

УДК 55(1/9):551.311.34 (477.75)

О ВЕТРОГРАННИКАХ В ОСНОВАНИИ СИЛУРА В ЮЖНОМ ПРИТИМАНЬЕ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

Пактовский Ю. Г.

*ФГБОУ ВО Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, Российская Федерация
E-mail: paktovskij.jurij@gmail.com*

В основании силурийских отложений в Южном Притиманье впервые описаны ветрогранники (вентифакты), по-видимому, более ранних геологических эпох. По структурному положению в разрезе выделены отложения ордовикской системы, содержащие ветрогранники, которые являются индикаторными образованиями для определения континентальных фаций, климата и ландшафта исследуемой территории. Для обозначения временных и фациальных границ эмерсивной фазы введено понятие эмерсивный рубеж по аналогии с термином минералогический рубеж. Наиболее важен эмерсивный рубеж перед началом трансгрессии. В работе описана морфология ветрогранников, их петрографический и минеральный состав, проведена палеорекострукция силурийского эмерсивного рубежа на северо-востоке Русской плиты в Южном Притиманье.

Ключевые слова: Пермский край, Южное Притиманье, ордовик, силур, эмерсивный рубеж, ветрогранники, фации пустынь, эоловые россыпи.

ВВЕДЕНИЕ

Геологических свидетельств длительного континентального перерыва на рубеже неопротерозоя и палеозоя, продолжавшегося почти 140 млн лет, в Южном Притиманье сохранилось немного. Этому обстоятельству способствовал целый ряд природных причин: сухой и холодный климат позднего ордовика – раннего силура, пенеппенизированный, плоский и пустынный рельеф, лишенный растительности, отсутствие постоянно текущих рек, преобладание ветровой, а не водной эрозии. Всё это не способствовало образованию химических кор выветривания, которые могли бы охарактеризовать породы субстрата, рельеф и климат этой эпохи более детально. Кроме того, герцинская коллизия, приведшая в тектоническое соприкосновение разновременные и разнокомпетентные породы региона по большей части уничтожила пластичные толщи, по которым происходило скольжение чешуй надвиговых пластин относительно друг друга и их взбросовые срывы [1].

В середине прошлого века, характеризуя палеогеографию нижнего палеозоя, Наливкин Д.В. отмечал, что континентальных отложений в силуре нет или они еще не обнаружены [2]. Экспедицией ВНИГРИ под руководством Чочиа Н.Г. [3] были геологически открыты аллювиальные отложения полюдовской свиты; Бурневская В.А. [4] впервые отнесла их к верхнему ордовика (*O_{3pl}*). Геологосъемочными работами Ишкова А.Д. (1967) в основании силура была выделена терригенная пачка колчимской свиты (*S_{1kl1}*). Снос обломочного материала установливался с запада [5], то есть с обширной суши в пределах Русской платформы, в Пермском Прикамье и Башкирии, где отложения силура не известны [6]. Силурийский период – время крупных геологических изменений в регионе. Начавшаяся трансгрессия моря

засвидетельствовала завершение эмерсивной фазы и господства континентального тектонического режима [7]. В отложениях силура этому событию отвечает карбонатная пачка колчимской свиты лландовери (S_1kl_2). При этом отмечается, что базальный горизонт (S_1kl_1) представлен континентальными фациями временных и небольших водотоков [8]. Цель данной статьи – обратить внимание на новые данные о ветровой эрозии (ветрогранники, или вентифакты), которые расширяют наше представление о времени, которое Пучков В.Н. назвал одним из наиболее темных для глобальных палеореконокструкций с участием континента Балтика после байкальской коллизии [9].

Проведенное исследование позволяет установить морфологию ветрогранников, их петрографический и минеральный состав, а также дополнить сведения о стратиграфических перерывах эмерсивной фазы древнепалеозойского, по Бубнову Н.Н. [10], тектонического цикла. Термин Бубнова Н.Н., на наш взгляд, не устарел потому, что позволяет определить понятие эмерсивный рубеж, ограничивающий тектоническую фазу в ее начале и в ее конце, по аналогии с термином минералогический рубеж [11], и увязать эти два понятия. При отсутствии в раннем палеозое наземной флоры и фауны литологические и минералогические свидетельства, даже при всей их ограниченности и редкости, могут являться важным источником геологической информации о «темных» эпохах развития древних континентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При отработке месторождения Южная Рассольная была распространена практика пробных экскаваторных закопок при строительстве водонакопительных плотин и для предварительной оценки мощности «песков». В одной из таких горных выработок в центральной части месторождения были вывернуты из коренного залегания и перевернуты подошвой вверх несколько крупных глыб литифицированных песчаников колчимской свиты (S_1kl_1), сплошной скальной плитой подстилающих частично дезинтегрированные терригенные отложения колчимской свиты во фронтальной части надвига, к которой приурочена максимальная продуктивность. Установленная мощность литифицированных песчаников варьирует от 0,4 м в центральной части месторождения до 5,0 м – в западной. Ширина выхода не превышает первых десятков метров и срезается разломом северо-западного простирания. Элементы залегания терригенных отложений колчимской свиты: аз. пад. СВ 40° , угол $4-5^\circ$. Слой песчаников является литологическим маркером благодаря своей латеральной выдержанности. Песчаники мелкозернистые кварцевые светло-серые с желтоватым оттенком, мелкослоистые, с мощностью слоев 0,15–0,2 м, с ортогональной отдельностью. С резким угловым и стратиграфическим несогласием отложения силура залегают на породах кочешорской свиты (V_2kc), представленных тонким переслаиванием аргиллитов, алевролитов и песчаников характерного вишневого цвета. Такая стратиграфическая последовательность отложений казалась и нам само собой разумеющейся. Однако,

О ВЕТРОГРАННИКАХ В ОСНОВАНИИ СИЛУРА В ЮЖНОМ ПРИТИМАНЬЕ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

при внимательном рассмотрении перевернутых глыб песчаников обнаружались детали разреза, которые невозможно было бы установить другими горными выработками. К моменту опробования (2019 г.) добычной полигон не эксплуатировался около пяти лет, поэтому на отпрепарированной дождями поверхности глыб отчетливо выделялись угловатые щебнистые обломки пород, отличные от их литологического окружения (рис. 1). Больше всего они походили на ветрогранники, эоловые многогранники, или вентифакты, или драйкантеры, знакомые еще из курса физической геологии [12], но об их находках в древних толщах в Южном Притиманье до сих пор ничего не было известно.



Рис. 1. Общий вид точки наблюдения. Глыбы силурийских песчаников с отпрепарированными ветрогранниками перевернуты подошвой вверх. Внизу, под ними, вскрыты фиолетовые алевролиты и песчаники кочешорской свиты верхнего венда. Месторождение Южная Рассольная.

Особой насыщенностью обломками отличался тонкий (0,1 м) слой в основании крупных глыб. Этот слой представлен гравийными песчаниками светло-серыми с желтовато-зеленоватым оттенком, кварцевыми, крепкими. Кровля слоя с вышележащим имеет контакт ровный и четкий, без видимых следов размыва и

перерыва. Нижний контакт неясен. Судя по тому, что угловатые щебнистые обломки выступают на препарированной поверхности, эта его часть дезинтегрирована. Из дезинтегрированного материала слоя нами была взята малообъемная проба (100 л), после промывки которой в классе +4,0 мм были найдены многочисленные обломки кварцитовидных гравелитов и гравийных кварцитопесчаников светло-серых, частично раздробленных; на отдельных плитчатых обломках которых обнаружены зеркала скольжения с параллельно направленными бороздами по напластованию. В гравелитах кварцевые зерна имеют размер до 4 мм, в основном 1–2 мм; встречаются также редкие, близкие к изометричным гальки размером ок. 1 см серого, голубовато-серого и белого непрозрачного кварца. Из класса +4,0 мм также были излечены несколько угловатых щебнистых обломков, аналогичных таковым в вышележащем слое гравийных песчаников.

Таким образом, на основании литологической разности пород стало возможным реконструировать разрез в точке опробования (снизу вверх):

- 1) слой светло-серых кварцитовидных гравелитов и гравийных кварцитопесчаников с редкими угловатыми вентифактами;
- 2) слой гравийных песчаников светло-серых с желтовато-зеленоватым оттенком с максимальным количеством вентифактов;
- 3) слой мелкозернистых песчаников светло-серых с желтоватым оттенком с относительно небольшим количеством вентифактов (маркирующий слой).

Кроме того, в составе маркирующего слоя западнее по его простиранию также отмечались угловатые обломки, а также мелкие гальки. Изучение их было затруднено невозможностью препарировать их из скального массива. По полевым работам и публикациям предшественников, известно, что грубообломочный материал в основании силура наследуется как из отложений ордовика, так и из более древних толщ. Специально изучался галечный материал, но щебнистые обломки не исследовались или не замечались. Действительно, уловить особенности межслоевых текстур в толще песчаников, не имеющей естественных обнажений, обычными методами геологической съемки достаточно трудно. После ревизии всех доступных выходов маркирующего слоя песчаников обнаружилось, что угловатые щебнистые обломки приурочены, в основном, к низам толщи. К сожалению, больше нигде не пришлось наблюдать вскрытое основание толщи маркирующих песчаников, потому что мощность ее в западном направлении существенно увеличивается. В 2010 г. геологической службой ЗАО «Уралалмаз» была заложена поисковая скважина на дне карьера, бронируемого маркирующей толщей песчаников. Мощность слоя 3 оказалась равной 5,0 м. Ниже следовал слой дезинтегрированных в песок силурийских песчаников мощностью 2,4 м. На контакте с отложениями венда описана обломочная кора выветривания, представленная мелким щебнем и дресвой кварцевого песчаника тёмно-серого с бледным розоватым оттенком, мелкозернистого, плотного, крепкого и песчаника желтовато-зеленовато-серого, разнозернистого, плотного, некрепкого в аргиллит-алевритовом материале вишневого цвета мощностью 0,8 м. Таким образом, в западных блоках месторождения из разреза выпал слой 1; мощность слоя 2 увеличилась с 0,1 до 0,8

О ВЕТРОГРАННИКАХ В ОСНОВАНИИ СИЛУРА В ЮЖНОМ ПРИТИМАНЬЕ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

м, при этом между слоями 2 и 3 обнаружился слой дезинтегрированных песчаников, отсутствующий в разрезе центральной части месторождения. Щебнистые обломки обломочной коры выветривания, к сожалению, тогда не были изучены более детально. Однако, стало очевидно, что основание силура имеет более сложное строение, чем это представлялось раньше и, возможно, имеет практический интерес с точки зрения россыпной геологии. Поэтому, несмотря на небольшую мощность разреза в средней части месторождения, доступность его для дальнейшего изучения приобретает дополнительный смысл.

По результатам полевого наблюдения описанный выше разрез не укладывается в схему непрерывной осадочной последовательности трансгрессивного цикла. И вот почему. Если угловатые обломки – это ветрогранники, то это значит, что породы континентального субстрата длительное время подвергались выветриванию, прежде чем были перекрыты вышележащей толщей. Породы, послужившие материалом для ветрогранников, образовались раньше самих ветрогранников. Эти породы должны были не только литифицироваться и оказаться на земной поверхности, но и начать разрушаться. Следовательно, они образовались раньше ветрогранников. Наличие ветрогранников в низах толщи песчаников (слой 3) означает, что захоронение их произошло достаточно быстро, без значительного переноса и окатывания в речном потоке или в волноприбойной зоне. Отсюда следуют, что между слоями 1 и 2, 3 должен быть стратиграфический перерыв, отмеченный сменой фациальных условий. Индикаторными образованиями перерыва в осадконакоплении являются ветрогранники. Учитывая, что изотопный возраст нижней подсвиты колчимской свиты определен, можно условно считать возраст слоя 1 досилурийским, о чем пойдет речь ниже. Тогда возраст самих ветрогранников может оказаться более древним, чем этих подсилурийских отложений. А возраст пород, послуживших материалом для ветрогранников, должен быть еще более древним. Перевести относительные величины возраста отложений описываемого разреза в абсолютные в настоящее время пока невозможно. Изотопный возраст полюдовской свиты не определен и до сих пор вызывает дискуссию, начатую еще Бурневской В.А. [4], диапазон мнений колеблется от раннего кембрия до позднего ордовика [13]. Изотопный возраст кочешорской свиты (V_2kc), подстилающей в данной геологической ситуации отложения условного ордовика определен К-Аг методом по глаукониту (569 млн лет) более полувека назад. Единственная валидная датировка касается терригенной подсвиты колчимской свиты: 421 и 428 млн лет К-Аг и Rb-Sr методами по тонким глинистым фракциям (Езерский, 2000), но эти данные не опубликованы. Кроме того, в отложениях нижней подсвиты колчимской свиты лландовери до сих пор не обнаружена фауна, что неудивительно, если эти отложения являются континентальными. Тем не менее, имея всего одну отправную точку, можно соотнести слои описываемого разреза следующим образом (снизу вверх):

- 1) слой 1 – отложения верхнего ордовика (O_3pl);
- 2) слой 2 – обломочная кора выветривания, развитая по отложениям слоя 1;
- 3) слой 3 – отложения нижней подсвиты колчимской свиты лландовери (S_1kl_1).

Мощность эродированных отложений ордовика может быть достаточно велика, учитывая, что в ближайшем окружении (г. Камень Полянка, г. Помяненный Камень) мощность только верхней подсвиты полудовской свиты (O_3pl_3) достигает 260–300 м. Этому обстоятельству способствует также большее эпигенетическое изменение пород ниже стратиграфического перерыва [14].

Для характеристики разреза нами проведено литологическое опробование всех выделенных слоев. Пробоподготовка осуществлена по типовой схеме обработки литологических проб [11]. Применены морфологический, петрографический и минералогический методы исследования образцов пород. Исследование проведено с использованием оборудования «Центра коллективного пользования ПГНИУ».

МОРФОЛОГИЯ ВЕТРОГРАННИКОВ

Описание ветрогранников проведено в соответствии с известной морфологической и петрографической классификацией Карлова Н.Н. с дополнениями Айнемера А.И. [15, 16]. Среди них выявлены уплощенные одногранники, призматические двугранники, пирамидальные трех-четырёх- и многогранники, округленные ветрогранники с некоторыми их разновидностями по форме, то есть четыре группы ветрогранников из пяти, по Н.Н. Карлову, за исключением фигурных. Без нарушения целостности удалось препарировать 40 ветрогранников (табл. 1), не считая тех, что извлечены в «рубашках» вмещающих пород. Это лишь небольшая часть ветрогранников, встреченных нами в основании силура. Распределение их по группам и подгруппам показано в таблице 1.

Таблица 1.
Морфологическая классификация ветрогранников в основании силура в средней части месторождения Южная Рассольная (по Карлову, 1951)

Группа	Уплощенные одногранники	Призматические двугранники	Пирамидальные			Округленные	Итого
			Трехгранники	Четырехгранники	Многогранники		
Подгруппа							
Кол-во, шт.	7	6	12	2	9	4	40
Кол-во, %	17,5	15,0	30,0	5,0	22,5	10,0	100,0

Из таблицы видно, что среди перечисленных групп наиболее многочисленной является группа пирамидальных ветрогранников (57,5%), а среди подгрупп – пирамидальные трехгранники (30%). Подавляющее преобладание пирамидальных трехгранников с острым ребром, направленным в сторону господствующего ветра, может свидетельствовать об устойчивости воздушных потоков во время их

О ВЕТРОГРАННИКАХ В ОСНОВАНИИ СИЛУРА В ЮЖНОМ ПРИТИМАНЬЕ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

образования и о преобладании ветровой эрозии в регионе, что типично для бесконечных ровных пространств каменистой пустыни, лишенной естественных барьеров в виде горных хребтов или растительности. Как известно в раннем палеозое на континентальной суше ни флоры, ни фауны еще не было, а Тиманский ороген был существенно пенеплезирован. Некоторые наиболее характерные образцы ветрогранников показаны на рисунке 2.



Рис. 2. Морфологические разновидности ветрогранников, препарированных из гравийных песчаников слоя 2. Месторождение Южная Рассольная.

Ниже дается морфологическая характеристика изображенных на рисунке 2 образцов. Ряды читаются слева направо и сверху вниз, как строки в книге (табл. 2).

Из 16 представленных образцов к группе А. Уплощенные одногранники – отнесен 1 образец (№ 8); к группе Б. Призматические двугранники – 1 (№ 6); к группе В. Пирамидальные – 11, из них: к подгруппе I. Трехгранники – 5 (№№ 1, 3, 4, 9, 14), к подгруппе II. Четырехгранники – 2 (№№ 5, 15), к подгруппе III. Многогранники – 4 (№№ 2, 10, 11, 16). К группе Г. Округлённые – отнесены 3 образца (№№ 7, 12, 13). Округлённые ветрогранники достаточно редки, среди них интересен единственный образец цилиндрической формы с бороздами выдувания на поверхности (рис. 2, табл. 2: 2-й ряд, №7), или «сотами выветривания» [15].

Единичные образцы со следами окатывания (№4 и №12) могут свидетельствовать о пребывании их в водном потоке. Учитывая, что редкие хорошо окатанные гальки встречаются в тех же слоях мелкозернистого песчаника, наличие водных потоков, пусть и временных, на каменистой, в целом, равнине или пустыне, тоже нельзя исключать.

Морфологическая характеристика ветрогранников, изображенных на рисунке 2 (по Карлову, 1951)

1-й ряд	1. Пирамидальный трехгранник изометричный (вершина отколота)	2. Пирамидальный многогранник (приплюснутый)	3. Пирамидальный трехгранник изометричный	4. Пирамидальный трехгранник клиновидный
2-й ряд	5. Четырехгранник ромбоидальный	6. Призматический двугранник неправильный	7. Округленный цилиндрический	8. Уплющенный одногранник
3-й ряд	9. Пирамидальный трехгранник неправильный	10. Пирамидальный многогранник (приплюснутый)	11. Пирамидальный многогранник (приплюснутый)	12. Округленный овальный (половина отколота)
4-й ряд	13. Округленный ветрогранник эллипсоидальный	14. Пирамидальный трехгранник неправильный	15. Четырехгранник неправильный	16. Многогранник неправильный

Известно, что в современных осадках пирамидальные ветрогранники всегда занимают положение вершиной вверх, что позволяет ориентировать слой по отношению к кровле и подошве, при условии, что обломки не смещены при своем образовании. Сдвинуть с места даже сравнительно небольшой обломок не под силу ураганному ветру, на что обращали внимание еще Обручев В.А. [17] и Наливкин Д.В. [18]. Благодаря этой особенности обломки пород и приобретают свою особую форму.



Рис. 3. Пирамидальный трехгранник клиновидной формы, обращенный вершиной к подошве слоя 2 (глыба перевернута подошвой вверх).

О ВЕТРОГРАННИКАХ В ОСНОВАНИИ СИЛУРА В ЮЖНОМ ПРИТИМАНЬЕ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

Основание пирамидальных ветрогранников определяется легко, и это основание всегда «стоит на земле», указывая на подошву слоя, поэтому основание ветрогранников не обточено ветром и зачастую имеет ровную поверхность (скол грани щебня по слоистости или по трещине отдельности исходной породы). В древних толщах ориентировка пирамид ветрогранников, по-видимому, сохраняется. Так, на поверхности напластования слоя 2 большинство ветрогранников «утоплены» вершиной в породу, к кровле слоя. Однако некоторые из них обращены вершиной к подошве (рис. 3), но такие случаи единичны. В литературе это объясняется поворотом обломков за счет изменения своей формы под воздействием ветра и образования ямок выдувания перед ними [16]. Подобная картина наблюдается и на поверхности других крупных глыб, где, правда, нет такого большого скопления обломков. Поверхность обломков – гладко-шероховатая, матовая, не всегда ровная; наиболее правильные пирамидальные обломки имеют вид как будто слегка приплюснутый. Шероховатость поверхности объясняется микрорельефом, напоминающим «булавочные уколы», по Карлову Н.Н. [15], выступающих бугорков зерен кварца. Часть граней обломков покрыта тонкими пленками гидроксидов железа, обычных и на поверхности ветрогранников современных пустынь.

Общая физическая основа геологической деятельности ветра для пустынь Земли и других планет, например, Марса, рассматривается в многочисленных работах американских исследователей, приобретших неожиданную актуальность в связи с изучением вентифактов марсианских пустынь [19]. Полированные и блестящие грани, покрытые так называемым пустынным лаком, нами не встречены, что может служить косвенным признаком «древности» описываемых обломков. Сведения о нахождении подобных камней в отложениях древних систем позволяют сделать вывод о такой же деятельности ветра в минувшие эпохи [12] как на Земле, так и на некоторых планетах земной группы [20].

ПЕТРОГРАФИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ ВЕТРОГРАННИКОВ

Из нескольких образцов ветрогранников изготовлены шлифы (рис. 4).

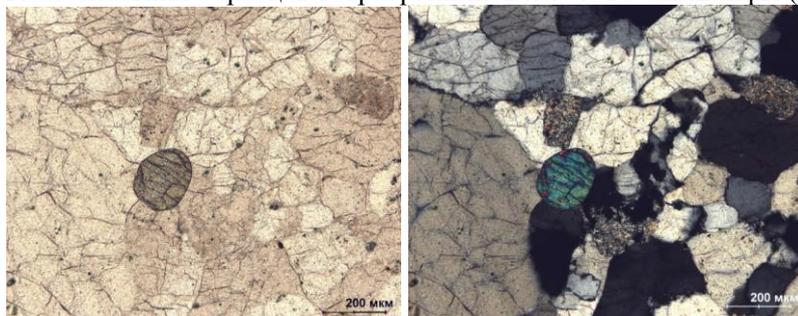


Рис. 4. Шлиф одного из ветрогранников с включением зерна пироксена размером 0,16 мм в проходящем (слева) и поляризованном свете (справа). Конформная структура с цементацией вдавливания. Микрофотографии выполнены Томилиной Е.М.

Петрографическое исследование шлифов показало, что структура породы псаммитовая средне-мелкозернистая с размерами зерен 0,1-0,8 мм, преобладают – 0,2-0,4 мм. Зерна неправильной, субизометричной, удлиненной формы, полуокатанные. Сортировка хорошая. Текстура беспорядочная, микроскопически не наблюдается какая-либо ориентировка составных частей породы. Обломочный материал представлен зернами кварца (65%), обломками пород различного генезиса (35%): обломки кварцитов, гранитоидов, глинистых пород и обломками пород кремнисто-сланцевого состава. Кварц характеризуется неправильной, удлиненной формой с равномерным угасанием со следами регенерации в виде каемок, иногда зёрна по периферии растворены, отчего приобретают неровные края. В породе преобладает цементация вдавливания – бесцементное контактное соединение зерен кварца и обломков, которое характеризуется конформной структурой [21]. Из аксессуарных минералов в шлифах из двух образцов встречены полуокатанное (0,1 мм) и окатанное (0,16 мм) зерна пироксена (клинопироксена) субизометричной формы; других аксессуариев не наблюдается. Из аутигенных минералов отмечаются единичные чешуйки гидрослюды размером менее 0,08 мм. Постседиментационные преобразования проявляются в структуре вдавливания и в образовании конформных структур за счет регенерации кварца и уплотнения обломков, а также в укрупнении чешуек бывшего гидрослюдистого цемента. Органический материал: растительный (?) детрит бурового цвета в виде неправильных овальных выделений (3%), либо в виде примазок по контуру обломков. Видимой пористости в шлифе не наблюдается. Микроописание шлифов выполнено петрографом Е.М. Томилиной.

Регенерация кварца, цементация вдавливания, химическое растворение некоторых зерен кварца с образованием «коррозионных заливов» [22] – все это свидетельствует о метагенетических, по Япаскурту О.В. [17], изменениях породы, приводящих к деформациям толщ осадочных горных пород под воздействием горячих эндогенных флюидов вдоль зон тектонических нарушений. На основании петрографического исследования исходной породой для образования ветрогранников могли быть песчаные осадки допалеозойских разрезов, которые в результате метагенеза байкальской эпохи складчатости сформировались как кварцитопесчаники. Именно эти породы разрушались в эмерсивную фазу континентального перерыва от венда до конца ордовика и образовали обломочную кору выветривания с ветрогранниками. Кварцитовидные гравелиты и кварцитопесчаники в виде обломков описаны в верхней толще ордовика (O_3pl_3) в разрезе скважины 24, пробуренной на восточном склоне г. Помянённый Камень. Поскольку других упоминаний о кварцитовидных породах на силурийском эмерсивном рубеже в регионе нет, было бы интересно сопоставить их с породами слоя 1 описываемого разреза. Если это сопоставление верно, то стратиграфический перерыв между слоями 1 и 2, 3 получает дополнительное подтверждение, как и тот факт, что контакт между ними осложнен надвиговой тектоникой более поздней герцинской эпохи складчатости.

По мере поступления данных продолжается геохимическое изучение пород разреза и ветрогранников. По литохимической классификации Юдовича Я. Э. и

**О ВЕТРОГРАННИКАХ В ОСНОВАНИИ СИЛУРА В ЮЖНОМ
ПРИТИМАНЬЕ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)**

Кетрис М. П. [23], кварцитопесчаники ветрогранников являются гиперсилитами ($GM < 0,05$); величина гидролизатного модуля двух образцов 0,046 и 0,042. Дальнейшее исследование должно установить возможность рециклинга кварцевых зерен этих пород.

Поскольку подробная минералогическая характеристика разреза с гранулометрическим анализом и анализом тяжелой фракции не входит в задачи данной статьи, посвященной, в основном, ветрогранникам и их значению для палеогеографии, однако для полноты картины необходимо привести некоторые дополнительные данные изучения литологических проб, отобранных в каждом из слоев с вентифактами. Результаты количественного минералогического анализа сведены в таблицу (табл. 3).

Таблица 3.

Минеральный состав тяжелой фракции аллотигенных минералов
литологических проб (класс 0,25–0,1 мм), масс. %

№ п/п	Минерал	Слой 1	Слой 2	Слой 3
1	Турмалин	20,4	14,8	16,7
2	Лейкоксен	32,7	39,5	18,5
3	Циркон	28,6	33,3	50,0
4	Анатаз	8,2	6,2	3,7
5	Рутил (черный)	4,1	3,7	1,8
6	Ильменит	-	-	3,7
7	Эпидот	2,0	1,2	-
8	Пироксен	4,1	-	-
9	Хлорит	-	-	5,6
10	Слюды (мусковит)	-	1,2	-
Сумма		100,0	100,0	100,0

Под бинокулярным микроскопом просмотрены все гранулометрические классы. Из них для характеристики минеральной ассоциации выбран класс 0,25–0,1 мм с представительным количеством зерен аксессуарных минералов. Мелкопесчаный класс пробы разделен в бромформе. Легкая фракция класса представлена исключительно кварцем. Выход тяжелой фракции низкий (0,89; 0,75; 1,49 кг/т в слоях 1, 2 и 3, соответственно), что вообще характерно для нижнепалеозойских пород региона.

Минеральная ассоциация тяжелой фракции пород характеризуется небольшим набором минералов, из которых в количестве, превышающем 10%, выделяется только комплекс исключительно устойчивых (турмалин, лейкоксен, циркон). Все зерна хорошо окатаны. Из неустойчивых минералов обращает на себя внимание

присутствие пироксена в тяжелой фракции пород слоя 1, что подтверждается наличием такового в шлифах ветрогранников из этого же слоя (рис. 4).

По значению неустойчивых компонентов (пироксен, эпидот, с одной стороны и хлорит, мусковит – с другой) [11] можно предположить минералогический рубеж в данном разрезе на границе слоев 1 и 2. Причем, слой 2 является переходным на этом рубеже. Характерным также является соотношение циркона и лейкоксена, обратное в слоях 1 и 3. Исходя из определения минералогического рубежа как события, завершающего крупный тектоно-магматический цикл с коренной перестройкой структурного плана территории, возможно сопоставить этот эмерсивный рубеж с завершением каледонского цикла.

Количественный минералогический анализ характеризует изменение условий образования осадка в зависимости от области размыва питающих его пород, но не дает ответа на вопрос о причинах выветривания и дезинтеграции самой породы, литифицированной из этого осадка. В нашем случае это важно, поскольку различающиеся по времени образования слои разреза различаются и по степени литификации, причем нижний слой, наиболее древний, наиболее и дезинтегрирован. Для определения такого различия дополнительно было проведено исследование пелитовой фракции пород слоя 1 методом рентгенофазового анализа. Из проведенных ранее исследований [24] известно, что пелитовая фракция нижней толщи дезинтегрированных пород силура состоит, в основном, из гидрослюды (51–64%) и гётита (14–28%), чувствительными индикаторами экзогенного выветривания. Глинистая фракция протоочки выветрелых гравийных кварцитопесчаников из слоя 1 изучена на рентгеновском дифрактометре D2 Phaser (излучение – $\text{CuK}\alpha$, $\lambda=1,54060 \text{ \AA}$) в виде порошковой пробы (аналитик Исаева Г.А.). По данным рентгенофазового анализа, глинистая фракция, в основном, состоит из кварца (68%) и гидрослюды (21%) с примесью калиевого полевого шпата (7%) и хлорита (4%).

Учитывая регенерацию зерен кварца, отмеченную при микроскопическом изучении, можно сделать вывод, что дезинтеграция пород связана с процессом регенерации и последующим хрупким изломом регенерационных кайм, приводящему к разобщению зерен в отсутствии связующего цемента.

Оказалось также, что тончайшее, наподобие порошка, вещество белого цвета, обволакивающее зерна кварца, иногда образующее скопления в мелких полостях породы и видимое даже макроскопически, является кварцем пелитовой размерности. С другой стороны, в полостях образцов отмечались даже мелкие щетки кристаллического кварца и горного хрусталя, отмечающих завершившийся процесс регенерации зерен кварца.

Поскольку для регенерации кристаллов кварца необходимы минералообразующие растворы [25], движущиеся, как правило, по ослабленным зонам, можно сделать вывод, что породы слоя 1 испытали наибольшее тектоническое воздействие, в результате которого были частично дезинтегрированы. Обращает внимание тот факт, что в этой ситуации ветрогранники оказались относительно устойчивы. Возможно, это также свидетельствует о том, что они были

литифицированы раньше вмещающих их пород, то есть древнее их.

ВЫВОДЫ

В основании силурийских отложений на месторождении Южная Рассольная обнаружены ветрогранники (вентифакты) более ранних геологических эпох. По структурному положению в разрезе выделены отложения ордовикской системы, содержащие ветрогранники. Часть их унаследована толщей песчаников колчимской свиты в основании силура. Между отложениями ордовика и силура отмечается стратиграфический перерыв, осложненный надвиговой тектоникой. Мощность ордовикских отложений в разрезе составляет около 0,6 м. Обломочная кора выветривания по ордовикским отложениям – 0,1 м. В то время, как в ближайшем геологическом окружении мощность только верхней подсвиты полюдовской свиты достигает 260–300 м. Эмерсивная тектоническая обстановка на территории Южного Притиманья продолжалась около 140 млн лет. Мощность эродированных отложений может быть достаточно велика и достигать десятков и сотен метров. Следствием длительного континентального перерыва явилось образование главных алмазных россыпей региона. Ветрогранники являются индикаторными образованиями для определения континентальных фаций, климата и ландшафта исследуемой территории на протяжении эмерсивной фазы тектонического развития. Проведено изучение морфологии ветрогранников по классификации Карлова Н.Н. Среди них установлены четыре группы из пяти, за исключением фигурных: уплощенные одногранники, призматические двугранники, пирамидальные трех-четырёх- и многогранники, округленные ветрогранники, также некоторые разновидностями внутри групп. Выявлено, что наиболее многочисленны ветрогранники первой и третьей групп. Представители второй и четвертой групп относительно редки. Обращает на себя внимание ветрогранник из четвертой группы цилиндрической формы с ячейками выдувания, или «сотами выветривания», образующими скульптурированную поверхность. Наличие мелких галек в слоях песчаника наряду с ветрогранниками может свидетельствовать о существовании на поверхности каменистой пустыни временных водных потоков.

По петрографическому микроописанию ветрогранники можно назвать кварцитопесчаниками с реликтами гидрослюдистого цемента. Преобладает бесцементное контактное соединение зерен кварца и обломков различных пород с конформной структурой. Из акцессорных минералов встречены хорошо окатанные зерна пироксена. По литохимической классификации кварцитопесчаники являются гиперсилитами. Проведено также минералогическое исследование разреза, которое показало различие минеральной ассоциации тяжелой фракции пород ордовика и силура. По соотношению устойчивых и неустойчивых компонентов тяжелой фракции между ними устанавливается минералогический рубеж, который фиксирует завершение эмерсивной фазы на исследуемой территории.

Проведенное петрографическое и минералогическое исследование образцов вентифактов показало их отличие от вмещающих пород. Установлено их

стратиграфическое положение в разрезе нижнепалеозойских отложений на контакте с породами венда. Из проведенного структурного анализа следует, что частично дезинтегрированные кварцитовидные породы в основании силура являются более древними образованиями, чем терригенная подсвета колчимской свиты лландовери (S_1kl_1). Они могут быть соотнесены с таковыми в верхней подсвете ордовика (O_3pl_3). Тогда, сами вентифакты являются продуктами ордовикского периода, возникшими из еще более древних пород. Терригенные отложения в основании силура наследовали продукты обломочной коры выветривания предыдущих эпох, ордовика и венда. Между отложениями силура и ордовика, как и между отложениями ордовика и венда, существует стратиграфический перерыв, во время которого накапливались обломочные коры выветривания.

Для обозначения временных и фациальных границ эмерсивной фазы введено понятие эмерсивный рубеж по аналогии с термином минералогический рубеж. Наиболее важен эмерсивный рубеж перед началом трансгрессии. Он отчетливо выделяется в стратиграфии осадочных отложений. Завершение раннепалеозойской эмерсивной фазы пришлось на начало силурийского трансгрессивного цикла, и поэтому названо силурийским эмерсивным рубежом.

Известно, что ветрогранники образуются в условиях как аридного, так и нивального климата [26]. Преобладание гидрослюды среди глинистых минералов в пелитовой фракции отложений как верхнего ордовика, так и основания силура, позволяет сделать вывод о климате эпохи как близкому к нивальному типу [27] с преобладанием физического выветривания над химическим. Поскольку Тиманский ороген был пенеплезирован уже к середине кембрия [28], главным геологическим агентом экзогенного выветривания, в отсутствие высоких гор и растительности, скорее всего, являлся ветер. Ландшафт эпохи представляется как холодная каменистая пустыня вблизи границы континента и моря. Устойчиво дующие долгое время в одном направлении ветры способствовали образованию ветрогранников. Подобные каменистые и холодные пустыни известны в современной Антарктиде [29]. Продуктами ветровой эрозии являются обнаруженные в основании силура ветрогранники. Их образование происходило, по Наливкину Д.В. [30], в условиях каменистой пустыни с временными потоками. Своей сохранностью ордовикские вентифакты обязаны силурийской трансгрессии, которая ознаменовала завершение длительной эмерсивной фазы развития региона и обозначила эмерсивный рубеж, который мы назвали силурийским.

Наличие эмерсивного рубежа фиксируется началом трансгрессивного цикла отложений и означает стратиграфический перерыв в его основании. Найденные здесь ветрогранники, материальные свидетельства собственно эмерсивной фазы в геологической истории, дают и расширяют возможности ландшафтной и климатической реконструкции суши древнего континента, а также уточняют условия сохранения и распределения некоторых видов полезных ископаемых, связанных только с экзогенными условиями рудообразования и корой древних кратонов [31]. К таковым, например, относятся россыпи, в том числе и древней россыпеносной формации [32], фациальный спектр которой на Урале может

О ВЕТРОГРАННИКАХ В ОСНОВАНИИ СИЛУРА В ЮЖНОМ ПРИТИМАНЬЕ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

оказаться шире, чем только аллювиальные фации. Механизм образования эоловых россыпей алмазов рассмотрен Кухаренко А.А. [33] и Трофимовым В.С. [34] на примере россыпей пустыни Намиб в юго-западной Африке, в модели которых описываются эрозионно-дефляционные «ванны» с щебневыми террасами на склонах, или котловины выдувания [12]. Изучение ветрогранников, индикаторных образований каменистых пустынь, может способствовать поиску эоловых алмазных россыпей в древних отложениях Урала.

Проведенное исследование позволило описать морфологию ветрогранников, их петрографический и минеральный состав, а также дополнить сведения о палеогеографии раннего палеозоя на северо-востоке Русской плиты на территории Южного Притиманья.

Список литературы

1. Хаин В.Е. Общая геотектоника. 2-е изд. М.: Недра, 1973. 512 с.
2. Наливкин Д.В. Геология СССР. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 814 с.
3. Чочиа Н.Г. Геологическое строение Колво-Вишерского края. Л.: Гостоптехиздат, 1955. 406 с.
4. Бурневская В.А. Новые данные по стратиграфии додевонских отложений палеозоя Колво-Вишерского края и Печорской впадины // Бюл. МОИП. Т. XLII (2). М.: МГУ, 1967. С. 43–51.
5. Милановский Е.Е. Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии): Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1996. 448 с.
6. Смирнов Ю.Д., Боровко Н.Г., Вербицкая Н.П., Румянцева Н.А., Бекасова Н.Б., Горский В.П., Евдокимов Ю.Б., Лукьянова Л.И. Геология и палеогеография западного склона Урала. Л.: Недра, 1977. 199 с.
7. Ибламинов Р.Г. Плитные тектонические режимы и обстановки платформ // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: статьи по материалам регион. науч.-практ. конф. / гл. ред. Р.Г. Ибламинов. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2014. С. 20–25.
8. Молчанова Е.В., Езерский В.А. Терригенные отложения колчимской свиты – древнейший вторичный коллектор алмазов на Северном Урале // Терригенные осадочные последовательности Урала и сопредельных территорий: седименто- и литогенез, минерагения. Материалы 5 Уральского регионального литологического совещания. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. С. 164–165.
9. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДазайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
10. Бубнов С.Н. Основные проблемы геологии. М.: Изд-во МГУ, 1960. 234 с.
11. Осовецкий Б.М. Минералогия мезокайнозоя Прикамья. Пермь: Изд-во ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2004. 292 с.
12. Мушкетов Д.И. Физическая геология. Изд. 3-е. В 2 т. Т. 2. Л.–М.: Госиздат, 1926. 636 с.
13. Пактовский Ю.Г., Илалтдинов И.Я. О генезисе конгломератов полудовской свиты г. Помянённый Камень в Южном Притиманье // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб. науч. статей / отв. ред. И.И. Чайковский. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2020. Вып. 23. С. 167–173.
14. Копелиович А.В. Эпигенез древних толщ юго-запада Русской платформы. М.: Наука, 1965. 312 с.
15. Карлов Н.Н. О номенклатуре и классификации ветрогранников // Проблемы физической географии. Т. XVI. Л.: Изд-во АН СССР, 1951. С. 174–178.
16. Айнемер А.И. О ветрогранниках в эоловых осадках заунгузской свиты // Тр. ВСЕГЕИ. Т. 42. Л.: Гос. науч.-тех. изд-во, 1960. С. 245–248.
17. Обручев В.А. Занимательная геология. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 368 с.
18. Наливкин Д.В. Ураганы, бури и смерчи. Л.: Наука, 1969. 487 с.

19. Greeley R., Bridges N.T., Kuzmin R.O., Laity J.E. Terrestrial analogs to wind-related features at the Viking and Pathfinder landing sites on Mars // *J. of Geophysical Research*. 2002. Vol. 107(E1). pp. 1–21. doi:10.1029/2000JE001481
20. Laity J.E., Bridges N.T. Ventifacts of Earth and Mars // *Geomorphology*. 2009. N. 105. pp. 202–217.
21. Япаскурт О.В. Литология: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 336 с.
22. Япаскурт О.В. Стадиальный анализ литогенеза: учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1994. 142 с.
23. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
24. Исаева Г.А., Пактовский Ю.Г., Фадеева Е.А. Изучение минерального и гранулометрического состава силурийского коллектора алмазов на Северном Урале // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала: сб. ст. по материалам Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под общ. Ред. Р.Г. Ибламинова / Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2017. С. 39–42.*
25. Кораго А.А. Условия образования кварца-волосатика // *ЗВМО. Часть 113. Вып. 1. Л.: Наука, 1984. С. 15–26.*
26. Марченко В.И. Континентальные фации // *Справочник по литологии / под ред. Н.Б. Вассоевича, В.Л. Либровича, Н. В. Логвиненко, В.И. Марченко. М.: Недра, 1983. С. 368–382.*
27. Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород (с основами методики исследования): учебник для студентов геолог. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1984. 416 с.
28. Тимонин Н.И. Печорская плита: история геологического развития в фанерозое / УрО РАН. Екатеринбург, 1998. 240 с.
29. Dutch, Steven. "Wind Erosion". University of Wisconsin. 2017. <https://web.archive.org/web/20171027050452/http://www.uwgb.edu/dutchs/EarthSC202Slides/windslides.htm>
30. Наливкин Д.В. Учение о фациях. Географические условия образования осадков. В 2т. Т. 2. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 396 с.
31. Шуб В.С. Геодинамические обстановки формирования главнейших типов экзогенных месторождений Урала // *Геодинамика и металлогения Урала. Материалы ко Второму Уральскому металлогеническому совещанию. Свердловск: ИГГ УО АН СССР, 1991. С. 47–50.*
32. Шуб В.С. Формационно-минерагенический анализ мезозойско-кайнозойского цикла развития Урала // *Геологическое развитие Урала: достижения и проблемы. М., 1988. С. 88–98.*
33. Кухаренко А.А. Минералогия россыпей. М.: Гос. науч.-тех. изд-во, 1961. 320 с.
34. Трофимов В.С. Геология месторождений природных алмазов. М.: Недра. 1980. 304 с.

THE SILURIAN FRONTIER OF EMERSION STAGE IN THE TERRITORY OF SOUTH CIS-TIMAN

Paktovsky Y. G

*Perm State University, bld.15, Bukireva str., 614990, Perm, Russian.
E-mail: paktovskij.jurij@gmail.com*

Ventifacts samples were found at the base of Silurian deposits of the Kolchim suite (S_{1kl}) in the territory of South Cis-Timan in the Perm region. Ventifacts are the indicators for determining the continental facies, climate and landscape of the studied territory during the emersive phase of tectonic development. The study of the morphology of petrographical classification Karloff N. N. Among them are four groups of five, with the exception of curly shape: 1) flattened shape with one wind-abraded facets (or “an Einkanter”); 2) prismatic shape with two wind-abraded facets (or “a Zweikanter”); 3) pyramidal shape with three facets (“a Dreikanter”), four facets and pyramidal

polyhedrons; 4) rounded ventifacts; and also some varieties within these groups. It is revealed that the most numerous facts of the first and third groups. Representatives of the second and fourth groups are relatively rare. A single artifact from the fourth group of cylindrical forms with "honeycombs of weathering" or "meshes of blowing" forming a sculptured surface attracts attention. The presence of small pebbles in the layers of sandstone, along with artifacts, may indicate the existence of temporary water flows on the surface of the stony desert. According to the petrographic micro description, the artifacts can be called quartzite sandstones with relics of hydrosludic cement. Cement-free contact connection of quartz grains (65%) and fragments of various rocks (35%) with a conformal structure prevails. Well-rounded pyroxene grains were found from accessory minerals. A mineralogical study of the section was also carried out, which showed a difference in the mineral association of the heavy fraction of Ordovician and Silurian rocks. According to the ratio of stable and unstable components of the heavy fraction, a mineralogical boundary is established between them, which records the completion of the emersive phase in the studied territory.

The emersive tectonic situation in the territory of South Cis-Timan lasted for about 140 million years. According to the structural position in the section, sediments of the Poludov suite (O_3pl) containing artifacts are identified. Part of them is inherited by the thickness of sandstones of the Kolchim suite (S_1kl_1) at the base of the Silurian. There is a stratigraphic break between the Ordovician and Silurian deposits, complicated by thrust tectonics. The thickness of Ordovician deposits in the section is about 0,6 m; the clastic crust of weathering on Ordovician deposits is about 0,1 m. While in the nearest geological environment, the thickness of only the upper sub-section of the Poludov suite (O_3pl_3) reaches 260-300 m. The thickness of eroded deposits can be quite large and reach tens or hundreds of meters. The result of a long continental break was the formation of the main diamond placers in the region.

To denote the time and facies boundaries of the emersive phase, the concept of the emersive frontier is introduced by analogy with the term mineralogical frontier. The most important is the emersive frontier before the beginning of transgression. It is clearly distinguished in the stratigraphy of sedimentary deposits. The end of the early Paleozoic emersive phase occurred at the beginning of the Silurian transgressive cycle, and is therefore called the Silurian emersive frontier.

Ventifacts formed in conditions like arid and nival climate. Based on the content of hydromica among clay minerals in the pelitic fraction of deposits of both the upper Ordovician and lower Silurian, a conclusion is made about the nival climate of the epoch with the predominance of physical weathering over chemical. The main geological agent of exogenous weathering appears to have been wind. The landscape of the epoch is represented as a cold stony desert near the border of the continent and the sea. Sustained winds blowing for a long time in one direction contributed to the formation of ventifacts. Such stony and cold deserts are known in modern Antarctica. Ventifacts founded at the base of the Silurian are products of wind. Their formation took place in a stony desert. The Ordovician ventifacts owe their preservation to the Silurian transgression, which signaled the end of the emersive phase of the region's development and marked the

Silurian emersive frontier.

This study allowed us to describe the morphology of ventifacts, their petrographic and mineral composition, as well as to supplement information about the paleogeography of the early Paleozoic on the Silurian emersive frontier in the northeast of the Russian plate in the territory of South Cis-Timan.

Keywords: Perm region, South Cis-Timan, emersion stage, Silurian frontier, Ordovician, ventifacts, facies of deserts, aeolian placers.

References

1. Khain V.Ye. Obshchaya geotektonika. 2-ye izd. M.: Nedra (Pabl.), 1973. 512 p. (in Russian).
2. Nalivkin D.V. Geologiya SSSR. M.–L.: AN SSSR (Pabl.), 1962. 814 p. (in Russian).
3. Chochia N.G. Geologicheskoye stroyeniye Kolvo-Visherskogo kraya. L.: Gostoptekhizdat (Pabl.), 1955. 406 p. (in Russian).
4. Burnevskaya V.A. Novyye dannyye po stratigrafii dodevonskikh otlozheniy paleozoya Kolvo-Visherskogo kraya i Pechorskoy vpadiny. Byul. MOIP. T. XLII (2). M.: MGU, 1967. pp. 43–51.
5. Milanovskiy Ye.Ye. Geologiya Rossii i blizhnego zarubezh'ya (Severnoy Yevrazii): Uchebnik. M.: MGU (Pabl.), 1996. 448 p. (in Russian).
6. Smirnov YU.D., Borovko N.G., Verbitskaya N.P., Rumyantseva N.A., Bekasova N.B., Gorskiy V.P., Yevdokimov YU.B., Luk'yanova L.I. Geologiya i paleogeografiya zapadnogo sklona Urala. L.: Nedra (Pabl.), 1977. 199 p. (in Russian).
7. Iblaminov R.G. Plitnyye tektonicheskiye rezhimy I obstanovki platform. Geologiya i poleznyye iskopayemyye Zapadnogo Urala: sb. st. po materialam Vseross. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiyem / gl. red. R.G. Iblaminov / Perm. gos. nats. issled. un-t. Perm', 2014. pp. 20–25. (in Russian).
8. Molchanova Ye.V., Yezerkiy V.A. Terrigennyye otlozheniya kolchimskoy svity – drevneyshiy vtorichnyy kollektor almazov na Severnom Urale. Terrigennyye osadochnyye posledovatel'nosti Urala i sopredel'nykh territoriy: sedimento- i litogenez, minerageniya. Materialy 5 Ural'skogo regional'nogo litologicheskogo soveshchaniya. Yekaterinburg: IGG UrO RAN, 2002. pp. 164–165. (in Russian)
9. Puchkov V.N. Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nyye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii). Ufa: DazaynPoligrafServis (Pabl.), 2010. 280 p. (in Russian).
10. Bubnov S.N. Osnovnyye problemy geologii. M.: MGU (Pabl.), 1960. 234 p. (in Russian).
11. Osovetskiy B.M. Mineralogiya mezokaynozoya Prikam'ya. Perm': PGU, PSI, PSSGK (Pabl.), 2004. 292 p. (in Russian).
12. Mushketov D.I. Fizicheskaya geologiya. Izd. 3-ye. V 2 t. T. 2. L. - M.: Gosizdat (Pabl.), 1926 p. 636. (in Russian).
13. Paktovskiy YU.G., Ilaltdinov I.YA. O genezise konglomeratov polyudovskoy svity g. Pomyanonnyy Kamen' v Yuzhnom Pritiman'ye. Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. Nauchnyye chteniya pamyati P.N. Chirvinskogo: sb. nauch. statey / otv. red. I.I. Chaikovskiy. Perm. gos. nats. issled. un-t. Perm', 2020. Vyp. 23. pp. 167–173. (in Russian).
14. Kopeliovich A.V. Epigenez drevnich tolshch yugo-zapada Russkoy platformy. M.: Nauka (Pabl.), 1965. 312 p. (in Russian).
15. Karlov N.N. O nomenklature i klassifikatsii vetrogrannikov. Problemy fizicheskoy geografii. T. XVI. L.: AN SSSR (Pabl.), 1951. pp. 174–178. (in Russian).
16. Aynemer A.I. O vetrogrannikakh v eolovykh osadkakh zaunguzskoy svity. Tr. VSEGEI. T. 42. L.: Gos. nauch.-tekh. (Pabl.), 1960. pp. 245–248. (in Russian).
17. Obruchev V.A. Zanimatel'naya geologiya. M.: AN SSSR (Pabl.), 1961. 368 p. (in Russian).
18. Nalivkin D.V. Uragany, buri i smerchi. L.: Nauka (Pabl.), 1969. 487 p. (in Russian).
19. Greeley R., Bridges N.T., Kuzmin R.O., Laity J.E. Terrestrial analogs to wind-related features at the Viking and Pathfinder landing sites on Mars. J. of Geophysical Research. 2002. Vol. 107(E1). pp. 1–21. doi:10.1029/2000JE001481. (in English).

О ВЕТРОГРАННИКАХ В ОСНОВАНИИ СИЛУРА В ЮЖНОМ
ПРИТИМАНЬЕ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

20. Laity J.E., Bridges N.T. Ventifacts of Earth and Mars // *Geomorphology*. 2009. N. 105. pp. 202-217. (in English).
21. Yapaskurt O.V. *Litologiya: uchebnik dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy*. M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya» (Pabl.), 2008. 336 p. (in Russian).
22. Yapaskurt O.V. *Stadial'nyy analiz litogeneza: uchebnoye posobiye*. M.: MGU (Pabl.), 1994. 142 p. (in Russian).
23. Yudovich YA.E., Ketris M.P. *Osnovy litokhimii*. SPb.: Nauka (Pabl.), 2000. 479 p. (in Russian).
24. Isayeva G.A., Paktovskiy YU.G., Fadeyeva Ye.A. *Izucheniye mineral'nogo i granulometricheskogo sostava siluriyskogo kollektora almazov na Severnom Urale. Geologiya i poleznyye iskopayemye Zapadnogo Urala: sb. st. po materialam Vseross. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiyem / pod obshch. red. R.G. Iblaminova / Perm. gos. nats. issled. un-t. Perm', 2017. pp. 39–42. (in Russian).*
25. Korago A.A. *Usloviya obrazovaniya kvartsa-volosatika. ZVMO. Chast' 113. Vyp. 1. L.: Nauka (Pabl.), 1984. pp. 15–26. (in Russian).*
26. Marchenko V.I. *Kontinental'nyye fatsii // Spravochnik po litologii / pod red. N.B. Vassoyevicha, V.L. Libroviicha, N. V. Logvinenko, V.I. Marchenko. M.: Nedra (Pabl.), 1983. pp. 368–382. (in Russian).*
27. Logvinenko N.V. *Petrografiya osadochnykh porod (s osnovami metodiki issledovaniya): uchebnik dlya studentov geolog. spets. vuzov. M.: Vyssh. shk. (Pabl.), 1984. 416 p. (in Russian).*
28. Timonin N.I. *Pechorskaya plita: istoriya geologicheskogo razvitiya v fanerozoeye. UrO RAN. Yekaterinburg, 1998. 240 p. (in Russian).*
29. Dutch, Steven. "Wind Erosion". University of Wisconsin. 2017. URL: <https://web.archive.org/web/20171027050452/http://www.uwgb.edu/dutchs/EarthSC202Slides/windslid.htm>. (in English).
30. Nalivkin D.V. *Ucheniye o fatsiyakh. Geograficheskiye usloviya obrazovaniya osadkov. T. 2. M.–L.: AN SSSR (Pabl.), 1956. 396 p. (in Russian).*
31. Shub V.S. *Geodinamicheskiye obstanovki formirovaniya glavneyshikh tipov ekzogennykh mestorozhdeniy Urala. Geodinamika i metallogeniya Urala. Materialy ko Vtoromu Ural'skomu metallogenicheskomu soveshchaniyu. Sverdlovsk: IGG UO AN SSSR (Pabl.), 1991. pp. 47–50. (in Russian).*
32. Shub V.S. *Formatsionno-mineragenicheskiy analiz mezozoysko-kaynozoyetskogo tsikla razvitiya Urala. Geologicheskoye razvitiye Urala: dostizheniya i problemy. M., 1988. pp. 88–98. (in Russian).*
33. Kukharenskiy A.A. *Mineralogiya rossypey. M.: Gos. nauch.-tekh. izd-vo (Pabl.), 1961. 320 p. (in Russian).*
34. Trofimov V.S. *Geologiya mestorozhdeniy prirodnykh almazov. M.: Nedra (Pabl.), 1980. 304 p. (in Russian).*

Поступила в редакцию 24.07.2020 г.