

## СТРОЕНИЕ МАРГАНЦЕНОСНОЙ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ СУГУЛЬСКОЙ ПЛОЩАДИ В ГОРНОМ АЛТАЕ

Б.Г. Семенцов

ОАО «Геологическое предприятие «Алтай-Гео», с. Майма

Поиски месторождений, связанных с корой выветривания, представляют загадку для геолога-рудника, привыкшего иметь дело с нормальными делювием, элювием и коренными породами. Ранее приобретенные навыки поисковик переносит на наблюдения, выполняемые им в маршрутах и горных выработках по коре выветривания. Автоматически он заносит в дневник или в журнал документации выработок привычные термины «делювиальный суглинок», «мелкообломочный делювий кварцитов», «глыбовый аструктурный элювий кварцитов», упоминая размер и количество обломочного материала, структурно-текстурные и цветовые характеристики обломков. Некоторое недоумение у него вызывает необъяснимое поначалу несоответствие между петрографическим составом скальных обрывов (известняки, порфириты) и петрографическим составом обломков в «делювии» (кварциты). Несколько позже геолог понимает, что все «делювиальные развалы и скальники кварцитов» на деле могут являться известняками, подвергшимися полному химическому преобразованию в гипергенные кварциты, могут являться продуктами формирования коры выветривания. Тогда перед геологом встают проблемы распознавания гипогенной и гипергенной природы в наблюдаемых горных породах, оценки зональности этих необычных образований и факторов локализации оруденения, разработки критериев для целенаправленного поиска месторождения в коре выветривания.

### ВВЕДЕНИЕ

На территории Горного Алтая известен ряд месторождений и проявлений марганца различных генетических типов. Наиболее изученными являются Бостокское проявление, расположенное близ устья р. Ушпы в Турочакском районе, и месторождение Прозрачное, расположенное на Холзунском хребте в Усть-Коксинском районе. Авторские попытки привлечения федеральных средств на геологическое изучение перспективных марганценосных площадей Горного Алтая в ходе Иркутского Совещания по направлениям геологоразведочных работ 1998 г., вероятно, оказались недостаточно значимыми экспертам МПР по сравнению с перспективами района крупного Усинского марганцевого месторождения в Кемеровской области. Расчет прогнозных ресурсов марганца Алтае-Саянской горной страны, выполненный сотрудником СНИИГиМСа Кассандровым Э. Г. в 2000 г., позволил ему выдвинуть Горный Алтай в число крупных потенциально марганцеворудных районов Сибири. В 2005 г. ОАО «Геологическое предприятие «Алтай-Гео» провело комплекс геолого-геофизических работ в рамках федеральной программы «Поиски марганцевых руд высокого качества в пределах перспективных участков Сугульской площади».

Сугульская перспективная марганцеворудная площадь располагается в 15-20 км восточнее г. Горно-Алтайска на северо-восточных склонах г. Сугул на левобережье р. Паспаул. В геологическом строении площади участвуют преимущественно известняки эсконгинской свиты венд-раннекембрийского возраста с подчиненным количеством порфиритов и небольшими интрузиями габброидов. Породы скального массива образуют моноклинал, слои которой круто падают на северо-запад. Широко развиты скальники и делювий гипергенных кварцитов. Рыхлые образования коры выветривания отмечены только в горных выработках и керне неглубоких скважин. Образования коры выветривания не были охарактеризованы и не были опробованы предшественниками, в связи с чем оказалось невозможным однозначное определение перспектив марганценосности Сугульской площади. Возраст коры выветривания – палеоген. О нахождении гальки марганцевых руд в аллювии речек и ручьев, стекающих со склонов г. Сугул, известно с конца тридцатых годов прошлого века. Наиболее значимые поисковые работы были проведены в 1959 г. и в 1973 г. [5].

Генезис марганцевых проявлений Сугульской перспективной площади различными исследователями определяется по-разному. В 30-е годы прошлого века генезис этих проявлений определялся в качестве продуктов коры выветривания. При этом марганец был высвобожден при полном химическом выветривании изверженных и осадочных пород. Об этом, по мнению предшественников, свидетельствует приуроченность марганцевого оруденения к рыхлой толще и раздробленным кварцитам, а также минеральный состав руд (оксиды марганца). Берзин А.П. и Ванеева И.А. [1] считают весь марганец Сугульской площади инфильтрационным двух разновидностей. Первая – конкреции, линзы, прожилки и гнезда в рыхлой толще третичной коры выветривания. Вторая – инфильтрация марганценосных растворов с осаждением марганца в брекчированных породах с заполнением пустот выщелоченных минералов. По мнению Кассандрова [4], на Сугульском участке марганцевые руды похожи на взрывные брекчии и агломератовые туфы, что свидетельствует об эксгалиационно-осадочном генезисе марганценосных пород. По России в целом материал по гипергенным марганцевым рудам не обобщен, перспективы открытия крупных месторождений не изучены, методика поисков не разработана [4].

В данной статье рассматриваются только рыхлые отложения собственно коры выветривания. Мощные (10-20

м и более) слои «покровных» суглинков (глин), развитые обычно на вершинах местных водоразделов восточного склона г. Сугул, не являются продуктами марганценовой коры выветривания и их описание не приводится. Основой для написания статьи послужили авторские наблюдения, выполненные в ходе проведения полевых работ 2005 г. (ОАО «Алтай-Гео»), а также анализ первичной геологической документации шурфов №№ 56-126 Татарской партии, пройденных в 1959 г., и скважин №№ 1-33 Бирюлинской партии, пройденных в 1973 г. на Сугульском участке [5]. Следует отметить, что глубина шурфов, пройденных Татарской партией, достигала 18,0 м, то есть шурфами пересекалась значительная часть разреза коры выветривания. Скважины, пройденные Бирюлинской партией в 1973 г., оказались менее информативны: стволы скважин, пройденных станком УКБ-12/25 со шнековым снарядом и стальным сверлом в качестве породоразрушающего инструмента, пересекали слой «покровных» суглинков и углублялись в отложения коры выветривания не более, чем на 10-70 см. К настоящему времени наиболее полный разрез марганценовой коры выветривания Сугульской перспективной площади изучен линиями шурфов, пройденными Татарской партией [1] в непосредственной близости от с. Сугул по ключам Пановскому (Панова) и Кварцитовому – левым притокам р. Паспаул.

## РАЗРЕЗ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ СУГУЛЬСКОЙ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ

Сводный разрез коры выветривания Сугульской площади выглядит следующим образом.

**Слой глин и мелкообломочно-глинистых отложений.** Верхи разреза, как это устанавливается маршрутными наблюдениями и горными выработками, в 30-50 % случаев представлены красноватыми глинами или суглинками, несодержащими крупнообломочного (диаметром более 0,2 см) материала. В остальных 50-70 % случаев в красноватых глинах устанавливается заметное количество (до 20-30 %) обломочного материала дресвяных и мелкощебенистых размерностей (фракции 0,2-3,0 см, единичные обломки фракций 10-20 см). Вероятно, слои глинистого состава образуют непротяженные линзы мощностью в первые метры. Визуально отложения данного слоя представлены буровато-коричневыми и красноватыми глинами, содержащими 5-30 % мелких (1-10 см) обломков светло-серых кварцитов с примесью средних (10-20 см) обломков этих же кварцитов. Элементы слоистых структур не установлены. Не исключено, что степень интенсивности красной окраски глин (суглинков) напрямую зависит от количества гальки марганцевых руд - чем больше количество гальки марганцевых руд, тем более интенсивна красная окраска глин. Петрографический состав обломочного материала слоя обычно представлен кварцитами, в ряде шурфов наряду с кварцитами отмечаются обломки известняков. Окраска обломков кварцитов в подавляющем количестве шурфов светло-серая и светлая. Примесь обломков темно-серых и черных кварцитов установлена в четырех шурфах из ста. Количество обломочного материала составляет 5-30 %. Мощность слоя красноватых глин в скважине № 2 ОАО «Алтай-Гео» изменяется от 1,0-1,5 м до 5,5-6,0 м; в скважине № 3 ОАО «Алтай-Гео» (2005 г.) слой глин отсутствует. Изученная мощность слоя мелкообломочно-глинистых отложений в шурфах Татарской партии (1959 г.) изменяется от 2,5 до 9,05 (шурф № 60) и 12,20 м (шурф № 62). Мощность слоя мелкообломочно-глинистых отложений в скважинах №№ 2 и 3 ОАО «Алтай-Гео» изменяется от 11,8 до 12,4 м. Нижняя граница слоя установлена [5] в шурфах №№ 60-63, 83-85, 90-93, 111-113. В первичной геологической документации шурфов не отмечено никакой четкой границы слоя; геологами-документаторами указывается на резкое увеличение количества обломочного материала с 15-30 % до 50-70 %.

**Слой среднеобломочных отложений с глинистым цементом.** Непосредственно под слоем буро-коричневых и красноватых глинистых и мелкообломочно-глинистых (дресвяно-мелкощебенистых) отложений залегают щебенистые и мелкоглыбово-щебенистые отложения, хорошо выделяющиеся при документации горных выработок, хотя и не имеющие четко выраженных литологических границ с вышележащим слоем. В стенках шурфов геологами [5] отмечается резкое увеличение количества обломочного материала в глинах до 50-80 % с одновременным ростом максимальных размеров единичных обломков до 30-50 см (мелкие глыбы). Количество глинистого цемента колеблется в пределах 50-20 %. Автором этот слой выделяется в качестве слоя среднеобломочных отложений с глинистым цементом. Окраска глинистого материала отложений буро-коричневая. Элементы слоистых структур не установлены. Петрографический состав обломков однообразен - светло-серые кварциты. Окраска обломков кварцитов в подавляющем количестве шурфов светло-серая и светлая. Обломки темно-серых и черных кварцитов, наряду с обломками светло-серых кварцитов, установлены в шурфах №№ 81 (интервал 4,5-5,0 м), 82 (интервал 0,2-3,5 м), 89 (интервал 3,5-5,2 м), 94 (интервал 0,2-10,4 м). Какой-либо закономерности в смене окраски обломков кварцитов по вертикали не установлено. Мощности слоя среднеобломочных отложений с глинистым заполнителем изменяется от 1-2 м (шурф № 69) до 6,3-12,9 м (шурфы №№ 60 и 92 соответственно). Нижняя граница слоя нечеткая. В документации призабойной части шурфов №№ 91, 92 отмечаются скопления (80-90 %) крупных глыб кварцитов размерами 0,7-0,9 м, сопоставимые по размерам с сечением шурфа 2,0 м<sup>2</sup>. Вероятно, эти скопления являются верхней границей нижележащего слоя крупнообломочных пород. Нижняя граница слоя среднеобломочных отложений с нижележащей кварцитовой «сыпучкой» также нечеткая.

**Слой выветрелых кварцитов (кварцитовой «сыпучки»).** Слой выветрелых кварцитов (кварцитовая дресва или кварцитовая «сыпучка») развит в виде фациальной разновидности мелко-и-среднеобломочных (?) отложений не на всем протяжении плаща коры выветривания. Более протяженный и мощный слой кварцитовой «сыпучки» установлен в линии шурфов №№ 56-69 по так называемому «Кварцитовому» («Кварцевому») логу. Здесь слой кварцитовой «сыпучки» прослежен непрерывно на 750-760 м при мощности от 5,8-6,0 (шурф № 60) до более 13,0 м (шурф №

93). На полную мощность слой пересечен шурфами №№ 60 (интервал 9,2-15,0 м, мощность 5,8 м), 65 (интервал 5,0-15,0 м, мощность 10,0 м), 66 (интервал 6,0-15,0 м, мощность 9,0 м) [5]. В этих шурфах выше слоя кварцевой «сыпучки» отмечаются мелкообломочно-глинистые отложения. Основание кварцевой «сыпучки» залегает на крупных глыбах кварцитов. На 95-100 % слой состоит из кварцитов, выветрелых до состояния дресвы. Нижняя граница слоя кварцевой «сыпучки» установлена в шурфах №№ 60, 65, 93, 66. В первичной геологической документации приустьевой части этих шурфов отмечено появление крупных (70-90 см) свалов кварцитов, являющихся, вероятно, кровлей нижележащего слоя крупнообломочных отложений.

**Слой крупнообломочных отложений.** Слой крупнообломочных отложений встречен в единичных шурфах (№№ 56, 60, 65, 66, 83, 94). Автором отложения данного слоя наблюдались в русле р. Кужа. Вероятно, слой крупнообломочных отложений является основанием разреза коры выветривания. Визуально отложения слоя представлены скоплениями крупных (70-90 см и более) глыб кварцитов, количество которых составляет 70-95 % от объема породы. Связующий материал представлен буровато- и желто-коричневой глиной, иногда кварцевой «сыпучкой». Окраска обломков кварцитов, подстилающих слой кварцевой «сыпучки» в интервалах 9-18 м от дневной поверхности, светло-серая и светлая. Изученная мощность слоя крупнообломочных отложений не превышает первых метров. Основание слоя крупнообломочных грунтов не вскрыто ни в одной выработке. Предполагается, что слой крупнообломочных кварцевых грунтов залегает на неровной поверхности исходного субстрата скального массива известняков эсконгинской свиты венд-раннекембрийского возраста. Значительная неровность подошвы коры выветривания установлена авторскими маршрутными наблюдениями в долине р. Кужа и проявлена скальными обрывами известняков ее левого борта, возвышающимися над слоем крупнообломочных отложений днища долины на 10-12 м. Следов тектонических перемещений (зоны катаклаза и расланцевания, плоскости скольжения и т.п.) «докорового» и «послекорового» возрастов в обнажениях известняков не установлено. О значительной неровности подошвы коры выветривания свидетельствует и резко различные глубины ее залегания в близ расположенных шурфах №№ 57 (0,8 м) и 60 (более 15,0 м), а также результаты геофизических работ (ВЭЗ, ЕП, ВП) ОАО «Алтай-Гео» 2005 г. Суммарная мощность коры выветривания в скважинах ОАО «Алтай-Гео» (2005 г.) составляет около 27,0 м. Вероятно, учитывая установленную значительную неровность подошвы коры выветривания, следует ожидать возможное двух-пятикратное увеличение мощности коры выветривания в западинах и карстовых воронках палеорельефа.

**Слой подстилающих коренных пород исходного субстрата.** Этот слой вскрыт современной эрозией в естественных обнажениях периферии Сугульской площади и днища долины р. Кужа, в пределах которой эродирована значительная часть коры выветривания. Коренные породы субстрата на 90-95 % представлены известняками эсконгинской свиты, среди которых отмечены черные битуминозные разности. Значительно меньший объем занимают порфириты, габбро-диабазы и кремнистые сланцы, встречающиеся лишь на отдельных участках скального массива.

Приведенный разрез слоев коры выветривания Сугульской марганценовой площади удивительным образом полностью сходен с разрезом рыхлых отложений, неоднократно наблюдавшимся автором при бурении разведочных скважин на месторождениях дресвы и щебня в окрестностях г. Горно-Алтайска. Верхи разрезов рыхлых отложений здесь обычно сложены мелкообломочным делювием, постепенно сменяющимся ниже более крупнообломочным делювием, переходящим еще ниже в глыбовый аструктурный и структурный элювий, залегающий на скальном основании. Этот факт свидетельствует о преобладании физического выветривания на первых этапах формирования коры выветривания Сугульской марганценовой площади.

#### ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАРГАНЦЕВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В РАЗРЕЗЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ

Марганцевая минерализация Сугульской перспективной площади представлена (по данным полевых наблюдений 2005 г.) пиrolюзитом и псиломеланом. Детальное изучение характера распределения и соотношения марганцевых минералов в различных сечениях невозможно по материалам геологоразведочных работ 1959 г. и 1973 г., поскольку все пройденные ранее выработки не были опробованы.

**Характер распределения марганцевой минерализации в слое глин и мелкообломочно-глинистых отложений.** Распределение марганцевой минерализации в слое глин и мелкообломочно-глинистых отложений неравномерное как по вертикали разреза, так и по простиранию слоя (зоны). В сечениях шурфов, пройденных в 1959 г., отмечается либо наличие «сотистых и сажистых» обломков марганцевых руд, хаотично распределенных по всему слою (шурф № 61), либо приуроченность «сотистых и сажистых» обломков марганцевых руд к какому-либо интервалу глубин (2,9 м - шурф № 60; 1,6-2,2 м - шурф № 83), либо наряду с обломками «сотистых и сажистых» марганцевых руд отмечаются маломощные линзы и прослои «сажистых» глин (шурфы №№ 78, 79, 93). Размеры обломков «сотистых и сажистых» марганцевых руд, а также их количество в геологической документации шурфов указаны в единичных случаях (шурф № 83 - количество обломков «сажистых» марганцевых руд до 10 % на 1 п.м. проходки). Максимальное количество обломков марганцевых руд для слоя мелкообломочно-глинистых грунтов установлено в шурфе № 89 - до 25 %. Указанные обломки марганцевых руд относятся к так называемым «валунчатым» рудам.

Вертикальная приуроченность марганцевых руд к основанию слоя мелкообломочно-глинистых отложений отмечена в шурфах: № 83 (интервал 1,6-2,2 м), № 89 (интервал 1,0-более 5,35 м), № 105 (интервал 10,0-10,7 м), № 108 (интервал 0,9-1,15 м), № 78 (интервал 1,6-2,3 м), № 89 (интервал 3,0-3,5 м).

Вертикальная приуроченность марганцевых руд по всей вертикали слоя мелкообломочно-глинистых отложений отмечена в шурфах: № 83 (интервал 0,2-2,2 м), № 85 (интервал 0,2-3,2 м), № 90 (интервал 1,0-7,6 м) с концентрацией крупных обломков в верхней части оруденелого слоя, № 91 (интервал 0,2-10,4 м), № 93 (интервал 0,2-5,0 м), № 99 (интервал 0,2-14,0 м), № 61 (интервал 0,2-3,7 м), № 63 (интервал 0,2-4,5 м), № 103 (интервал 0,2-2,0).

Вертикальная приуроченность марганцевых руд к верхам слоя мелкообломочно-глинистых отложений отмечена в шурфах: № 90 (интервал 1,0-2,0 м).

Вертикальная приуроченность марганцевых руд к середине слоя мелкообломочно-глинистых отложений отмечена в шурфах: № 60 (интервал 2,9-3,0 м), № 111 (интервал 1,4-1,8 м), № 113 (интервал 2,2-3,2 м).

Таким образом, марганцевая минерализация в слое мелкообломочно-глинистых отложений формирует линзы мощностью от 0,1-0,25 до 1,0-4,35 м, приуроченные к верхам, средней части и низам слоя (зоны). В 50 % случаев марганцевая минерализация распространена по всей вертикали слоя на мощность от 2,0-3,0 до более 10,2-13,8 м.

**Характер распределения марганцевой минерализации в слое среднеобломочных отложений.** Распределение марганцевой минерализации в этом слое сходно с характером вертикального распределения марганцевой минерализации в вышележащем слое мелкообломочно-глинистых отложений.

Марганцевая минерализация в слое среднеобломочных отложений представлена «сажистыми» и «сотистыми» обломками марганцевых руд размерами до 7-12 см (шурфы №№ 60, 63, 84, 92, так называемые «валунчатые» руды), а также прослоями черных глин, пропитанных окислами марганца (шурф № 109).

Вертикальная приуроченность марганцевых руд ко всей вертикали слоя среднеобломочных отложений отмечена в шурфах: № 84 (интервал 6,65-более 7,7 м), № 89 (интервал 3,5-более 5,95 м), № 92 (интервал 2,0-более 16,5 м), № 117 (интервал 1,1-2,4 м), № 124 (интервал 0,2-9,5 м).

Вертикальная приуроченность марганцевых руд к середине слоя отмечена в шурфе № 114 (интервал 1,3-2,0 м).

Вертикальная приуроченность марганцевых руд к верхам слоя среднеобломочных отложений отмечена в шурфах: № 84 – (интервал 7,0-более 7,70).

Вертикальная приуроченность марганцевых руд к основанию слоя среднеобломочных отложений отмечена в шурфах: № 60 (интервал 7,7-9,2 м), № 109 (интервал 7,0-7,3 м), № 114 (интервал 2,0-2,5 м) – на их контакте с отложениями слоя (зоны) гипергенной кварцевой «сыпучки».

Марганцевая минерализация в слое (зоне) гипергенных среднеобломочных отложений, таким образом, формирует линзы мощностью от 0,3 м до 1,5 м, приуроченные к верхам, средней части и низам слоя (зоны). В 30-40 % случаев марганцевая минерализация распространена по всей вертикали слоя (зоны) на мощность от 2,0-3,0 до более 14,5 м.

**Характер распределения марганцевой минерализации в слое кварцевой «сыпучки».** Распределение марганцевой минерализации в слое кварцевой «сыпучки» более равномерное как по вертикали разреза, так и по простиранию слоя (зоны). Марганцевая минерализация в подавляющем большинстве сечений шурфов представлена линзами окислов марганца, хаотично распределенных по массе породы. Формы выделения марганцевых минералов в слое (зоне) кварцевой «сыпучки» преимущественно линзовидные (шурфы №№ 62-67), реже отмечаются участки скопления марганцевых руд изометричной формы (шурфы №№ 64) и пленки окислов марганца по трещинам. Количество марганцевых минералов изменяется от «очень мало» до 20 % от массы кварцита (последнее – в шурфе № 61).

Вертикальная приуроченность марганцевых руд по всему слою кварцевой «сыпучки» отмечена в шурфах: № 83 (интервал 2,2-более 3,5 м), шурф № 93 (интервал 5,0-более 18,0 м), шурф № 60 (интервал 9,0-15,0 м), шурф № 61 (интервал 5,0-более 11,3 м), шурф № 62 (интервал 12,2-более 14,3 м), шурф № 64 (интервал 6,0-более 17,25 м), шурф № 67 (интервал 6,50-более 15,4 м), шурф № 69 (интервал 6,0-16,7 м).

Вертикальной приуроченности марганцевых руд к какой-либо части разреза слоя кварцевой «сыпучки» не установлена.

Максимальная концентрация марганцевых минералов визуальным образом была установлена в шурфе № 61: количество марганцевых окислов (псиломелан) составило около 20 % от объема кварцевой «сыпучки» [5], вскрытый интервал 5,0-11,3 м (мощность рудного тела 6,3 м).

Марганцевая минерализация в слое кварцевой «сыпучки», таким образом, распределена равномерно по всей вертикали и латерали слоя (зоны). 80 % шурфов (8 из 10 шурфов), вскрывших кварцевую «сыпучку», содержат марганцевые минералы на изученную мощность от 2,2 до более 11,25 м.

**Характер распределения марганцевой минерализации в слое крупнообломочных отложений.** Характер распределения марганцевой минерализации в слое крупнообломочных отложений не изучен, поскольку проходка большинства шурфов остановлена на крупных глыбах кварцитов, размеры которых (0,7-0,9 м и более) сопоставимы с сечением шурфов (2,0 м<sup>2</sup>). В скважине № 2 ОАО «Алтай-Гео» (2005 г.) вблизи от подошвы разреза коры выветривания установлены маломощные линзы отложений, обогащенных глиной и содержащих незначительное количество минералов марганца.

**Характер распределения марганцевой минерализации в слое скального массива исходного субстрата.** Характер распределения марганцевой минерализации в слое скального массива исходного субстрата не установлен в связи с отсутствием полевых геологических наблюдений.

Приведенные данные по характеру распределения марганцевой минерализации в коре выветривания Сугуль-

ской перспективной площади позволяют сделать предварительный вывод о более значительной степени концентрации марганцевых минералов в верхней и средней частях разреза коры выветривания (слои мелкообломочно-глинистых и среднеобломочных отложений, а также слой кварцевой «сыпучки») в противоположность менее значительной степени концентрации марганцевых минералов в нижней части разреза коры выветривания (слой крупнообломочных отложений).

## ГЕНЕЗИС МАРГАНЦЕВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В КОРЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ СУГУЛЬСКОЙ ПЛОЩАДИ

Однозначное определение генезиса марганценосной коры выветривания Сугульской площади по имеющимся материалам не представляется возможным. Наблюдаемое строение разреза коры выветривания и характер распределения марганцевой минерализации позволяют автору выдвинуть две предварительных рабочих гипотезы по генезису коры выветривания Сугульской площади. В обеих гипотезах априорно полагается, что палеогеографические условия палеогенового времени были способны обеспечить климатические характеристики, благоприятные для формирования коры выветривания.

Первая гипотеза предполагает полное химическое преобразование (до образования гипергенных кварцитов) приповерхностного слоя скального массива известняков исходного субстрата с последующим физическим выветриванием слоя гипергенных кварцитов. Гипотеза включает три последовательных этапа преобразования известняков: первый этап формирования зон трещиноватости в плаще приповерхностного слоя (подготовка), второй этап полного химического преобразования подготовленного приповерхностного слоя известняков в гипергенные кварциты и привнос марганца, третий этап физического выветривания гипергенных кварцитов с переводом марганцевых агрегатов в глинистые составляющие рыхлых отложений (этап образования «валунчатых» руд марганца). Теоретической основой гипотезы являются: во-первых, известные (или неизвестные) полевые наблюдения глубокого аллитного и ферраллитного преобразования пород различного состава в ходе формирования латеритных кор выветривания тропических и субтропических регионов; во-вторых, химические анализы продуктов выветривания диоритов и габброидов, устанавливающие значительный вынос кремнезема (снижение содержаний кремнезема с 40-42 % в исходных породах до 2-3 % в выветрелых их разностях), марганца, кальция, магния в ходе латеритного выветривания; в-третьих, это экспериментальные данные в системе «кремнекислота – вода», показывающие возможности извлечения кремнекислоты поверхностными и грунтовыми водами в форме молекулы  $H_4SiO_4$  и катиона  $H_3SiO_3^+$  [8].

Вторая гипотеза предполагает простое физическое разрушение приповерхностного слоя скального массива исходного субстрата, исключающее второй этап полного химического преобразования известняков в кварциты. Гипотеза включает два последовательных этапа формирования коры выветривания: первый этап формирования элювиально-делювиального плаща кварцитов, а также второй этап физического выветривания элювиально-делювиального плаща кварцитов с переводом марганцевых агрегатов в глинистые составляющие рыхлых отложений (этап образования «валунчатых» руд марганца). Гипотеза базируется на известных (или неизвестных) фактах значительной подвижности ряда химических элементов не только в условиях аридного климата, но и в поясах с более бореальными климатическими характеристиками, включая климатические пояса с криогенным типом выветривания.

**Гипотеза полного химического преобразования.** По этой гипотезе кора выветривания Сугульской площади была образована «in situ» путем глубокого химического преобразования подготовленного приповерхностного слоя скального массива известняков эсконгинской свиты до состояния кварцитов. Исходный субстрат скального массива полагается монотонным известняковым либо известняковым с незначительной долей гипогенных кварцитов.

*Первый этап формирования элювиально-делювиального «плаща» в ходе физического (механического) выветривания известняков.* На этом этапе в скальном монолите известняков, выведенных эрозией на дневную поверхность, сформировалась зона густой трещиноватости, залегающая плащеобразно в соответствии с рельефом существовавшей в тот период дневной поверхности (палеорельефом). Трещиноватость возникла и развивалась в направлении сверху – вниз в итоге инфильтрационного процесса. Наиболее густая трещиноватость, вероятно, была сформирована непосредственно у дневной поверхности; с глубиной происходило уменьшение количества, величины зияния и размеров трещин. Верхняя граница зоны трещиноватых пород отвечала палеорельефу существовавшей (меловой?) дневной поверхности. Глубина проникновения трещиноватости в скальный массив, вероятно, составляла десятки метров – сто метров. Значительная глубина проникновения процессов физического (механического) выветривания в скальный массив обеспечивалась значительной длительностью воздействия этих процессов. В образовании рельефа нижней границы зоны трещиноватых пород, вероятно, значительную роль играли существовавшие зоны разрывных нарушений (катаклаза, расщеливания и др.), по ослабленным участкам которых развитие зон трещиноватых пород могло проникать на значительные глубины, образуя западины и карстовые полости. В итоге на первом этапе был сформирован элювиально-делювиальный трещинный «чехол», покрывший скальный массив неровным плащеобразным слоем.

*Второй этап полного химического преобразования элювиально-делювиального «плаща».* На этом этапе происходило полное химическое разрушение ранее сформированного приповерхностного элювиально-делювиального «плаща» (слоя) трещиноватых известняков с полным их замещением гипергенными кварцитами. Визуально гипергенные кварциты неотличимы от гипогенных обычных кварцитов скального массива. Под микроскопом (Бер-

зин, Ванеева, 1960 ф) в предположительно гипергенных кварцитах устанавливаются криптозернистые и микрогранобластовые структуры, характеризующиеся размерностью зерен от 0,01-0,025 до 0,02-0,2 мм. Часто отмечаются прожилки кварца, ориентированные в различных направлениях. Углистое вещество распылено в массе породы в виде тонких пластин и иголок; реже отмечается пропитка породы битуминозным веществом. Окислы марганца отмечаются в виде мелких зерен по границам минералов и трещинам; редко пропитывают массу кварцита. Зональность гипергенных кварцитов, установленная для Северо-Восточного Горного Алтая [2], выражается в осветлении гипергенных кварцитов верхней части разреза и постепенном потемнении окрасок гипергенных кварцитов к основанию разреза коры выветривания. Выделяются зоны: верхняя - белых и светло-серых кварцитов мощностью 100-150 м, средняя - темно-серых (массивных, полосчатых и пятнистых) кварцитов мощностью до 30 м, нижняя - черных массивных и полосчатых кварцитов мощностью 30-50 м, постепенно сменяющаяся породами исходного субстрата. В пределах Сугульской площади подобная зональность не установлена.

Полное химическое преобразование известняков в гипергенные кварциты сопровождалось привнесением оксидов марганца, осаждение которого происходило в массе гипергенных кварцитов. Логично предположить, что привнесенные оксиды марганца могли отлагаться в открытых полостях. Таковыми, по мнению автора, могли быть: открытые («зияющие») трещины или отдельные отрезки «зияния» на плоскостях трещин, «зияющие» полости в местах сочленения трещин. Кроме того, на локализацию марганцевой минерализации должны оказывать влияние литологические границы ранее сформированных слоев (мелкообломочно-глинистого, среднеобломочного и крупнообломочного). Логично полагать, что подавляющее количество оксидов марганца должно отлагаться в контрастных (обилие границ обломков) условиях слоя мелкообломочных и среднеобломочных отложений. Менее благоприятными представляются слабоконтрастные (редкие границы обломков) условия слоя крупнообломочных отложений. Источником марганца, вероятно, служили окружающие скальные породы (порфириды, габбро-диабазы, терригенные образования), а также существовавшие вблизи рудные проявления марганца.

*Третий этап физического выветривания приповерхностного слоя гипергенных кварцитов (этап образования «валунчатых» руд марганца).* Изменения, происходившие в течение третьего этапа, состояли в физическом разрушении приповерхностного слоя гипергенных кварцитов за счет инфильтрационных процессов. При этом более трещиноватая верхняя часть «плаща» гипергенных кварцитов оказалась более «глинизирована» за счет постоянного активного водообмена в пределах деятельного слоя, а густая трещиноватость кварцитов этого слоя обеспечила наиболее малые размеры и наименьшее количество остаточного обломочного материала, не подвергшегося «глинизации». Средняя, менее трещиноватая, часть «плаща» гипергенных кварцитов, попавших в зону недостаточного водообмена, оказалась менее «глинизированной», а среднее количество трещин обеспечило средние размеры и значительное (более 50 %) количество остаточного обломочного материала, не подвергшегося «глинизации». Нижняя же, наименее трещиноватая, часть «плаща» гипергенных кварцитов, находящаяся в зоне затрудненного водообмена, подверглась минимальной «глинизации», а редкая сеть трещин обеспечила максимальные размеры и максимальное количество обломочного материала, не подвергшегося «глинизации». Логично ожидать значительно большего процента перевода руд марганца в «валунчатый» тип (в глинах) для верхней, более «глинизированной» части разреза коры выветривания и падение количества «валунчатых» руд марганца – параллельно с падением количества глинистого материала - с глубиной в разрезе коры выветривания. Предположение об уменьшении количества «валунчатых» руд марганца с глубиной предварительно подтверждаются первичной документацией скважин №№ 2 и 3 ОАО «Алтай-Гео» 2005 г., в которой отмечена приуроченность марганцевой минерализации к верхам разреза коры выветривания. Предположение об уменьшении количества руд марганца с глубиной находит свое подтверждение в геологической документации шурфов Татарской партии 1959 г. [5]. Особую позицию занимает слой кварцевой «сыпучки», процессы «глинизации» которого минимальны. Вероятно, характер распределения марганцевой минерализации в слое кварцевой «сыпучки» в какой-то мере может являться эталоном для оценки характера распределения марганцевой минерализации в гипергенных кварцитах.

Следует отметить, что в пределах наиболее изученных участков ориентировка границ коры выветривания и ориентировка границ ее характерных слоев весьма близка к ориентировке рельефа современной дневной поверхности, что может указывать на преемственность современного рельефа палеорельефу, на котором сформировалась кора выветривания, либо на относительно молодой возраст продуктов коры выветривания.

**Гипотеза физического разрушения (выветривания).** Гипотеза образования марганценозной коры выветривания Сугульской площади путем физического разрушения (выветривания) пород скального массива субстрата исключает этап полного химического преобразования элювиально-делювиального «плаща», требующий объяснения источника кремнекислоты. Исходный субстрат скального массива полагается смешанного состава: некоторое преобладание известняков и обилие слоев гипогенных кварцитов – с крутым или вертикальным залеганием слоев.

*Первый этап формирования элювиально-делювиального «плаща» кварцитов путем физического (механического) выветривания.* Для первого этапа полагается формирование элювиально-делювиального «плаща» кварцитов на основе физической дезинтеграции неоднородного по составу скального массива исходного субстрата, выведенного эрозией на дневную поверхность. При этом, видимо, происходило быстрое растворение известняков инфильтрационными водами с образованием провалов рельефа и последующее заполнение их элювиально-делювиальным обломочным материалом, образовавшимся при разрушении останцов гипогенных кварцитов. В итоге на скальном известняковом основании формируется «плащ» обломочного элювия-делювия кварцитов. Зональность в распределении обломочного материала, по мнению автора, будет выражаться в концентрации крупных глыб кварци-

тов вблизи существовавших останцов гипогенных кварцитов и уменьшением размерности и количества крупных глыб на удалении от останцов. То есть, вблизи существовавших останцов гипогенных кварцитов вертикаль разреза коры выветривания должна быть представлены крупноглыбовыми отложениями, промежутки между которыми заполнены отложениями средне-и-мелкообломочной размерности. На некотором удалении от останцов должны формироваться линзы мелкообломочно-глинистых и глинистых отложений. Полагается также, что значительное перераспределение марганцевых минералов в ходе инфильтрации возможно лишь для наиболее водопроницаемых глинисто-мелкообломочных (и среднеобломочных) отложений, находящихся в зоне активного водообмена (но не для водонепроницаемых крупноглыбовых отложений). Источником оксидов марганца в данной гипотезе могут являться только породы (собственно «породный» марганец и «рудный» марганец) приповерхностного (20-50 м?) слоя скального массива исходного субстрата, вовлеченного в процесс формирования коры выветривания.

*Второй этап физического выветривания элювиально-делювиального «плаща» кварцитов (этап образования «валунчатых» руд марганца).* Данный этап в значительной степени аналогичен третьему этапу гипотезы полного химического преобразования. Полагается концентрация марганцевой минерализации и «валунчатых» руд марганца в линзах мелкообломочно-глинистых и среднеобломочных отложений. Литологический контроль марганцевой минерализации должен быть менее проявлен, как следствие отсутствия четких литологических границ.

**Сравнение предложенных гипотез генезиса коры выветривания.** Некоторые «типоморфные» признаки предложенных гипотез генезиса коры выветривания приведены в таблице 1. Здесь же приведены «типоморфные» признаки коры выветривания, отмеченные при производстве полевых наблюдений различными исследователями независимо друг от друга.

### 1. Типоморфные признаки

«Типоморфные» признаки	«Типоморфные» признаки коры выветривания, отмеченные при проведении полевых работ	«Типоморфные» признаки гипотезы полного химического преобразования	«Типоморфные» признаки гипотезы физического выветривания
Строение латерали и разреза коры выветривания	Протяженные слои (сверху – вниз): глинистый слой, среднеобломочный слой, кварцитовая «сыпучка», крупнообломочный слой.	Протяженные слои (сверху – вниз): глинистый слой, среднеобломочный слой, кварцитовая «сыпучка», крупнообломочный слой	Непротяженные линзы крупнообломочных, среднеобломочных и глинистых отложений, незакономерно сменяющие друг друга по латерали и вертикали
Латеральная и вертикальная приуроченность марганцевой минерализации к слоям коры выветривания	Протяженные слои с марганцевой минерализацией, локализованные в слое глинистых и среднеобломочных отложений, а также в слое кварцитовой «сыпучки»	Протяженные слои с марганцевой минерализацией, локализованные в слое глинистых и среднеобломочных отложений, а также в слое кварцитовой «сыпучки»	Непротяженные линзы с марганцевой минерализацией, локализованные в линзах глинистых и среднеобломочных отложений

Краткая аннотация к таблице 1 сводится к следующим пунктам. Положительной стороной предложенных гипотез является объяснимость горизонтального (или близкого к горизонтальному) залегания продуктов коры выветривания, установленного полевыми работами для марганценосных отложений коры выветривания Сугульской площади. Обе гипотезы удовлетворительно объясняют наблюдающиеся особенности вертикального разреза отложений коры выветривания с приуроченностью мелкообломочно-глинистых и среднеобломочных отложений к верхам разреза коры выветривания, а также наблюдающуюся литологическую приуроченность марганцевой минерализации к слоям мелкообломочно-глинистых и среднеобломочных отложений.

Следует отметить недостатки обеих предложенных гипотез генезиса коры выветривания. В частности, гипотеза полного химического преобразования известняков не объясняет источника значительных количеств кремнекислоты, необходимой для полного химического преобразования больших масс известняков в гипергенные кварциты. Проблематичным остается определение источника (или источников) марганца в обеих гипотезах. Слабым местом гипотезы физического выветривания остаются необъясненность появления слоя кварцитовой «сыпучки» и преобладающей локализации марганца в верхах разреза коры выветривания. «Сыпучки», являющиеся частым итогом процесса формирования коры выветривания, образуются «на месте», без перемещения исходного материала. Кроме того, для гипотезы физического выветривания остается нерешенным вопрос об источнике обломочного кварцитового материала для формирования мощного (около 27,0 м) элювиально-делювиального «плаща» кварцитов.

## РАСЧЕТ БАЛАНСА МАРГАНЦА

Определение возможного источника (или источников) марганца для формирования марганценозной коры выветривания Сугульской перспективной площади невозможно без расчета баланса марганца (без определения возможных источников марганца, без расчета объемов горных масс и продуктивности этих источников, без расчета количества марганца, которое может быть вынесено из источника для формирования марганценозной коры выветривания). В качестве возможных источников марганца ниже рассматривается «породный», «рудный» и «космогенный» варианты.

**Расчет баланса «породного» марганца** основывается на следующих исходных параметрах [7]: средние содержания «породного» марганца определены в 0,12 % (для порфиритов) и 0,04 % (карбонатные и терригенные породы) (принятое среднее содержание «породного» марганца 0,07 %), коэффициент водной миграции марганца в условиях окислительной обстановки зоны гипергенеза при средней интенсивности водной миграции изменяется от 0,1 до 1,0 (принят 1,0), средняя плотность принята равной 2,7 т/м<sup>3</sup>, расчетная площадь коры выветривания – 1 км<sup>2</sup>, мощность слоя, вовлеченного в гипергенез – 30,0 м (близка к мощности коры выветривания в 27,0 м, определенной скважинами «» 2 и 3 ОАО «Алтай-Гео» в 2005 г)..

Количество перераспределенного «породного» марганца при 100 % извлечении марганца их исходных пород субстрата составит:

$$P_{Mn} = 1\,000\,000 \text{ м}^2 \times 30 \text{ м} \times 2,7 \text{ т/м}^3 \times 0,07 \% : 100 \% = 56\,700 \text{ т} = 57 \text{ тыс. тонн на } 1 \text{ км}^2$$

или  $57 \times 3,3 = 188$  тыс. тонн на площадь около 3,3 км<sup>2</sup> коры выветривания изученной части Сугульской площади.

Вышеприведенное расчетное количество «породного» марганца (188 тыс. тонн) способно (при его перераспределении в ходе наиболее благоприятных условий инфильтрации) обеспечить формирование одного рудного тела мощностью 1,0 м со средним содержанием марганца 10 %, развитого на площади менее 1,0 км<sup>2</sup> (0,63 км<sup>2</sup>):

$$P_{Mn} = 630\,000 \text{ м}^2 \times 1,0 \text{ м} \times 3,0 \text{ т/м}^3 \times 10 \% : 100 \% = 189\,000 \text{ тонн} = 189 \text{ тыс. тонн марганца (1,89 млн. тонн руды)}$$

**Расчет баланса «рудного» марганца.** Таким образом, простое перераспределения марганца, заимствованное из вмещающих пород скального массива в ходе водной инфильтрации средней интенсивности, не способно обеспечить формирование даже мелкого месторождения марганцевых руд. Вероятно, следует предполагать наличие коренных проявлений марганцевых руд в качестве дополнительных источников марганца в коре выветривания. Количество марганца в предполагаемых коренных его проявлениях – при его вовлечении в процесс формирования коры выветривания (таблица № 2) – сопоставимо с количеством «породного» марганца (см. выше).

Сравнительные характеристики расчетных параметров прогнозных ресурсов некоторых проявлений марганца приведены в таблице 2 (Кассандров, 2000 ф).

Приведенные цифры показывают, что количество «породного» и предполагаемого «рудного» марганца недостаточно для формирования значительной по площади марганценозной коры выветривания Сугульской перспективной площади. Аналогичные выводы были получены ранее (Надирадзе, 1980) для осадочных палеогеновых месторождений марганца Русской платформы и Крымско-Кавказской геосинклинали (Чиатурское, Никопольское, Варненская группа марганцевых месторождений в Болгарии).

### 2. Сравнительная характеристика расчетных параметров прогнозных ресурсов

Проявления	Протяженность (км) или площадь (км <sup>2</sup> ) рудной зоны (тела)	Мощность (м) рудной зоны (тела)	Плотность руд (т/м <sup>3</sup> )	Среднее содержание марганца, %	Прогнозные ресурсы руды (млн. тонн)/ марганца, тыс. тонн
Бостокское	2,0 км	2,0 м	3,2	10,0	До 10,0
					100-150
Сугульское	1 400 км <sup>2</sup>	5,0 м	3,2		До 15,0
					Н/д
Бостальское	160 км <sup>2</sup>	5-7 м	3,0		До 10,0
					Н/д
					Н/д

Примечание. Н/д - нет данных

Сопоставление средних содержаний марганца в окисленных и неокисленных рудах ряда марганцевых месторождений показывает [4], что простое (физическое выветривание?) окисление марганцевых руд в подавляющем большинстве случаев не приводит к резкому увеличению содержаний марганца в окисленных рудах. На отдельных месторождениях наблюдается уменьшение содержаний марганца в окисленных рудах по сравнению с его содержаниями в первичных (неокисленных) рудах. Резкое, в 100-150 раз (10 % : 0,07 % = 143) несоответствие содержаний «породного» марганца (0,07 %) и прогнозируемых содержаний марганца (10 %) в рудных телах коры выветривания

Сугульской площади, по мнению автора, не может быть объяснено только физическими процессами при образовании марганценовой коры выветривания.

Не исключен и космогенный источник марганца, связанный с метеоритными потоками, периодически пересекающими орбиту Земли и вызывающими выпадение на ее поверхность тонкодисперсной пыли, обогащенной металлами (Надирадзе, 1980).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Геологический разрез марганценовой коры выветривания Сугульской площади представлен четырьмя слоями, последовательно сменяющимися друг друга сверху вниз:

- слой глинистых и мелкообломочно-глинистых отложений мощностью 11,8-12,4 м;

- слой среднеобломочных отложений мощностью 1,0-12,9 м, переходящим в слой кварцевой «сыпучки» мощностью 5,8-более 13,0 м;

- слой крупнообломочных отложений мощностью более 3,0 м;

- слой скального массива исходного субстрата.

Суммарная мощность марганценовой коры выветривания – около 27,0 м.

2. Марганцевая минерализация, представленная псиломеланом и пиролюзитом, локализуется преимущественно в верхних частях разреза коры выветривания (слое глин и мелкообломочно-глинистых отложений, слое среднеобломочных отложений и слое кварцевой «сыпучки»), образуя минерализованные интервалы мощностью от 0,1-0,25 до 1,0-13,0 м, приуроченные либо к литологическим границам слоев, либо ко всей вертикали одного или нескольких слоев. «Валунчатые» марганцевые руды связаны с минимальной (глинистой) составляющей отложений коры выветривания и, предположительно, были сформированы в наиболее поздний этап инфильтрационного физического выветривания.

3. Проведен предварительный сравнительный анализ двух возможных механизмов формирования марганценовой коры выветривания Сугульской перспективной площади: гипотезы полного химического преобразования известняков в гипергенные кварциты с дальнейшим физическим формированием «валунчатых» марганцевых руд в ходе инфильтрации и гипотезы физического выветривания скального массива исходных пород субстрата с дальнейшим физическим формированием «валунчатых» марганцевых руд в ходе инфильтрации. Более надежное определение генезиса марганцевой минерализации Сугульской площади возможно после проведения дополнительных исследований.

4. Предварительно рассчитано количество «породного» марганца, способного при его перераспределении в ходе наиболее благоприятных условий инфильтрации обеспечить формирование одного рудного тела мощностью 1,0 м со средним содержанием марганца 10 % на площади 0,63 км<sup>2</sup>: Вероятно, формирование «валунчатых» марганцевых руд не обошлось без участия «рудного» и, предположительно, космогенного марганца.

## Литература

1. Берзин А.П., Ванеева И.А. Отчет о геолого-поисковых работах Татарской партии за 1959 г. 1960 г.
2. Данилов В.В. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые Северо-Восточной части Горного Алтая. Отчет по геологосъемочным работам. 1993 г.
3. Земцов Ю.Н., Барышников Г.Я. Отчет Бирюлинской партии о геологосъемочных работах масштаба 1 : 50 000 за 1973-1976 г.г. 1977 г.
4. Кассандров Э.Г. Поисково-ревизионные работы по марганцевым рудам на Бостокской и Сугульской площадях. 2002 г.
5. Григорян и др. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М., Недра, 1983 г.
6. Кашик С.А., Карпов И.К. Физико-химическая теория образования зональности в коре выветривания. Н., 1978 г.
7. Надирадзе В.Р. К вопросу источника марганца в осадочных месторождениях палеогена. (В кн.: Новые данные по марганцевым месторождениям СССР, М., 1980 г).