не для окатанного водоёмом песка.

Эта порода красных скал Дрокинской горы на некоторых участках содержит лейсты андезина, идентичные лейстам порфиритов Гремячей Гривы, но полностью замещённые кальцитом; это неоспоримо доказывает, что эта порода является метасоматизированным андезитом порфировой структуры. Есть участки, где эти лейсты столь велики, что срастаются, образуя своеобразный «каркас» внутри этой породы. 20% HCl растворяет с газовыделением только эти лейсты; основная же масса почти не содержит карбонатов и оказывается практически устойчивой к HCl. Эта порода расцарапывает стекло, а получающаяся картина царапин коррелирует с фотографиями шлифа, на которых виден абразив — зёрна кварца.

Нижняя треть Дрокинской горы сформирована из гравелита с кальцитово-кремнистым цементом. Эта порода находится непосредственно под вышеописанными красными скалами, образуя подушковидные неслоистые обнажения. Снаружи она угольно-чёрная, однако чёрной является лишь тонкая поверхностная корка из гётита; внутри эта порода снежно-белая, а составляющие её мелкий гравий и песок практически нацело кварцевые. В 20% HCl эта порода бурно выделяет CO<sub>2</sub>, лишаясь кальцита, её цемент приобретает пористость, но полного разрушения камня не происходит; однако после такого воздействия камень легко измельчается лёгкими нажатиями. В результате получают белые окатанный песок и гравий, прозрачный золотисто-жёлтый раствор Fe<sup>3+</sup> (гётитовая поверхностная корка тоже полностью растворяется, но Fe<sup>3+</sup> содержится не только в ней, а и во всей этой породе) и индифферентный к HCl осадок, состоящий из микродисперс-

ного кварца и значительно более микродисперсной слюды, имеющей слабый розоватый оттенок. То, что большая часть цемента кремнистая, объясняет неожиданно высокую прочность этой породы, несвойственную известнякам. В полостях этого гравелита есть поликристаллические агрегаты кальцита с размером кристаллов до нескольких мм.

Внешне аналогичные, но немного более ярко-красные скалы Красной горы (над Качей) имеют ещё более ярко выраженные крупные лейсты андезина, полностью замещённого кальцитом. Однако кальцит присутствует в значительном количестве и в основной массе этой породы (визуально это незаметно), вследствие чего 20% HCl её полностью разрушает с интенсивным выделением  $\text{CO}_2$ : результатом оказывается золотисто-жёлтый раствор  $\text{Fe}^{3+}$  и микродисперсный бурый осадок из кварца и слюды. Этот осадок белеет при достижении  $t_{\text{кип}}^{\circ}$  в 80%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . «Метасоматическая горная порода преимущественно кварцево-карбонатного состава», в которой «в подчинённых количествах присутствуют мусковит или серицит (часто содержащие хром), полевые шпаты, хлорит, тальк, гематит, пирит», называется *лиственитом* [5]. Эта порода Красной горы расцарапывает стекло, оставляя менее глубокие царапины, чем *вторичный кварцит* Дрокинской горы. Кальцит в этой породе не только замещает андезин в лейстах, но и заполняет полости. На скальном обнажении из двух горизонтальных слоёв этого *лиственита* на Красной горе находится прекрасно выраженная метадайка, вертикально секущая эти два слоя красной породы, имеющая ширину около метра. Её светло-жёлтая порода, внешне напоминающая некристаллический сравнительно непрочный известняк, в 20% HCl растворяется с интенсивным выделением  $\text{CO}_2$ , окрашиванием раствора в золотисто-жёлтый цвет (от  $\text{Fe}^{3+}$ ; именно  $\text{Fe}^{3+}$  является жёлтым хромофором этой породы) и образованием серовато-белого осадка из кварца и слюды, причём этого осадка получается вдвое больше, чем из красной вмещающей породы. Таким образом, по составу эта порода тоже является *лиственитом*, но значительно более глубокой стадии метасоматоза, чем вмещающий красный *лиственит*. Свободной серы в породе этой дайки нет. Эта порода расцарапывает стекло, оставляя приблизительно такие же царапины, как и красная вмещающая порода. Эта дайка прекрасно видна на склоне только в сезоны отсутствия листвы; летом она полностью скрыта за деревьями.

При взмучивании в воде кварцево-слюдяных осадков, осаждаемых соляной кислотой из вышеописанных лиственитов и гравелита, кварц вскоре осаждается, а слюда образует суспензию, проникающую сквозь бумажные фильтры и полностью оседающую лишь за 12 часов. Подобие этих осадков, полученных из гравелита и лиственитов, указывает, что и осадочные, и вулканические породы Дрокинского низкогорья подверглись глубокому окварцовывающему метасоматозу.

Верхняя часть Красной горы сформирована из осадочных отложений: широкие (больше метра) пласты тёмно-красной глины перемежаются как правило более

тонкими пластами известняков и гравелитов (последние подобны породе нижней трети Дрокинской горы). Некоторые известняки имеют тонкослоистую текстуру. Глина имеет конкреционную текстуру с размером конкреций  $\approx 1,5$  мм. Склоны Красной горы пологие (кроме обрывов над Качей); на некоторых участках западного склона и на вершине имеются округлые ямы от 2 до нескольких м. диаметром и от 1 до 2 м. глубиной, которые сопоставляются с *мофетами*, однако для их надёжной идентификации нужны дальнейшие исследования.

Описание шлифа андезитового порфирита лавовых потоков Николаевской сопки, сделанное Г.И. Качевской: «Текстура: массивная. Структура: порфировидная, интерсертальная, гломеропорфировая. Минеральный состав: плагиоклаз — 90%; кварц — 8%; иллингит — 1%; магнетит — 1%; циркон — единичные зёрна. ... Плагиоклаз пелитизирован, раскислен, преобразован в тонко полисинтетически сдвойникованный альбит, вокруг которого местами наблюдается тонкая каёмка ортоклаза. Основная масса состоит из мелких (до 0,1–0,2мм) лейст и коротких призмочек плагиоклаза, расположенных «диабазово» (беспорядочно). Угловатые промежутки между ними заполнены, в основном, ксеноморфным кварцем, который иногда включает мелкие призмочки плагиоклаза. Местами (менее 1%), в промежутках, наблюдается тонкочешуйчатый коричневато-жёлтый биотитоподобный иллингит. В небольшом количестве встречается частично лимонитизированный магнетит. ...». Добавлю, что в межкристаллическом пространстве этой породы находятся гидроксиды Fe, но в меньшем количестве, чем во вторичных кварцитах Дрокинской горы.

Описание шлифа жерлового андезитового порфирита Николаевской сопки, сделанное Г.И. Качевской: «Текстура: массивная. Структура: порфировая с интерсертальной основной массой. Минеральный состав: фенокристаллы  $\approx 2\%$ : плагиоклаз — 100%, оливин — едз. Основная масса  $\approx 98\%$ : плагиоклаз — 48%, клинопироксен — 1%, цоизит-клиноцоизит — ед. зёрна, стекловатый базис — 40%, апатит — <1%. Вторичные минералы: иллингит-боулингит, гидробиотит, сапонит, серицит, анальцит. Рудные минералы: магнетит — 10%. Акцессорные минералы: апатит — <1%. ... По трещинам [андезин] сосюритизирован, замещается анальцитом. ... Оливин полностью замещён бурым иллингит-боулингитом с лимонитом по трещинам и распознаётся только по форме кристаллов и характеру замещения. ... Остроугольные промежутки между лейстами плагиоклаза заполнены зеленовато-бурым сапонитом, иногда с включениями кристаллов клиноцоизита, мелких чешуек гидробиотита, переполнены вкраплениями (<0,02мм) кристаллов лимонитизированного магнетита, иголок апатита.».

Раскисление и пелитизация плагиоклазов — это их *гидролиз* с образованием серицитоподобных слюд (парагонит, мусковит, фуксит) и кварца, возникающего при последующей дегидратации  $H_2SiO_3$ , которую  $H_2CO_3$  вытесняет из силикатов (вышеописанный Г.И. Качевской ксеноморфный кварц, заполняющий «угловатые

промежутки» и создающий псевдоморфозы, превращаясь в остроугольные зёрна — основу формирующегося вторичного кварцита). Это реакция плагиоклазов с  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ :  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 + \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + \text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + \text{NaAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2\downarrow + 2\text{H}_2\text{SiO}_3$ ;  $\text{H}_2\text{SiO}_3 = \text{SiO}_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ . Эти уравнения упрощены: в них не показаны промежуточные продукты, такие как анальцит; кроме того, в ходе гидролиза синтезируются минералы, которые в процессе метасоматоза выносятся из породы. Аналогичная реакция с форстеритом вместо серицита и кальцита порождает тальк и магнезит:  $4\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 5\text{H}_2\text{CO}_3 = 5\text{MgCO}_3 + \text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2\downarrow + 4\text{H}_2\text{O}$ , вследствие чего листвениты, возникающие из богатых оливином пород, имеют тальк—магнезит—кварцевый состав, причём обеднённый кварцем. В [6] указан состав «зон» грейзенизации и березитизации, представляющих собой *стадии* этих процессов от исходной породы до породы, нацело состоящей из кварца. В [7] указан состав «зон»—*стадий* метасоматоза, при котором алевролиты и дациты превращаются в аналогичные *карбонат—серицит—кварцевые* метасоматиты и указано, что «в менее изменённых породах можно наблюдать реликты вкрапленников плагиоклаза, частично или полностью замещённые серицитом, а затем карбонатом», что коррелирует с замещёнными кальцитом лейстами андезина в метасоматировавших андезитах (*лиственитах*) окрестностей Дрокино, имеющих аналогичный химсостав.

Появление идингита, цоизита, клиноцоизита, гидробиотита, сапонита, анальцита и лимонита — это тоже результат *гидролиза* исходных силикатов. При гидролизе Fe—содержащих силикатов большая часть Fe остаётся в породе в виде гидроксидов, заполняющих межкристаллическое пространство (при интенсивной карбонатизации промежуточно возникает анкерит, со временем окисляющийся до гидроксидов  $\text{Fe}^{3+}$ ). Карбонаты способны сравнительно легко мигрировать, поэтому при определённых параметрах метасоматоза они выносятся из породы; в этом случае образуется *вторичный кварцит*. Однако эта лёгкость миграции может стать причиной привнесения карбонатов в породу извне; кроме того, условия метасоматоза могут способствовать их сохранению в породе; в этом случае образуется *лиственит*.

Вторичные кварциты могут занимать «площади до десятков квадратных километров» [6, стр. 238]; «на значительных площадях иногда эти вторичные кварциты имеют столь сплошное распространение, что никаких иных пород вовсе не находится» [1]. Гидротермально—изменённые породы — это вмещающие породы фумарол и т.п., и абсолютно бесспорно, что никакой гидротермальный источник Земли не может равномерно окварцевать огромный горный кряж («десятки км<sup>2</sup>»). На *всех* участках Гремячей Гривы породы содержат вышеописанные проявления метасоматоза, доказывающие, что горы подвергались *равномерно действующему на всех участках* воздействию  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , из чего следует, что данный метасоматоз является *экзогенным* — разновидностью выветривания, протекающего при

«обычных» (негидротермальных)  $t^{\circ}$  и давлении (на это же указывает отсутствие сульфидов и обилие гидроксоминералов). Окварцовывающий метасоматоз *может* идти и в гидротермальных условиях, однако изменение  $t^{\circ}$  и давления изменяет не только скорости реакций, но и свойства результирующей породы, потому что в разных диапазонах  $t^{\circ}$  и давлений устойчивы разные минералы и структуры пород.

*Метасоматоз — это процесс изменения химического состава породы с сохранением её объёма и морфологии, происходящий без плавления.* Это позволяет опознать исходную породу по её *морфологии*. То, что Дрокинская гора и её скалы из вторичного кварцита являются морфологическим клоном Николаевской сопки и её скал из андезитового порфирита, указывает, что перед нами *структурный элювий* — такой же, но более древний вулкан, породы которого дольше подвергались выщелачивающему метасоматозу выветривания. Этот же вывод бесспорен для шокшинских и колончатых кварцитов. Шокшинские кварцитовые скалы имеют морфологию скал находящегося неподалёку от них Гирвасского вулкана, за что этот кварцит раньше называли *порфиром*; его состав: зёрна кварца, в межзерновом пространстве присутствуют чешуйки слюды, а также оксиды и гидроксиды Fe. Колончатые кварциты имеют морфологию колончатых нефелинитов и базальтов. В Восточном Парагвае они состоят из угловатых зёрен кварца в псевдоцементе из каолинита, оксидов и гидроксидов Fe [8]. Такой же химсостав имеют колончатые кварциты Махтеш Рамона [9], и именно этот состав назван в [1] *вторичным кварцитом*.

### *Библиографический список*

1. Фёдоров Е.С., Никитин В.В. Богословский горный округ. СПб., 1901. С. 48–55.
2. Чирвинский П.Н. Къ петрографіи и геологіи Кедабекскаго мѣднаго мѣстожденія въ Закавказы. 1914.
3. Геологический словарь в двух томах. «Недра». Том первый. Москва. 1978.
4. Петренко Л.Т. Красноярская Мадонна. Золотой ключ геологии Сибири. <http://www.stolby.ru/Mat/Petrenko/090.asp>
5. Горная энциклопедия в 5-ти томах, том 79, стр. 204.
6. Емельяненко П.Ф., Яковлева Е.Б. Петрография магматических и метаморфических пород. Издательство Московского университета, 1985.
7. Нохрина Д.А., Мурзин В.В., Молошаг В.П., Егоров С.А. Вещественный состав метасоматитов и руд Тамуньерского месторождения (Северный Урал). Ежегодник—2009, Тр. ИГГ УрО РАН, вып. 157, 2010, с. 234–236.
8. Velázquez V.F., Giannini P.C.F., Riccomini C., ... Columnar joints in the Patiño Formation sandstones, Eastern Paraguay... Episodes, Vol. 31, No. 3. September 2008.
9. Summer N.S., Ayalon A. Dike intrusion into unconsolidated sandstone and the development of quartzite contact zones. Journal of Structural Geology, Vol. 17, No. 7, 1995. Pages 999–1000.

# THE DROKYNNO LOW MOUNTAINS HAS BEEN IDENTIFIED AS VOLCANIC

A.A. Avakyan

*solanin@yandex.ru*



The red rocks of the Drokyno low mountains have been identified as a secondary quartzite and listwanite — metasomatites from andesite (early, this rocks were called as devonian siltstone and marl). The equivalent problem of the genesis of Shoksha quartzites and columnar quartzites (Ha–Minsara and etc) has been resolved (this is a *structural eluvium*). You can read the new theory about the genesis of this rocks.

*Keywords: Drokinskaya Mountain, Thundering Mane, exogenic metasomatism*



*Метадайка на Красной горè*