

УДК 552.513.1:551.311.34

## Силурийский эмерсивный рубеж на территории Южного Притиманья (Пермский край)

**Ю.Г. Пактовский**Пермский государственный национальный исследовательский университет  
614990, Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: [paktovskij.jurij@gmail.com](mailto:paktovskij.jurij@gmail.com)*(Статья поступила в редакцию 25 мая 2020 г.)*

В основании силурийских отложений Полюдово-Колчимской структуры Южного Притиманья на месторождении Южная Рассольная впервые обнаружены ветрогранники – индикаторные образования пустынь с преобладанием процессов ветровой эрозии (корразии). В работе проведена систематика найденных ветрогранников, выявлена их морфология, сделан вывод о том, что наиболее многочисленна группа пирамидальных ветрогранников. А среди последних наиболее распространены пирамидальные трёхгранники, иначе называемые драйкантерами. С точки зрения литологии ветрогранники являются кварцитопесчаниками с реликтами гидрослюдистого цемента, в структуре которых преобладает бесцементное контактное соединение зерен кварца и обломков различных пород. По структурному положению слоев пород, содержащих ветрогранники, в геологическом разрезе выделены отложения ордовикской и силурийской систем. Проведено минералогическое исследование этого разреза по анализу минеральных ассоциаций тяжелой фракции литологических проб. Сделан вывод о возможном времени образования ветрогранников как о границе ордовика и силура. Эта граница принимается автором за верхний (силурийский) эмерсивный рубеж, после которого наступает кардинальная смена тектонической обстановки в регионе. По результатам проведенного исследования предложена палеогеографическая реконструкция восточной окраины Восточно-Европейской платформы на силурийском эмерсивном рубеже. На основании новых данных, полученных в результате исследования, предложен эоловый тип для ископаемых россыпей алмазов силурийского промежуточного коллектора в Южном Притиманье.

Ключевые слова: *силур, эмерсивный рубеж, ветрогранники, фаши пустынь, эоловые россыпи.*

DOI: 10.17072/psu.geol.19.3.210

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, пенепленизированный, 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 пла-

стин относительно друг друга и их взбросовые срывы (Хаин, 1973).

В середине прошлого века, характеризуя палеогеографию нижнего палеозоя, академик Д.В. Наливкин (1962) отмечал, что континентальных отложений в силуре нет или они еще не обнаружены. Экспедицией ВНИГРИ под руководством Н.Г. Чочиа на территории Южного Притиманья впервые были выделены аллювиальные отложения полюдовской свиты, отнесенные к базальной толще силура (Чочиа, 1955). В.А. Бурневская (1967) перевела эти отложения в верхний ордовик (*O<sub>3pl</sub>*), что закрепилось как в геологической литературе, так и в дальнейшей практике при проведении геолого-съёмочных работ. В результате исследований вишерских и пермских геологов под руководством А.Д. Ишкова (1960-е гг.) в Южном Притиманье в основании силура была выделена терригенная пачка колчимской свиты лландовери (*S<sub>1kl</sub>*).

Снос обломочного материала устанавливался с запада (Милановский, 1996), т. е. с обширной континентальной суши в пределах Русской платформы, Пермского Прикамья и Башкирии, где отложения силура не известны (Смирнов и др., 1977).

Силурийский период – время крупных геологических изменений в регионе. Начавшаяся трансгрессия моря засвидетельствовала завершение эмерсивной фазы континентального тектонического режима (Ибламинов, 2014). В отложениях силура этому событию отвечает верхняя – карбонатная – пачка колчимской свиты ( $S_1kl_2$ ); нижняя – терригенная – пачка ( $S_1kl_1$ ) представлена континентальными фациями временных и небольших водотоков (Молчанова, Езерский, 2002).

Необходимо подчеркнуть, что сведений о находках ветрогранников на территории Южного Притиманья нет как в геологической литературе, так и в производственных геолого-съёмочных отчетах. Поэтому в настоящей статье мы подробно рассмотрим эти интересные природные образования, прежде всего их морфологию, поскольку ветрогранники являются строгими индикаторами определенных фаций – фаций пустынь с преобладанием ветровой эрозии и процесса корразии (Наливкин, 1956). Подобные находки должны расширить наше представление о геологическом времени, которое В.Н. Пучков назвал одним из наиболее «темных» для глобальных палеорекопструкций с участием континента Балтика после байкальской коллизии (Пучков, 2010).

В данной работе мы пользуемся термином эмерсивный рубеж, в частности силурийский эмерсивный рубеж, который восходит к стадийной модели Н.Н. Бубнова и к его положению об эмерсивной фазе древнепалеозойского тектонического цикла (Бубнов, 1960). Этот термин, на наш взгляд, удачно определяет границы эмерсивной тектонической обстановки в ее начале и в ее конце. Пограничное состояние перехода к господству континентального тектонического режима, а затем его неизбежной смены в результате трансгрессии отражено в этом термине, принятом нами по аналогии с термином минералогический рубеж (Осовецкий, 2004). Нам представляется плодотворной возможность уя-

зять эти два понятия, или, другими словами, тектонику и литологию. При отсутствии в раннем палеозое наземной флоры и фауны литологические и минералогические свидетельства, даже при всей их ограниченности и редкости, могут являться важнейшим источником геологической информации об уже упомянутых «темных» эпохах развития древних континентов, что мы уже рассматривали в статье о стадийности геологического развития территории Южного Притиманья (Пактовский, 2019).

Образцы ветрогранников в основании силура были обнаружены нами в центральной части месторождения Южная Рассольная, где при его отработке экскаваторным способом были вывернуты из коренного залегания и перевернуты подошвой вверх несколько крупных глыб песчаников колчимской свиты ( $S_1kl_1$ ). Таким своеобразным образом неожиданно открылось, что вся подошва слоя песчаников усеяна остроугольными, щебнистой размерности, обломками, отличающимися от вмещающих пород как по цвету, так и по структурно-текстурным признакам. По результатам бурения известно, что установленная мощность песчаников в основании силура 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  $40^0$ , угол  $4-5^0$ . Этот слой крепких литифицированных песчаников является литологическим маркером в контуре месторождения благодаря своей латеральной выдержанности и легкой узнаваемости. Песчаники мелкозернистые, кварцевые, светло-серые с желтоватым оттенком, мелкослоистые, с мощностью слоев 0,15–0,2 м. С резким угловым и стратиграфическим несогласием отложения силура залегают на породах кочешорской свиты венда ( $V_2kc$ ), представленных тонким переслаиванием аргиллитов, алевролитов и песчаников характерного вишневого цвета.

Ветрогранники встречаются только в нижней части слоя, и особой их насыщенностью отличается тонкий (0,1 м) слой в подошве слоя, т. е. в основании крупных вывернутых экскаватором 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 не совсем ясен. Судя по тому, что угловатые щебнистые обломки выступают на препарированной поверхности, эта часть слоя была дезинтегрирована и осыпалась при перемещении глыб. Из дезинтегрированного материала этого слоя нами 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 до 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).

По результатам полевого наблюдения описанный выше разрез не укладывается в схему непрерывной осадочной последовательности трансгрессивного цикла и вот почему. Если угловатые обломки 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 следует, 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 досилурийских 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 В.А. Бурневской. Диапазон мнений колеблется от раннего кембрия до позднего ордовика (Пактовский, Илалтдинов, 2020). 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 и не удивительно, раз 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 полюдовской свиты ( $O_3pl_3$ ) достигает 260–300 м. Этому обстоятельству способствует также большее эпигенетическое изменение пород ниже стратиграфического перерыва – признак, проявляющийся как на макро-, так и на микроуровне (Копелиович, 1965). Таким образом, мы приходим к выводу, что наиболее вероятным временем образования ветрогранников был поздний ордовик – рубеж ордовика и силура. Из каждого слоя были отобраны литологические пробы, прежде всего с целью проведения минералогического анализа, о чем пойдет речь ниже, после морфологических исследований ветрогранников.

Морфологические разновидности ветрогранников, препарированных из гравийных песчаников слоя 2, представлены на рис. 1, 2 и сведены в табл. 1, 2.

Описание ветрогранников проведено нами в соответствии с известной морфологической классификацией (Карлов, 1951), принятой и в дальнейших исследованиях этих образований (Айнемер, 1960), поскольку морфология является для них главным диагностическим признаком. Выявлены уплощенные одногранники, призматические двугранники, пирамидальные трех-, четырех- и многогранники, округленные ветрогранники с некоторыми их разновидностями по форме, т. е. четыре группы ветрогранников из пяти, по Н.Н. Карлову, за исключением фигурных.

Без нарушения целостности нам удалось препарировать 40 ветрогранников (табл. 3); еще около 30 – в обломках вмещающих пород. Для изучения взяты только первые из них. Однако необходимо заметить, что большую часть ветрогранников практически невозможно извлечь в полевых условиях с помощью молотка и зубила.

Из представленных на рис. 1 и в табл. 1 шестнадцати образцов в соответствии с принятой классификацией (Карлов, 1951) к группе А (уплощенные одногранники) отнесен 1 образец (№ 8); к группе Б (призматиче-

ские двугранники) – 1 (№ 6); к группе В (пирамидальные) – 11, из них к подгруппе I (трехгранники) – 5 (№ 1, 3, 4, 9, 14), к подгруппе II (четырёхгранники) – 2 (№ 5, 15), к подгруппе III (многогранники) – 4 (№ 2, 10, 11, 16), к группе Г (округлённые) – отнесены 3 образца (№ 7, 12, 13).

Округлённые ветрогранники (из встреченных нами) достаточно редки. Среди них обращает на себя внимание единичный образец цилиндрической формы с бороздами выдувания на поверхности (рис. 1, табл. 1: 2-й ряд, №7), или «сотами выветривания», по Н.Н. Карлову. Также единичны образцы со следами сглаживания и окатывания ребер щебня эоловых многогранников (№4 и 12), что может свидетельствовать о пребывании их в водном потоке после обработки ветром. Причем, что характерно, вверх по разрезу терригенного основания колчимской свиты лландовери ( $S_1kl_1$ ) количество и степень окатанности обломков увеличиваются. Учитывая, что хорошо окатанные гальки встречаются на том же стратиграфическом уровне, что и ветрогранники, наличие временных водных потоков в каменистой пустыне, на наш взгляд, нельзя исключать. Развитию силурийской речной сети, постепенному увеличению ее роли в транспортировке обломочного материала и лучшей его окатанности посвящена одна из предыдущих наших статей (Паковский, 2017). В ней, в частности, важен вывод о появлении в песчаной толще силура грубообломочного материала галечной размерности, рассеянного по поверхности напластования в линзах и тонких прослоях, что предполагает струйчатый характер его распределения.

Из представленных на рис. 2 и в табл. 2 двадцати четырех образцов в соответствии с принятой классификацией (Карлов, 1951) к группе А (уплощенные одногранники) – отнесены 6 образцов (№ 1, 2, 6, 17, 18, 24); к группе Б (призматические двугранники) – 5 (№ 5, 15, 16, 20, 21); к группе В (пирамидальные) – 12, из них к подгруппе I (трехгранники) – 7 (№ 7, 11, 12, 13, 14, 19); к подгруппе II (четырёхгранники) – 0; к подгруппе III (многогранники) – 5 (№ 3, 4, 9, 10, 23), к группе Г (округлённые) – 1 (№ 8).



**Рис. 1.** Морфологические разновидности ветрогранников. Месторождение Южная Рассольная

**Таблица 1.** Морфологическая характеристика ветрогранников, изображенных на рис. 1, в соответствии с классификацией Н.Н. Карлова (1951)

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

Пожалуй, наиболее информативным выводом из исследования морфологии ветрогранников является количественное соотношение форм обломков. Эти данные приведены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что среди групп наиболее многочисленной является группа пирамидальных ветрогранников (57,5%), а среди подгрупп – пирамидальных трехгранников (30%).

Подавляющее преобладание пирамидальных трехгранников с острым ребром, направленным в сторону господствующего ветра, может свидетельствовать об устойчивости воздушных потоков во время их обра-

зования и о преобладании ветровой эрозии в регионе, что типично для бесконечных ровных пространств каменистой пустыни, лишенной естественных барьеров в виде горных хребтов или растительности.

Установлено, что пирамидальные трехгранники (драйкантеры) свидетельствуют об одном преобладающем направлении ветра; четырехгранники – о двух преобладающих направлениях ветра или о смене его направления. В любом случае, проводя аналогию с современными условиями образования ветрогранников, нужно иметь в виду возможные особенности ветровой эрозии в давнем геологическом прошлом.



**Рис. 2.** Морфологические разновидности ветрогранников. Месторождение Южная Рассольная

**Таблица 2.** Морфологическая характеристика ветрогранников, изображенных на рис. 2, в соответствии с классификацией Н.Н. Карлова (1951)

<b>1-й ряд</b>	1. Уп্লощенный односторонний	2. Уп্লощенный односторонний	3. Пирамидальный многосторонний	4. Пирамидальный многосторонний	5. Призматический двусторонний крышеобразный	6. Уп্লощенный односторонний удлинённый
<b>2-й ряд</b>	7. Пирамидальный трёхгранник изометричный	8. Округлённый эллипсоидальный	9. Многогранник неправильный	10. Многогранник неправильный	11. Пирамидальный трёхгранник изометричный	12. Пирамидальный трёхгранник неправильный
<b>3-й ряд</b>	13. Пирамидальный трёхгранник неправильный	14. Пирамидальный трёхгранник неправильный	15. Призматический двусторонний неправильный	16. Призматический двусторонний неправильный	17. Уп্লощенный односторонний изометричный	18. Уп্লощенный односторонний удлинённый
<b>4-й ряд</b>	19. Пирамидальный трёхгранник неправильный	20. Призматический двусторонний неправильный	21. Призматический двусторонний серповидный	22. Пирамидальный трёхгранник изометричный	23. Многогранник неправильный	24. Уп্লощенный односторонний удлинённый

Как известно, в раннем палеозое на континентальной суше ни флоры, ни фауны еще не появилось. Тиманский ороген, шовная зона позднепротерозойской коллизии Русской и Печорской плит, был существенно пенеплезирован уже к середине кембрия (Тимонин, 1998). Завершение эмерсивной фазы ка-

ледонского цикла на востоке Восточно-Европейской платформы ознаменовалось заложением и развитием Уральского палеоокеана. Таким образом, на силурийском эмерсивном рубеже исследуемая нами территория Южного Притиманья представляла собой обширное равнинное пространство на

**Таблица 3.** Морфологическая характеристика ветрогранников, найденных в основании силура в средней части месторождения Южная Рассольная, в соответствии с классификацией Н.Н. Карлова (1951)

Группа	Уплощенные одногранники	Призматические двугранники	Пирамидальные			Округленные	Итого
			трехгранники	четырегранники	многогранники		
Подгруппа	-	-	трехгранники	четырегранники	многогранники	-	-
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

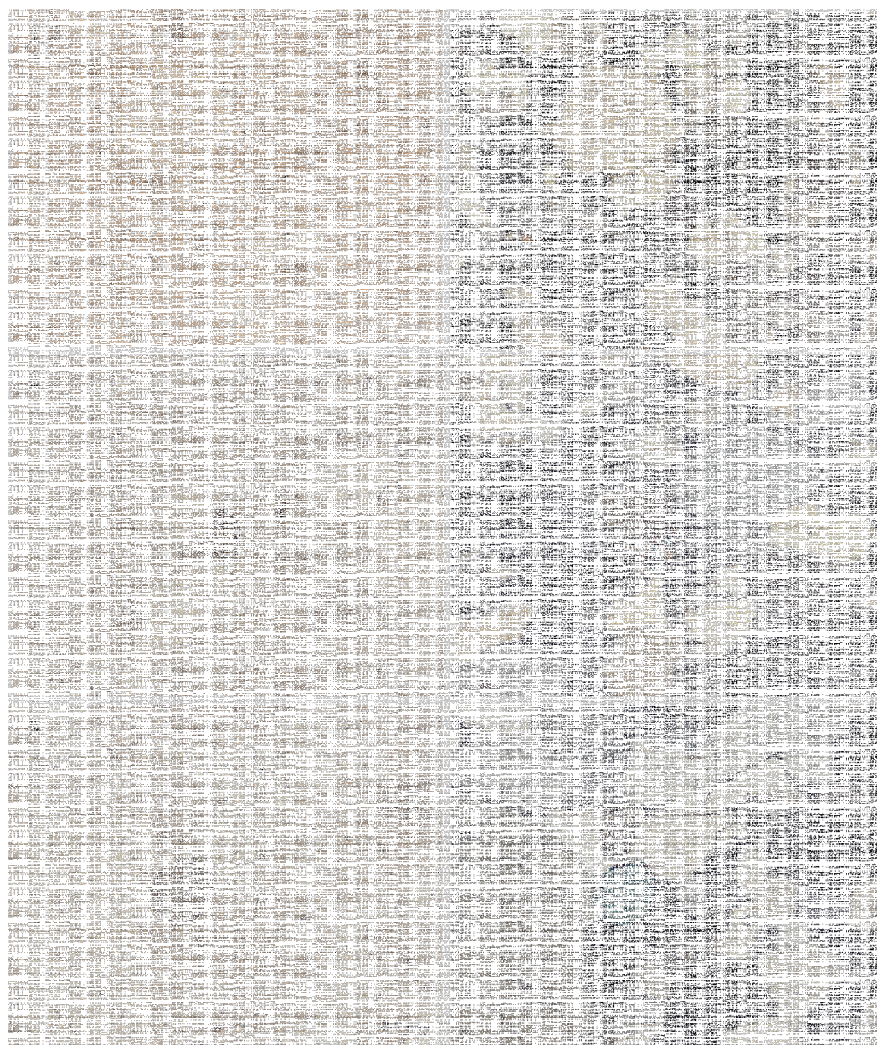
границе континента и океана. Такое положение суши могло способствовать образованию сильных и постоянно дующих в одном направлении ветров, возможно, имеющих сезонную периодичность: из глубины континента в одно время года и со стороны океана – в другое.

Как показали еще в начале XX в. исследования пустыни Намиб в Юго-Западной Африке, долговременные ветры пустынь в отсутствие высоких гор и растительности способны создавать своеобразный «корразионный ландшафт» (Беетц, Кайзер, 1952). Эти отрицательные формы рельефа древней континентальной поверхности (котловины выдувания с отвесными и высокими стенками), по наблюдениям Э. Кайзера, всегда сопровождаются щебнистыми осыпями на дне котловин. Этот щебень, обрабатываемый тонкими частицами в процессе корразии, и образует вентифакты – ветрогранники. Сходный процесс описывали в пустынях Центральной Азии Д.И. Мушкетов (Мушкетов, 1926) и В.А. Обручев (Обручев, 1961). Любопытно, что геологическая деятельность ветра имеет общую физическую основу не только для пустынь Земли, но, по-видимому, и для других планет, например Марса. Американские исследователи находят много общего между вентифактами марсианских пустынь и пустынь Аризоны (Greeley et al., 2002).

Подытоживая всё вышесказанное, можно теоретически связать общее смягчение и увлажнение климата окраины континента, а также увеличение количества осадков и мощности водных потоков с влиянием изменившегося тектонического режима, поскольку

ку в смежном с континентом регионе начался спрединг Уральского палеоокеана. Влияние тектонических (эндогенных) процессов на климат (экзогенные процессы) хорошо известно, в последние десятилетия активно изучается и, в частности, не противоречит общепринятому представлению о глобальной суровости климата верхнего ордовика и о постепенном его смягчении в начале силура (Ясаманов, 1985; Scotese, 2013). В результате трансгрессии, сменившей эмерсивную тектоническую обстановку в регионе (Ибламинов и др., 2018), песчаные отложения терригенной пачки колчимской свиты лландовери ( $S_1kl_1$ ) «запечатали» пустынный позднеордовикский ландшафт с ветрогранниками. А затем и сами эти отложения, частично размытые, были перекрыты карбонатами верхней пачки колчимской свиты ( $S_1kl_2$ ), представленной в основном доломитами. Так, на фоне общей трансгрессии моря начался новый тектонический цикл – герцинский, но это уже другой важнейший этап геологической истории Южного Притиманья, на этот раз тесно связанный с геологической историей Урала, а не Тимана.

Еще один интересный вопрос: какие породы послужили основой для образования ветрогранников? Из двух характерных образцов в шлифовальной лаборатории кафедры минералогии и петрографии изготовлено несколько шлифов, которые описаны и сфотографированы петрографом Е.М. Томиловой с помощью многоцелевого микроскопа высшего класса Nikon Eklipsis 100 Pol.



**Рис. 3.** Шлифы ветрогранников с включением зерен пироксена при одном николе (слева) и скрещенных николях (справа). Конформная структура с цементацией вдавливания

По петрографическому микроописанию порода, образующая ветрогранники в основании силура на территории Южного При тиманья, является кварцитопесчаником с реликтами гидрослюдистого цемента. Преобладает бесцементное контактное соединение зерен кварца и обломков различных пород с конформной структурой. Из аксессуарных минералов встречены единичные хорошо окатанные зерна пироксена.

Нами проведено также минералогическое исследование всех трех слоев изученного разреза, содержащего ветрогранники. Оно показало различие минеральной ассоциации тяжелой фракции пород ордовика и силура. По соотношению устойчивых и неустойчивых компонентов тяжелой фракции проб (Осовецкий, 2004) между слоями наблюдается минералогическая граница, которая, по

нашему мнению, фиксирует завершение эмерсивной фазы на территории.

Результаты количественного минералогического анализа сведены в табл. 4. Применяемая нами методика обработки литологических проб предполагает ситовой рассев представительной навески на гранулометрические классы по десятичной шкале. Цель методики пробоподготовки состоит в гранулометрическом анализе изучаемых отложений и в установлении минеральной ассоциации тяжелой фракции проб. Под бинокулярным микроскопом MEUI EMF мы просмотрели все гранулометрические классы на предмет обнаружения в них аллотигенных минеральных компонентов. Из них для характеристики минеральной ассоциации тяжелой фракции проб был выбран гранулометрический класс 0,25–0,1 мм, который (по опыту наших предыдущих работ) содержит предс-



**Таблица 4.** Минеральный состав тяжелой фракции аллотигенных минералов литологических проб (класс 0,25–0,1 мм), мас. %

№ 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

тавительное количество зёрен аксессуарных аллотигенных минералов. Мелкопесчаный класс пробы разделен в бромформе для получения тяжелой фракции. Легкая фракция мелкопесчаного класса проб представлена, как это часто бывает в древних отложениях, исключительно кварцем. Выход тяжелой фракции проб низкий (0,89; 0,75; 1,49 кг/т в слоях 1, 2 и 3 соответственно), и это также характерно для нижнепалеозойских пород региона. Минеральная ассоциация тяжелой фракции проб 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 коррелирует с 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) можно предположить минералогический рубеж в данном разрезе на границе слоев 1 и 2. Причем, слой 2 является переходным на этом рубеже. Характерно также соотношение циркона и лейкоксена, обратное в слоях 1 и 3.

Подводя некоторые итоги, необходимо заметить, что работа над заявленной в статье темой продолжается. Самое удивительное в

ней то, что на ее углубленное изучение подтолкнула находка вентифактов в совершенно неожиданном месте, казалось бы, в давно известной геологической ситуации. Это маленькое геологическое приключение непроизвольно наводит на мысль, что территория Южного Притиманья может преподнести немало сюрпризов и открытий при внимательном отношении к объектам исследования и, конечно, продолжении геологических работ в регионе.

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 кварцито-видные породы в основании силура являются более древними образованиями, чем терригенная подсвета колчимской свиты лландовери ( $S_1kl_1$ ). Они могут быть соотнесены с таковыми в средней подсвете верхнего ордовика ( $O_3pl_2$ ). 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.

Известно, что ветрогранники образуются в условиях как аридного, так и нивального климата (Марченко, 1983). Преобладание гидрослюды среди глинистых минералов в пелитовой фракции отложений как верхнего ордовика, так и основания силура, позволяет сделать вывод, что климат эпохи близок к нивальному типу с преобладанием физического выветривания над химическим. 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 (Dutch, 2017). Продуктами ветровой эрозии являются обнаруженные в основании силура ветрогранники. Их образование происходило 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. Ветрогранники, материальные свидетельства собственно эмерсивной фазы в геологической истории, расширяют возможности ландшафтной и климатической реконструкции суши древнего континента, а также уточняют условия сохранения и распределения некоторых видов полезных ископаемых, связанных исключительно с экзогенными условиями рудообразования и корой древних кратонов (Шуб, 1988). К таковым, например, относятся россыпи, в том числе древней россыпеносной формации (Шуб, 1991), фациальный тип которой на Урале, на наш взгляд, может пополниться элювиальным. Конечно, эта тема требует специального исследования, но уже сейчас на материале, представленном в этой статье,

можно обозначить его некоторый абрис, тем более, что оно может иметь важное практическое значение при продолжении алмазной тематики на Урале, при геолого-съёмочных, поисковых и разведочных работах как в перспективных алмазоносных районах, так и в контурах уже известных россыпных месторождений.

Напомним, что открытие в 2010 г. промышленной алмазности терригенных пород в основании силура в западных блоках месторождения Южная Рассольная (Пактовский, 2016) поставило вопрос о генетическом типе этой ископаемой россыпи (Подчасов и др., 2005). Считалось, что базальный горизонт колчимской свиты лландовери ( $S_1kl_1$ ) представлен континентальными фациями временных и небольших водотоков, аллювиальный и делювиально-пролювиальный генезис которых достаточно очевиден (Молчанова, Езерский, 2002). Допускался также прибрежно-морской генезис кластогенных отложений колчимской свиты при условии существования эпохи предсилурийского кимберлитового магматизма (Зинчук и др., 2005). Однако галечников, подобных такатинским ( $D_1tk$ ), в силурийских отложениях обнаружено не было. Тем не менее нами, как уже указывалось выше, на разных уровнях отложений терригенной подсвиты колчимской свиты ( $S_1kl_1$ ) были встречены линзы и тонкие прослои, содержащие окатанный материал аллювиальной фации. Но самое удивительное открытие состояло в том, что в основании терригенной толщи силура были найдены ветрогранники – индикаторные образования каменистых пустынь. При этом часть ветрогранников наследуется вышележащей толщей мелкозернистых песчаников, постепенно убывая в количестве от подошвы к видимому положению кровли в выходящих на поверхность слоях. Такая особенность разреза предполагает наличие стратиграфического перерыва между слоями, о чем мы рассуждали в начале данного исследования. Этот стратиграфический перерыв, соответствующий высокому стоянию суши в эмерсивной континентальной обстановке, мы назвали силурийским эмерсивным рубежом. На этом рубеже, как мы полагаем, происходило формирование алмазных россыпей зо-

лового типа наподобие россыпей Намибии в Юго-Западной Африке (Битц, 1950).

Напомним, что ландшафт территории Южного Притиманья на рубеже ордовика и силура представляется как холодная каменная пустыня вблизи границы континента и моря. Главным агентом экзогенного выветривания являлся ветер. Устойчиво дующие долгое время в одном направлении ветры способствовали образованию ветрогранников. Их образование происходило в условиях сухой каменистой пустыни со слабо сформированными руслами временных потоков. В таких палеогеографических условиях наиболее вероятным генетическим типом россыпей мог стать золотой. Две модели остаточных россыпей, характерных для каменистых пустынь, вслед за Э. Вальтером (1926) рассматривали А.А. Кухаренко (1961) и В.С. Трофимов (1980): 1) образование эрозионно-дефляционных «ванн» (котловин выдувания) и 2) переработка ветром пролювиальных наносов. Первая модель объясняет обогащение полезным компонентом щебневых террас на склонах выветрелых отрицательных форм рельефа, вторая – концентрацию в остаточном щебне и вблизи препятствий (Кухаренко, 1961). Надо заметить, что оба исследователя, говоря о распространённости золотых россыпей в мире, никогда не имели в виду уральские россыпи по той простой причине, что те не имеют никакого отношения к пустыне в современном геологическом настоящем. Однако это отношение было иным в геологическом прошлом, особенно до появления массовой растительности на суше древних континентов, т. е. до девона. И в этом случае, ещё раз подчеркнем эту особенность, одним из главных действующих агентов выветривания становится ветер. Два фактора – направление и время, если они постоянны, могут придать ветру огромную геологическую силу, как мы это видим, например, на современной поверхности Марса (Laity, Bridges, 2009).

Как мы знаем, в геологии россыпей важнейшее значение имеют поисковые признаки. Одним из них является литологический. Сделаем одно важное уточнение, связанное с кардинальным различием образования россыпей в водной и ветровой среде: литологическим индикатором для поиска остаточных

россыпей золотого типа будет являться не галечник (конгломерат), а щебень (брекчия). Наверное, неслучайно эту связь – высокой алмазности силурийского коллектора и находки ветрогранников в основании силура – мы наблюдали на месторождении алмазов Южная Рассольная. Но важно отметить, что это должен быть не любой щебень, а тот, что имеет признаки ветровой эрозии, делающие обломок ветрогранником. До сих пор эти природные образования в регионе не находили или, скорее, на них не обращали внимание. Между тем подтверждение находки ветрогранников в основании силура может стать новым поисковым стимулом в алмазной геологии Урала. Здесь, на наш взгляд, просматривается перспективное направление продолжения алмазной тематики на Урале, изучение алмазности Тимано-Уральского региона. В этом состоит практическое значение методики нашего исследования для геолого-съёмочных, поисковых и разведочных работ.

Итак, в данной статье мы описали морфологию ветрогранников, их петрографический и минеральный состав, а также на основании новых полученных нами данных очертили палеогеографию раннего палеозоя на силурийском эмерсивном рубеже на территории Южного Притиманья.

В заключение с признательностью к коллегам необходимо сказать, что исследование проведено с помощью оборудования «Центра коллективного пользования ПГНИУ».

#### Библиографический список

- Айнемер А.И.* О ветрогранниках в золотых осадках заунгузской свиты // Тр. ВСЕГЕИ. Л.: Гос. науч.-техн. изд-во, 1960. Т. 42. С. 245–248.
- Беетц В., Кайзер Э.* Алмазносная пустыня юго-западной Африки: в 2 т. Т. 2. Кн. 1 / Министерство геологии. . Л., 1952. 184 с.
- Битц (Беетц) В.* Процессы концентрации в аллювиальных и связанных с аллювием алмазных россыпях Юго-Западной, Южной, Центральной и Восточной Африки / Министерство геологии. Л., 1950. 73 с.
- Бубнов С.Н.* Основные проблемы геологии. М.: Изд-во МГУ, 1960. 234 с.
- Бурневская В.А.* Новые данные по стратиграфии додевонских отложений палеозоя Колво-

Вишерского края и Печорской впадины // Бюл. МОИП. М.: Изд-во МГУ, 1967. Т. XLII (2). С. 43–51.

*Зинчук Н.Н., Савко А.Д., Шевырев Л.Т.* Историческая минерагения: в 3 т. Т. 1. Введение в историческую минерагению / Воронежский гос. ун-т. Воронеж, 2005. 590 с.

*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.

*Ибламинов Р.Г., Пузик А.Ю., Пактовский Ю.Г.* Минерагенические системы Земли и Западного Урала // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб. науч. ст. / отв. ред. И.И. Чайковский; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2018. Вып. 21. С. 217–226.

*Карлов Н.Н.* О номенклатуре и классификации ветрогранников // Проблемы физической географии. Л.: Изд-во АН СССР, 1951. Т. XVI. С. 174–178.

*Копелиович А.В.* Эпигенез древних толщ юго-запада Русской платформы. М.: Наука, 1965. 312 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 121).

*Кухаренко А.А.* Минералогия россыпей. М.: Гос. науч.-техн. изд-во, 1961. 320 с.

*Марченко В.И.* Континентальные фации // Справочник по литологии / под ред. Н.Б. Вассовича, В.Л. Либровича, Н. В. Логвиненко, В.И. Марченко. М.: Недра, 1983. С. 368–382.

*Милановский Е.Е.* Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии): учебник. М.: Изд-во МГУ, 1996. 448 с.

*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 / ИГТ УрО РАН. Екатеринбург. 2002. С. 164–165.

*Мушкетов Д.И.* Физическая геология: в 2 т. 3-е изд. Л.; М.: Госиздат, 1926. Т. 2. 636 с.

*Наливкин Д.В.* Ураганы, бури и смерчи. Л.: Наука, 1969. 487 с.

*Наливкин Д.В.* Геология СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 814 с.

*Наливкин Д.В.* Учение о фациях. Географические условия образования осадков: в 2 т. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 2. 396 с.

*Обручев В.А.* Занимательная геология. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 368 с.

*Осовецкий Б.М.* Минералогия мезокайнозоя Прикамья. Пермь: Изд-во ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2004. 292 с.

*Пактовский Ю.Г.* Стадийность геологического развития территории Южного Притиманья в позднем протерозое // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18, № 2. С. 108–124.

*Пактовский Ю.Г.* Новые данные о малообъемном опробовании терригенного колчима на Северном Урале // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб. науч. ст. / отв. ред. И.И. Чайковский. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2017. Вып. 20. С. 227–233.

*Пактовский Ю.Г.* Новый алмазоносный объект в основании колчимской свиты на Северном Урале // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб. науч. статей / отв. ред. И.И. Чайковский. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2016. Вып. 19. С. 260–261.

*Пактовский Ю.Г., Илалтдинов И.Я.* О генезисе конгломератов полюдовской свиты г. Помяненский 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.

*Подчасов В.М., Евсеев Н.М., Богатых И.Я., Минорин В.Е., Черенков В.Г.* Россыпи алмазов мира. М.: Геоинформмарк, 2005. 747 с.

*Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

*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.

*Тимонин Н.И.* Печорская плита: история геологического развития в фанерозое / УрО РАН. Екатеринбург, 1998. 240 с.

*Трофимов В.С.* Геология месторождений природных алмазов. М.: Недра. 1980. 304 с.

*Хаин В.Е.* Общая геотектоника. 2-е изд. М.: Недра, 1973. 512 с.

*Чочиа Н.Г.* Геологическое строение Колво-Вишерского края. Л.: Гостоптехиздат, 1955. 406 с.

*Шуб В.С.* Геодинамические обстановки формирования главнейших типов экзогенных месторождений Урала // Геодинамика и металлогения Урала. Материалы ко Второму Уральскому ме-

таллогеническому совещанию / ИГГ УрО АН СССР, Свердловск. 1991. С. 47–50.

Шуб В.С. Формационно-минерагенический анализ мезозойско-кайнозойского цикла развития Урала // Геологическое развитие Урала: достижения и проблемы. М., 1988. С. 88–98.

Ясаманов Н.Н. Древние климаты Земли. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 296 с.

Dutch Steven. Wind Erosion. 2017. URL: <https://web.archive.org/web/20171027050452/http://>

[www.uwgb.edu/dutchs/EarthSC202Slides/windslid.htm](http://www.uwgb.edu/dutchs/EarthSC202Slides/windslid.htm)

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). P. 1–21. doi:10.1029/2000JE001481

Laity J.E., Bridges N.T. Ventifacts of Earth and Mars // Geomorphology. 2009. N. 105. P. 202–217.

Scotese Christopher R. Paleomap project. 2013. URL: <http://www.scotese.com/>

## The Silurian Frontier of Emersion Stage in the Territory of South Cis-Timan (Perm Region)

Yu.G. Paktovskiy

Perm State University

15 Bukireva Str., Perm 614990, Russia. E-mail: [urijpaktovskij65@gmail.com](mailto:urijpaktovskij65@gmail.com)

At the base of the Silurian deposits in the Southern Rassolnaya Deposit, ventifacts considered as an indicator formations of deserts with a predominance of wind erosion (corrosion) processes were first discovered. In this work, the systematization of the found ventifacts was carried out, their morphology was revealed, and it is concluded that the most numerous group among the Aeolian polyhedra is the group of pyramidal ventifacts. Among the latter, the pyramidal trihedrons, otherwise known as dreikanter, are the most common. From the point of view of lithology, ventifacts are quartzite sandstones with relics of hydromicas cement, the structure of which is dominated by a cementless contact connection of quartz grains and fragments of various rocks. According to the structural position of the layers of rocks containing windmills, deposits of the Ordovician and Silurian systems are distinguished in the geological section. A mineralogical study of this section was conducted analyzing the mineral associations of the heavy fraction of lithological samples. The conclusion about possible ventifacts formation time as the border of the Ordovician and Silurian was made. To denote the time and facies boundaries of the emersive phase, the concept of the emersive frontier (or boundary) is introduced by analogy with the term mineralogical boundary. This frontier is taken by the author as the upper (Silurian) emersive boundary, after which there is a drastic change in the tectonic situation in the region. Based on the results of the study, a paleogeographic reconstruction of the Eastern margin of the East European platform on the Silurian emersive frontier is proposed, which may be associated with the Aeolian type of diamond placers of the Silurian intermediate reservoir in the Southern Cis-Timan.

Key words: *Silurian; emersive frontier; ventifacts; desert facies; aeolian placers.*

### References

Aynemer A.I. 1960. O vetrogrannikakh v eolovykh osadkakh zaunguzskoy svity [About ventifacts in silt deposits of the Zaunguz Suite]. Gos. nauch.-tekhn., Leningrad, pp. 245–248. (in Russian)

Kaiser E. 1926. Die Diamantenwüste Südwestafrikas. Mit Beiträgen von W. Beetz, J. Böhm, R. Martin, R. Rauff, M. Storz, E. Stromer, W. Weisermel, und K. Willman. 2 vol. Dietrich Reimer, Berlin. (in German)

Beetz W. 1930. Process of concentration in alluvial and allied diamond placers of South-West, South, Central and East Africa. Congr. Mt. des Mines, 6me Sess., Liege.

Bubnov S.N. 1960. Osnovnyye problemy geologii [The main problems of geology]. MGU, Moskva, p. 234. (in Russian)

Burnevskaya V.A. 1967. Novyye dannyye po stratigrafii dodevonskikh otlozheniy paleozoya Kolvo-Visherskogo kraya i Pechorskoy vpadiny [New data on the stratigraphy of the pre-Devonian deposits of the Paleozoic of the Kolvo-Vishera region and the Pechora depression]. Byul. MOIP. XLII(2):43–51. 234. (in Russian)

Zinchuk N.N., Savko A.D., Shevyrev L.T. 2005. Istoricheskaya minerageniya [Historical Minerageny]. T. 1. Vvedeniye v istoricheskuyu minerageniyu. Voronezhskiy gos. Univ., Voronezh, p. 590. (in Russian)

Iblaminov R.G. 2014. Plitnye tektonicheskiye rezhimy i obstanovki platform [Plate tectonic regimes and platform settings]. In: Geologiya i poleznyye iskopayemyye Zapadnogo Urala. PGU, Perm, pp. 20–25. (in Russian)

Iblaminov R.G., Puzik A.Yu., Paktovskiy Yu.G. 2018. Mineragenicheskiye sistemy Zemli i Zapad-

nogo Urala [Mineragenic systems of the Earth and the Western Urals]. *In: Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii*. PGU, Perm. 21:217–226. (in Russian)

*Karlov N.N.* 1951. O nomenklature i klassifikatsii vetrogrannikov [About the nomenclature and classification of ventifacts]. *In: Problemy fizicheskoy geografii*. AN SSSR, Leningrad, XVI:174–178. (in Russian)

*Kukhareenko A.A.* 1961. Mineralogiya rossypey [Mineralogy of placers]. Gos. nauch.-tekhn. izd, Moskva, p. 320. (in Russian)

*Marchenko V.I.* 1983. Kontinentalnye fatsii [Continental facies]. *In: Spravochnik po litologii*. Nedra, Moskva, pp. 368–382. (in Russian)

*Milanovskiy E.E.* 1996. Geologiya Rossii i blizhnego zarubezhya (Severnoy Yevrazii) [Geology of Russia and the near abroad (Northern Eurasia)]. MGU, Moskva, p. 448. (in Russian)

*Molchanova E.V., Yezerskiy V.A.* 2002. Terrigennye otlozheniya kolchimskoy svity – drevneyshiy vtorichnyy kollektor almazov na Severnom Urале [Terrigenous deposits of the Kolchim Formation. The oldest secondary diamond collector in the Northern Urals]. *In: Terrigennye osadochnyye posledovatel'nosti Urala i sopredelnykh territoriy: sedimento- i litogenez, minerageniya*. IGG UrO RAN, Yekaterinburg, pp. 164–165. (in Russian)

*Mushketov D.I.* 1926. Fizicheskaya geologiya [Physical geology]. T. 2. Gosizdat, Leningrad–Moskva, p. 636. (in Russian)

*Nalivkin D.V.* 1969. Uragany, buri i smerchi [Hurricanes, storms and tornadoes]. Nauka, Leningrad, p. 487. (in Russian)

*Nalivkin D.V.* 1962. Geologiya SSSR [Geology of the USSR]. AN SSSR, Moskva–Leningrad, p. 814. (in Russian)

*Nalivkin D.V.* 1956. Ucheniye o fatsiyakh. Geograficheskiye usloviya obrazovaniya osadkov [Facies doctrine. Geographic conditions of sediments formation]. T. 2. AN SSSR, Moskva–Leningrad, p. 396. (in Russian)

*Obruchev V.A.* 1961. Zanimatel'naya geologiya [Interesting geology]. AN SSSR, Moskva, p. 368. (in Russian)

*Osovetskiy B.M.* 2004. Mineralogiya mezokaynozoya Prikamya [Mineralogy of the Mesozoic of the Kama region]. PGU, PSI, PSSGK, Perm, p. 292. (in Russian)

*Paktovskiy Yu.G.* 2019. Stadiynost geologicheskogo razvitiya territorii Yuzhnogo Pritimanya v pozdnem proterozoye [Stages of geological development of the territory of the South PriTiman region in the Late Proterozoic]. *Vestnik Permskogo universiteta*. Geologiya. 18(2):108–124. (in Russian)

*Paktovskiy Yu.G.* 2017. Novye dannye o maloobyemnom oprobovanii terrigenного kolchima na Severnom Urале [New data on small volume sampling of terrigenous Kolchim on the North Urals]. *In: Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii*. PGU, Perm, 20:227–233. (in Russian)

*Paktovskiy Yu.G.* 2016. Novyy almazonosnyy obyekt v osnovanii kolchimskoy svity na Severnom Urале [A new diamondiferous object at the basement of the Kolchimskaya Suite in the Northern Urals]. *In: Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii*. PGU, Perm. 19:260–261. (in Russian)

*Paktovskiy Yu.G., Ilaltdinov I.Ya.* 2020. O genezise konglomeratov polyudovskoy svity g. Pomyanyonnyy Kamen v Yuzhnom Pritimanye [On the genesis of conglomerates of the Polyudovskaya Suite of Pomyanyonnyy Kamen Mountain in the South PriTiman region]. *In: Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii*. PGU, Perm. 23:167–173. (in Russian)

*Podchasov V.M., Yevseyev N.M., Bogatykh I.Ya., Minorin V.E., Cherenkov V.G.* 2005. Rossypi almazov mira [Diamond Placer of the world]. Geoinformmark, Moskva, p. 747. (in Russian)

*Puchkov V.N.* 2010. Geologiya Urala i Priuralya (aktualnye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii) [Geology of the Urals and the Cis-Urals (current issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. DizaynPoligrafServis, Ufa, p. 280. (in Russian)

*Smirnov Yu.D., Borovko N.G., Verbitskaya N.P., Rumyantseva N.A., Bekasova N.B., Gorskii V.P., Evdokimov Yu.B., Lukyanova L.I.* 1977. Geologiya i paleogeografiya zapadnogo sklona Urala [Geology and paleogeography of the western slope of the Urals]. Nedra, Leningrad, p. 199. (in Russian)

*Timonin N.I.* 1998. Pechorskaya plita: istoriya geologicheskogo razvitiya v fanerozoye [Pechora Plate: History of geological development in the Phanerozoic]. UrO RAN, Yekaterinburg, p. 240. (in Russian)

*Trofimov V.S.* 1980. Geologiya mestorozhdeniy prirodnykh almazov [Geology of natural diamond deposits]. Nedra, Moskva, p. 304. (in Russian)

*Khain V.E.* 1973. Obshchaya geotektonika [General geotectonics]. Nedra, Moskva, p. 512. (in Russian)

*Chochia N.G.* 1955. Geologicheskoye stroeniye Kolvo-Visherskogo kraya [Geological structure of the Kolvo-Vishera region]. Gostoptekhizdat, Leningrad, p. 406. (in Russian)

*Shub V.S.* 1991. Geodinamicheskiye obstanovki formirovaniya glavneyshikh tipov ekzogennykh mestorozhdeniy Urala [Geodynamic settings for the formation of the main types of exogenous deposits in the Urals]. *In: Geodinamika i metallogeniya Ura-*

la. IGG UO AN SSSR, Sverdlovsk, pp. 47–50. (in Russian)

*Shub V.S.* 1988. Formatsionno-mineragenicheskiy analiz mezozoysko-kaynozoyiskogo tsikla razvitiya Urala [Formation-mineragenic analysis of the Mesozoic-Cenozoic development cycle of the Urals]. In: Geologicheskoye razvitiye Urala: dostizheniya i problemy. Nedra, Moskva, pp. 88–98. (in Russian)

*Yasamanov N.N.* 1985. Drevniye klimaty Zemli [Ancient climates of the Earth]. Gidrometeoizdat, Leningrad, p. 296. (in Russian)

*Dutch S.* 2017. Wind Erosion. <https://web.archive.org/web/20171027050452/http://www.uwgb.edu/dutchs/EarthSC202Slides/windslid.htm>.

*Greeley R., Bridges N.T., Kuzmin R.O., Laity J.E.* 2002. Terrestrial analogs to wind-related features at the Viking and Pathfinder landing sites on Mars. *J. of Geophysical Research.* 107(E1):1–21. doi:10.1029/2000JE001481

*Laity J.E., Bridges N.T.* 2009. Ventifacts of Earth and Mars. *Geomorphology.* 105:202–217.

*Scotese C. R.* Paleomap project. <http://www.scotese.com/>