

УДК 551.76/31:555.8(471.531/342)

ЭВОЛЮЦИЯ МЕЗОЗОЙСКОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И АЛМАЗОНОСНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ ВЯТСКО-КАМСКОЙ ВПАДИНЫ

Б.М. Осовецкий

Аннотация

Рассмотрены основные этапы мезозойского континентального осадконакопления на территории Вятско-Камской впадины. Главными источниками питания обломочного материала являлись породы Урала. Появление раннемезозойской коры выветривания в качестве дополнительного источника питания обусловило формирование «минералогического рубежа» на границе нижнего триаса и средней юры. Среднеюрская толща разделена на три минералогических горизонта, в грубообломочных отложениях одного из них обнаружены мелкие алмазы и минералы-спутники. Проведена аналогия между россыпями западного склона Урала и среднеюрскими отложениями Вятско-Камской впадины.

Ключевые слова: нижний триас, средняя юра, осадконакопление, тяжелая фракция, минералогия, алмазоносность, россыпи.

Введение

В начале XX в. при активном участии ученых Пермского университета было установлено широкое распространение в мезозой-кайнозойских отложениях Вятско-Камской впадины минералов-спутников алмаза (пиропов, хромдиопсидов, высокохромистых хромшпинелидов и др.), а в 2006 г. были найдены первые на платформенной части территории Пермского края алмазы [1]. Эти находки стали весовым аргументом в пользу справедливости предположения о возможности нахождения на территории впадины или в ее ближайшем геологическом окружении алмазоносных кимберлитов. Попытки обнаружить кимберлиты или другие типы коренных источников уральских россыпных алмазов на территории западного склона Урала, то есть непосредственно вблизи россыпей, предпринимались неоднократно, но не привели к положительным результатам. Поиски кимберлитов на платформе находятся в начальной стадии [2].

В настоящей статье впервые рассматриваются перспективы обнаружения на территории Вятско-Камской впадины россыпепроявлений алмазов. Ранее вопрос о возможности обнаружения древних россыпей на Восточно-Европейской платформе либо не рассматривался, либо такая возможность отвергалась. Однако анализ эволюции континентального мезозойского осадконакопления в пределах впадины и вещественного состава отдельных горизонтов свидетельствует о существовании здесь благоприятных предпосылок для образования россыпей алмазов. В то же время наблюдается определенное сходство прогнозируемых россыпей с промышленными месторождениями алмазов западного склона Урала.

Методика исследований

Полевая стадия. Объектом изучения являлись континентальные отложения нижнего триаса и средней юры территории Вятско-Камской впадины, вскрытые карьерами и шурфами, а также в обнажениях по долинам рек (рис. 1). В ходе полевых экспедиций, проводившихся эпизодически в период с 1964 по 2010 гг., выполнено описание и опробование многочисленных разрезов в долинах рек Камы, Вятки, Косы, Вурлама, Черной, Кужвы, Янчера, Кодзи, Лолога, Весляны, Дозовки, Черной Холуницы, Волосницы, Нырмыча, Чуса, Сюзьвы, Лопвы, Юма и др.

Применялось три вида опробования. Из прослоев малой мощности отбирались точечные или бороздовые пробы массой до 1 кг, предназначенные для детальной литологической характеристики отложений. Шлиховые пробы объемом 20 л, взятые из слоев и линз грубообломочных отложений, промывались в поле до «серого» шлиха. Валовое крупнообъемное опробование было выполнено в 2005–2006 гг. сотрудниками ЗАО «Пермгеологодобыча». Последними промыты на обогатительной фабрике пробы объемом от 50 до 130 м³ с целью установления в мезозойских и четвертичных отложениях алмазов промышленной крупности. Это опробование не привело к положительным результатам. Дополнительно были обогащены на винтовом шлюзе малообъемные пробы (0.5–1 м³) из «хвостов» обогатительной фабрики (материал менее 1 мм). Из полученных концентратов сотрудниками Пермского университета были извлечены первые мелкие алмазы [1].

В 2007–2010 гг. сотрудники Пермского университета выполнили валовое малообъемное опробование мезозойских отложений. Пробы объемом до 1 м³ отбирались в карьерах и шурфах из крупнообломочных базальных горизонтов нижнего триаса и средней юры. После грохочения проб мелкообломочный материал крупностью менее 4 мм обогащен на винтовом сепараторе с получением концентрата массой от 1 до 18 кг.

Лабораторная стадия. В лабораторных условиях точечные и бороздовые пробы обрабатывались по схеме: отмучивание глинистых частиц (менее 0,01 мм); рассев остатка на классы (мм): более 1; 1–0.5; 0.5–0.25; 0.25–0.1; 0.1–0.05 и менее 0.05 мм; разделение в бромформе и минералогический анализ легкой и тяжелой фракций классов 0.5–0.25 и 0.25–0.1 мм.

«Серые» шлихи разделялись в бромформе и просматривались под биноклем с отбором и детальным изучением россыпеобразующих и индикаторных минералов.

Концентраты винтового сепаратора обрабатывались по схеме, включающей операции отсева на классы, разделения в бромформе, кипячения в соляной кислоте для удаления гидроксидов железа и разрушения агрегатов, магнитной и электромагнитной сепарации, термохимической обработки в щелочи неэлектромагнитной подфракции с получением «алмазного» ультраконцентрата. Выделенные из него под биноклем мелкие алмазы предварительно диагностировались по морфологии, оптическим и люминесцентным свойствам. Окончательное определение проводилось рентгеноструктурным или микронзондовым анализом.

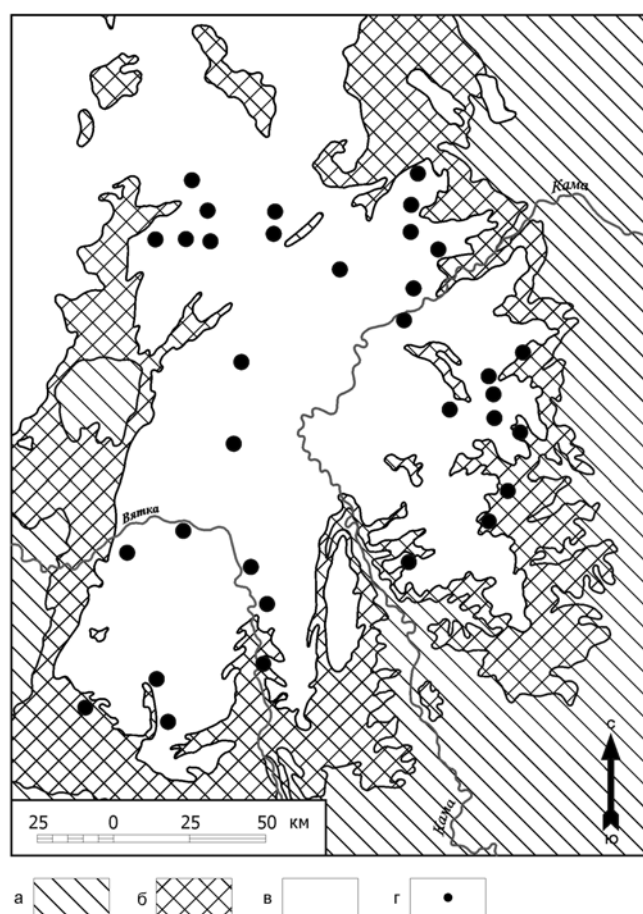


Рис. 1. Схема геологического строения Вятско-Камской впадины с основными объектами исследования: *a* – верхняя пермь; *б* – нижний триас, *в* – юрские и меловые отложения, *г* – крупные карьеры

Аналитические исследования. В ходе минералогических исследований тяжелые минералы разделялись на аутигенно-гипергенную и аллотигенную составляющие. Аутигенно-гипергенный комплекс минералов представлен в основном гидроксидами и оксидами железа, реже сидеритом, псиломеланом, пиритом, глауконитом и др. Его доля в тяжелой фракции класса 0.5–0.25 мм составляла от нескольких процентов до 99%. Для определения процентного содержания аллотигенных минералов в каждом классе отбиралась представительная группа в количестве 500 зерен. В настоящей статье использованы результаты анализа только аллотигенной части легкой и тяжелой фракций.

При изучении типоморфных особенностей алмазов и индикаторных минералов использованы электронная микроскопия и микрозондовые анализы с применением сканирующего электронного микроскопа JSM 6390LV с EDS- и WDS-приставками кафедры минералогии и петрографии Пермского университета. Электронно-микроскопические исследования, микрозондовые и минералогические анализы выполнены нами. Рентгеноструктурный анализ проведен на кафедре физики металлов ПГУ (аналитик Л.Н. Малинина).

Всего в процессе работ изучено 89 концентратов, 120 шлихов, 215 точечных и бороздовых проб, выполнено 350 минералогических анализов, обнаружено и описано 8 алмазов, 830 зерен хромистых пиропов и 450 зерен хромдиопсидов.

Этапы и особенности мезозойского континентального осадконакопления на территории Вятско-Камской впадины

Территория Вятско-Камской впадины занимает часть бассейнов верхних течений рек Камы и Вятки. В тектоническом плане она приурочена к северному окончанию Верхнекамской впадины, ограничена на западе зоной Вятских валов, на севере – Предтиманским прогибом. На востоке и юге граница впадины совпадает с зоной выклинивания нижнетриасовых пород (см. рис. 1).

Позднепермский-раннетриасовый этап. В позднепермскую эпоху на современной территории бассейнов верхних течений Камы и Вятки отмечен постепенный переход от мелководных морских к континентальным обстановкам осадконакопления. В конце раннетатарского времени здесь преобладали озерные обстановки. Накопление позднеатарских осадков происходило в континентальных условиях с участием речных систем. Снос обломочного материала происходил с Урала, Тимана, Северо-Татарского, Токмовского сводов и зоны Вятских поднятий. К концу северодвинского века в результате опускания территории эрозионная активность водотоков снизилась, значительную часть территории занимали солончатоводные озера. В вятское время наблюдались перерывы в осадконакоплении из-за неоднократного, но кратковременного подъема территории.

В начале раннетриасовой эпохи наметилось погружение северной части Верхнекамской впадины, ознаменовавшее первую фазу формирования Вятско-Камской впадины. В это время она представляла собой совокупность небольших бессточных котловин, в которые с разных сторон, преимущественно с Урала, реками сносился обломочный материал. В раннем триасе Урал еще представлял собой горную страну с довольно значительными высотами (до 3 км). Изменение литологического состава отложений свидетельствует о неоднократном оживлении эрозионной деятельности водотоков, что связано с периодическим усилением тектонической активности [3–5].

Во второй половине раннетриасовой эпохи эрозионная активность водотоков заметно снизилась. Это проявилось в изменении гранулометрического состава палеоаллювия (уменьшении доли грубообломочного материала). В речных долинах преимущественно отлагались песчано-глинистые, а в озерах – терригенно-карбонатные осадки. Произошли резкие изменения в составе фауны и флоры, характерный для триаса аридный климат сменился более умеренным. Резкий подъем всей территории Волго-Уральской антеклизы в конце раннетриасовой эпохи привел к образованию здесь приподнятой суши и длительному перерыву осадконакопления.

Среднетриасовый – раннеюрский этап. Считается, что никаких следов континентального перерыва, охватывающего данный интервал геологического времени, в разрезах мезозойской толщи не сохранилось. Это мнение отрицательно сказалось на решении ряда геологопоисковых задач, проблем стратиграфии, палеогеографии и литологии. С нашей точки зрения, именно этот этап являлся наиболее важным в формировании россыпености на территории

впадины. В течение данного времени на терригенных и терригенно-карбонатных породах верхней перми и нижнего триаса сформировалась раннемезозойская кора выветривания, представленная глинисто-железистыми образованиями. Нами установлены многочисленные литологические признаки среднеюрских отложений, свидетельствующие о перемыве продуктов этой коры выветривания: обилие гипергенных компонентов, наличие обломков бокситов, глиноземисто-каолиновый состав глинистой фракции, характерный состав тяжелой фракции с преобладанием устойчивых к агентам химического выветривания минералов, повышенное содержание рудных элементов, включая золото, в железистых гипергенных продуктах и т. д.

Среднеюрский этап. Континентальное осадконакопление на территории впадины возобновилось в байосский век с накопления озерно-болотных глинисто-алевритовых осадков. Геохимическая обстановка оказалась благоприятной для накопления в этих бассейнах железистых карбонатов, за счет которых при диагенезе образовались сидеритовые руды. Данные образования в стратиграфическом разрезе мезозоя отнесены к омутнинской толще («рудной пачке») и в литологическом плане весьма сходны с отложениями коры выветривания. Вероятно, по этой причине последние на территории впадины не картировались.

В дальнейшем значительное влияние на характер континентального осадконакопления на территории впадины оказывала тектоническая обстановка в пределах Уральской складчатой системы. В пределах Среднего Урала в начале юрского периода произошло оживление тектонических движений (проявление киммерийской фазы тектогенеза). Их результатом явилось воссоздание горной страны и интенсивное прогибание территории Вятско-Камской впадины.

В конце байосского – начале батского века резко усилилась эрозионная деятельность за счет подъема Урала и заметного снижения базиса эрозии на территории впадины. С Урала на запад потекли многочисленные реки, которые приносили обломочный материал уральских пород и прежде всего продукты размыва площадной раннемезозойской коры выветривания. Существенно изменился климат, который стал более влажным. В результате на водоразделах активизировались процессы химического выветривания. Влажный климат также способствовал постоянному существованию разветвленной и достаточно полноводной речной сети.

Наряду с Уралом происходил подъем и других соседних с впадиной территорий – Тимана на севере, Северо-Татарского свода на юге и зоны Вятских валов на западе. Благодаря этому в замкнутый континентальный бассейн осадконакопления обломочный материал приносился реками с разных сторон. Размыв юрскими реками раннемезозойской коры выветривания и поступление с Урала и Тимана продуктов размыва пород разных рудных формаций способствовали формированию принципиально иной минеральной ассоциации среднеюрских осадков.

Континентальные терригенные отложения байос-батского возраста стратиграфически отнесены к песковской толще («надрудной пачке»). В ее составе выделены аллювиальные, пролювиальные, делювиальные и озерно-болотные фации, представленные разнообразными литологическими типами осадков (галечно-валунные, галечные, песчано-гравийные, песчаные, алевритовые и глинистые). В связи с отсутствием палеонтологических остатков эти отложения датируются на основе спорово-пыльцевых данных.

Для более надежного расчленения разрезов были применены методы ритмостратиграфии [6]. Установлено, что среднеюрская толща имеет отчетливо выраженное ритмичное строение, обусловленное эпизодическим усилением и ослаблением эрозионной активности водотоков. В основании выделяемых пачек (ритмосвит) находится базальный грубообломочный прослой мощностью до 2–3 м, который перекрывается песчано-гравийными и песчаными отложениями с линзами и прослоями глин. Всего в разрезе центральной части впадины П.В. Ивашовым [6] выделено 5 крупных ритмосвит.

Позднеюрский – раннемеловой этап. На данном этапе на территории впадины континентальное осадконакопление отсутствовало. Вследствие проникновения с севера вод морского бассейна формировались мелководные преимущественно песчаные толщи позднеюрского возраста. В раннемеловую эпоху осадконакопление продолжалось в пределах небольшого мелководного морского бассейна.

Последовавший в среднемеловую эпоху подъем территории вновь привел к длительному перерыву осадконакопления, которое возобновилось только в четвертичное время в условиях резкого похолодания со сменой ледниковых и межледниковых эпох.

«Минералогический рубеж» на границе нижний триас – средняя юра

Изучение минерального состава континентальных мезозойских отложений впадины свидетельствует о резкой смене минеральной ассоциации на границе нижнего триаса и средней юры. Такие границы в осадочных толщах Е.С. Бузулуцкова [7] предложила назвать «минералогическими рубежами». Как правило, они совпадают с крупными стратиграфическими перерывами. Причинами их образования являются резкая смена источников питания в результате перестройки речной сети или существенное изменение климатической обстановки в той же области сноса, приводящее к образованию и последующему размыву коры выветривания.

Признаками, свидетельствующими о существовании минералогического рубежа на границе нижнего триаса и средней юры на территории Вятско-Камской впадины, являются следующие.

1. Существенное увеличение выхода тяжелой фракции в среднеюрских отложениях по сравнению с нижнетриасовыми (по средним данным в 4–5 раз). Это является результатом поступления с Урала в среднеюрскую эпоху значительных масс обломочного материала.

2. Изменение минеральной ассоциации легкой фракции. В составе легкой среднепесчаной фракции нижнетриасовых отложений преобладают обломки пород, халцедон и полевые шпаты. Для легкой фракции среднеюрских отложений характерно обилие кварца, среди зерен которого почти половина приходится на прозрачные разновидности (горный хрусталь) (табл. 1). Это свидетельствует о существенном повышении степени зрелости минерального состава среднеюрских отложений.

3. Резкое изменение минерального состава тяжелой фракции среднеюрских отложений за счет существенного повышения доли устойчивых минералов. Для тяжелой фракции нижнетриасовых пород типична эпидотовая ассоциация

Табл. 1

Средний минеральный состав легкой фракции (класс 0.5–0.25 мм), %

Возраст	Кварц	Халцедон	Кремни	Полевые шпаты	Обломки пород	Слюды	Железистые агрегаты
Нижний триас (4)	15.5	34.1	9.0	18.2	23.1	–	0.1
Средняя юра (8)	82.8	6.8	1.6	6.4	1.9	0.1	0.4

Примечание: в скобках – число анализов.

Табл. 2

Минеральный состав аллотигенной части тяжелой фракции (класс 0.5–0.25 мм) нижнетриасовых отложений, %

Минерал	1	2	3	4	5
Эпидот	95.1	92.0	72.6	97.2	95.3
Гранаты	–	0.5	3.9	–	0.2
Ставролит	0.4	1.8	7.8	0.1	0.4
Дистен	0.1	–	0.5	–	0.1
Турмалин	–	–	1.0	–	0.1
Лейкоксен	0.6	0.5	3.9	0.7	0.4
Циркон	–	–	0.5	–	0.1
Рутил	–	–	1.0	0.1	–
Ильменит	–	0.7	3.9	–	0.1
Хромит	–	1.2	4.4	0.1	0.3
Гематит	–	0.5	–	0.4	0.8
Амфиболы	–	–	–	0.3	0.1
Пироксены	–	–	–	0.1	–
Обломки пород	3.3	2.8	0.5	1.0	2.1
Прочие	0.5	–	–	–	–
Число анализов	1	1	1	3	4

Примечания: 1 – с. Нагорское, 2 – пос. Серебрянка, 3 – пос. Серва, 4 – д. Верх-Коса, 5 – д. Мордвино.

(табл. 2), среднеюрских – эпидот-ставролитовая (табл. 3) с повышенным содержанием дистена, гранатов, турмалина, лейкоксена, ильменита, хромшпинелидов, циркона, рутила и присутствием силлиманита, хлоритоида, андалузита, корунда, шпинели, сфена, апатита, анатаза, брукита, амфиболов, пироксенов, перовскита и др.

4. Значительное увеличение в среднеюрских отложениях содержания россыпеобразующих минералов, особенно золота, платиноидов, ильменита, бадделеита, лопарита, ильменорутила, касситерита, монацита.

5. На более детальном уровне выявляется много других признаков различия минерального состава нижнетриасовых и среднеюрских отложений. Например, существенно изменяется соотношение между железорудными оксидами: в нижнетриасовых отложениях преобладает гематит, а затем по распространенности следуют хромшпинелиды, для среднеюрских отложений наиболее характерен ильменит. В нижнетриасовых отложениях в составе минеральных видов группы эпидота преобладает цоизит, в то время как в среднеюрских – собственно эпидот.

Табл. 3

Минеральный состав аллотигенной части тяжелой фракции (класс 0.5–0.25 мм) отложений песковской толщи, %

Минерал	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Эпидот	33.6	29.5	19.2	25.4	16.2	26.8	31.2	22.8	34.7	44.9	17.7	18.6	8.7	14.0
Гранаты	14.6	9.6	9.2	11.5	19.9	8.4	6.1	6.2	6.2	5.0	3.6	1.9	2.0	6.0
Ставролит	24.9	29.4	40.5	32.6	38.2	35.6	35.4	34.5	29.6	19.1	39.3	35.6	41.0	40.6
Дистен	7.3	8.2	10.9	10.5	7.1	6.8	7.2	9.0	8.1	3.6	11.1	11.8	22.4	9.9
Турмалин	4.2	4.3	7.4	6.3	10.3	6.8	5.4	2.5	3.8	3.3	13.8	7.9	8.8	6.7
Лейкоксен	4.5	4.2	4.6	4.8	3.6	5.3	5.0	6.2	4.2	6.7	9.8	13.6	6.0	9.5
Циркон	0.2	0.3	0.3	0.3	—	0.3	0.1	0.8	0.6	0.7	—	0.4	0.2	0.4
Рутил	0.4	0.6	0.3	0.4	0.2	0.6	0.6	1.2	0.6	0.5	0.9	0.6	0.3	0.7
Ильменит	2.0	2.4	2.4	2.9	1.1	3.6	3.3	8.5	5.3	5.0	—	3.5	1.4	4.9
Хромит	1.1	1.0	1.0	1.4	0.2	1.5	1.1	2.3	1.3	2.0	—	1.0	0.7	2.4
Амфиболы	4.8	7.5	2.7	1.8	2.0	1.7	2.5	0.2	2.7	4.9	—	1.2	3.9	1.1
Пироксены	0.5	0.8	0.5	0.2	0.1	0.4	0.5	0.3	0.2	0.4	0.6	0.2	0.3	—
Хлоритоид	0.9	1.1	0.4	0.7	0.6	0.8	0.7	1.6	1.4	1.6	1.5	1.2	2.2	2.3
Силлиманит	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	—	0.3	0.5	0.1
Сроетки	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	1.1	0.2	0.7	0.7	1.5	0.8	0.6
Прочие	0.7	0.8	0.3	0.7	0.1	0.8	0.5	2.6	0.8	1.4	1.0	0.7	0.8	0.8
Число анализов	4	15	3	8	4	7	5	2	6	6	3	8	3	3

Примечания: 1 – пос. Керос, 2 – пос. Усть-Черная, 3 – пос. Пельмин-бор, 4 – пос. Серебрянка, 5 – р. Березовка, 6 – р. Дозовка, 7 – пос. Оныл, 8 – пос. Сейва, 9 – р. Черная (приток р. Вурлам), 10 – р. Кужва, 11 – р. Лолог, 12 – с. Усть-Березовка, 13 – д. Верх-Коса, 14 – р. Андреевка.

Таким образом, существование «минералогического рубежа» на границе нижний триас – средняя юра для территории Вятско-Камской впадины обусловлено климатическим и тектоническим факторами. Жаркий и влажный климат начала юрского периода способствовал образованию коры выветривания. Тектоническая активность привела к оживлению эрозионной деятельности водотоков, которыми размывались достаточно удаленные разнообразные источники сноса, но в первую очередь – раннемезозойская кора выветривания.

Перспективы обнаружения россыпей алмазов на территории Вятско-Камской впадины

Общие предпосылки. Анализ эволюции мезозойского континентального осадконакопления в сочетании с данными об изменении вещественного состава отложений на территории Вятско-Камской впадины приводит к выводу, что только в байос-батском веке создавались благоприятные условия для формирования россыпей алмазов. Этими условиями являлись:

- близость среднеюрского континентального бассейна осадконакопления к Уральской алмазоносной провинции, что позволяет предположить существование общего источника питания и сходных условий россыпеобразования;
- размыв юрскими реками раннемезозойской коры выветривания, которая местами могла перекрывать кимберлитовые тела;
- наличие грубообломочных аллювиальных литофаций в разрезе песковской толщи средней юры, что указывает на возможность переноса и накопления крупных кристаллов алмаза.

Перспективный горизонт. Обобщение данных о находках мелких алмазов и минералов-спутников показало их резко неравномерное распределение в вертикальном разрезе мезозойских отложений. В частности, шесть находок алмазов приурочены к среднеюрской толще и только один мелкий осколок – к нижнетриасовой. Из обнаруженных минералов-индикаторов к среднеюрским отложениям приурочено 98% зерен хромистых пиропов и 85% хромдиопсидов. Только в среднеюрских отложениях обнаружены пикроильмениты, высокохромистые хромшпинелиды и оливин.

В вертикальном разрезе песковской толщи средней юры алмазы и индикаторные минералы распределены также крайне неравномерно. Учитывая значительную изменчивость минеральной ассоциации в зависимости от литолого-фациальной обстановки осадконакопления, гранулометрического состава, выбранного для анализа размерного класса, расположения объекта на территории впадины, нами приведены минералогические данные для галечных отложений объектов в районе пос. Усть-Черная (табл. 4). Их сравнение с аналогичными данными по другим разрезам песковской толщи позволило выделить в ее составе три минералогических горизонта.

Нижний горизонт присутствует локально в районах впадины с наиболее глубоким залеганием кровли нижнетриасовых или верхнепермских пород и отвечает аллювиально-озерной стадии осадконакопления с небольшой долей грубообломочных литофаций в разрезах. Минеральный состав тяжелой фракции характеризуется ставролит-эпидотовой ассоциацией.

Табл. 4

Минеральный состав тяжелой фракции галечных литофаций минералогических горизонтов песковской толщи (район пос. Усть-Черная), %

Минерал	Нижний		Средний		Верхний	
	1	2	1	2	1	2
Эпидот	40.2	45.8	23.0	31.2	9.3	13.5
Гранаты	5.1	7.0	13.4	10.8	3.2	1.4
Ставролит	21.6	9.4	32.8	11.6	57.5	18.4
Дистен	5.7	3.9	9.5	4.7	6.1	3.8
Лейкоксен	5.6	5.1	3.2	4.1	5.2	5.8
Турмалин	4.0	1.1	5.4	1.9	6.4	2.0
Циркон	0.1	1.9	0.5	3.1	1.0	4.7
Рутил	0.6	1.5	0.5	1.6	0.7	1.5
Ильменит	3.6	15.2	1.7	19.7	5.0	33.5
Хромит	0.8	3.8	1.1	4.2	3.7	12.3
Гематит	–	0.5	0.1	0.4	–	0.1
Амфиболы	8.4	3.3	6.2	2.8	–	0.2
Пироксены	0.8	0.6	0.9	0.4	–	0.1
Хлоритоид	1.1	0.3	0.9	0.9	0.7	0.5
Силлиманит	0.1	0.3	0.2	0.4	0.1	0.7
Обломки пород	0.5	0.3	0.1	-	0.1	–
Прочие	1.8	–	0.5	2.2	1.0	1.5
Число проб	5	5	12	11	3	2

Примечание: классы (мм): 1 – 0.5–0.25; 2 – 0.25–0.1.

Средний горизонт распространен повсеместно и формировался в условиях аллювиального режима и активной эрозии. В разрезах горизонта грубообломочные литофации занимают значительную часть. Минеральный состав тяжелой фракции эпидот-ставролитовый. В основании горизонта находится грубообломочный сильно ожелезненный с линзами глин базальный слой, который является продуктом переотложения раннемезозойской коры выветривания.

Верхний горизонт вновь формировался в условиях озерного режима и снижения тектонической и эрозионной активности, в разрезах преобладают мелкозернистые пески. Он сохранился от размыва только в нескольких местах на наиболее высоких водораздельных участках рельефа. Редкие прослои крупнообломочных отложений характеризуются ставролитовой ассоциацией аллотигенных минералов тяжелой фракции, что указывает на размыв зрелой коры выветривания.

Все находки алмазов, почти 97% находок хромистых пиропов и 80% – хромдиопсидов приурочены к отложениям крупнообломочных литофаций среднего горизонта. На этом основании мы рассматриваем данный горизонт как перспективный для поисков россыпей промежуточный коллектор алмазов.

Перспективный на поиски район. В пределах среднего горизонта находки алмазов и минералов-спутников распределяются крайне неравномерно на территории впадины. Так, в бассейне р. Весляны сосредоточено 6 находок алмазов и почти 99% находок хромистых пиропов, а в бассейне верхнего течения р. Косы – два алмаза и всего 7 зерен хромистых пиропов.

Пять кристаллов алмазов, более крупных по размеру (0.5–0.3 мм), были обнаружены в бассейне среднего течения р. Весляны, районе пос. Серебрянка [2].

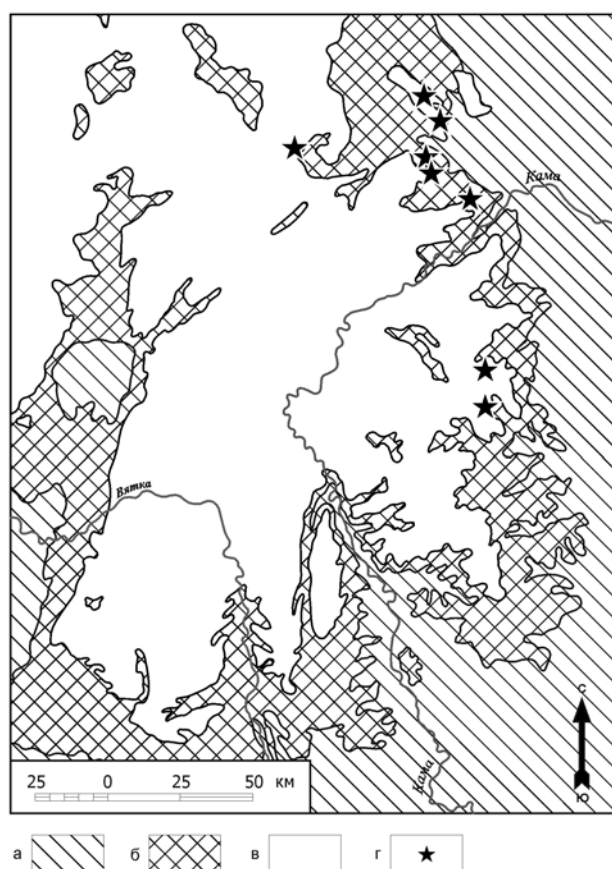


Рис. 2. Места находок алмазов (г) на территории Вятско-Камской впадины: а–в – см. рис. 1

По этой причине и с учетом его близости к зоне промышленных россыпей алмазов западного склона Урала данный район мы считаем наиболее перспективным для поисков россыпей алмазов (рис. 2).

Предпосылки обнаружения крупных алмазов. Хотя алмазы промышленной крупности в юрских отложениях пока не найдены, однако целенаправленное крупнообъемное опробование должно привести к их обнаружению. Во всех промышленных россыпях алмазов Урала наряду с крупными обязательно присутствуют и мелкие алмазы. В пробах небольшого объема (1 м^3 и менее) первые практически отсутствуют, а вторые встречаются довольно часто. В процессе разведочных работ на россыпные месторождения, которые проводились с применением особенно тщательного обогащения, всегда обнаруживались мелкие алмазы, несмотря на то что обломочный материал крупностью менее 1 мм направлялся в отвал. Например, при разведке одного из отработанных сейчас месторождений Вишерского района было обогащено 77 проб общим объемом 4000 м^3 . Из них извлечено 384 кристалла алмаза размером от 16 до 0.5 мм, мелкие алмазы (размером 1–0.5 мм) обнаружены в 34 пробах.

Проведенные ранее исследования [8] показали, что существует определенная связь между количеством крупных и мелких алмазов. Это соотношение зависит от общего содержания алмазов в россыпных отложениях, генезиса, возраста и,

возможно, характера коренного источника. Например, для россыпей Вишерского района установлены следующие соотношения: в россыпях Ново-Колчимской депрессии находка одного мелкого алмаза приходится в среднем на 12 м^3 породы, Вогульской – на 2.3 м^3 и Рассольнинской – на 2.0 м^3 . В отложениях Чикман-Нярской депрессии Яйвинского алмазоносного района один мелкий алмаз в среднем приходится на 2.5 м^3 породы.

В бедных россыпях контраст между встречаемостью мелких и крупных алмазов особенно заметен. Так, в толще среднечетвертичных делювиально-пролювиальных отложений Рассольнинской депрессии один мелкий алмаз встречается в среднем в 1.6 м^3 породы, в то время как один крупный – в 336 м^3 ; в нижнеплейстоцен-плиоценовых гетерогенных отложениях – соответственно в 1.5 и 87 м^3 , а в плиоценовых аллювиальных и аллювиально-элювиальных – в 6.1 и 150 м^3 . Кроме того, мелкие алмазы распределены в россыпях более равномерно, чем крупные. Таким образом, учет их находок при разведке месторождения важен для получения более надежных результатов опробования.

Для россыпей западного склона Урала также установлено, что встречаемость мелких алмазов примерно соответствует общему уровню их алмазоносности: в наиболее богатых россыпях один мелкий алмаз приходится в среднем на 2 м^3 породы, бедных – на $5\text{--}10 \text{ м}^3$ и более [8].

В среднеюрских крупнообломочных отложениях района пос. Серебрянка один мелкий алмаз приходится примерно на 5 м^3 породы, что позволяет надеяться на возможность обнаружения здесь относительно небогатой россыпи.

Модель юрской россыпи. Прогнозируемые юрские россыпи Вятско-Камской впадины по литологическим особенностям могут быть во многом похожи на промышленные россыпи алмазов, приуроченные к основанию эрозионно-карстовых депрессий западного склона Урала. Для тех и других источниками обломочного материала являлись продукты размыва кор выветривания. В депрессиях западного склона Урала залегающие в основании наиболее древние горизонты относят к элювиально-карстовым образованиям мезозойского возраста [9, 10]. Отмечается, что все имеющиеся углубления на плотике (породы венда, силура и девона) заполнены пестроцветными глинистыми образованиями мезозойской коры выветривания. Непосредственно перекрывающие их неогеновые аллювиальные галечники отличаются наиболее высокой алмазоносностью.

Литологический состав отложений промышленных россыпей и среднеюрской базальной толщи практически одинаков: это грубообломочные сильно глинистые железненные образования со сложной текстурой. В большом количестве присутствуют аутигенные и гипергенные компоненты. Состав тяжелой фракции в основном представлен устойчивыми к агентам химического выветривания минералами, среди которых преобладают ильменит, лейкоксен, ставролит, дистен, турмалин, циркон, рутил. Характерно присутствие минералов-спутников, однако их количество непосредственно не связано с содержанием алмазов. В обоих случаях коренной источник алмазов не установлен.

Аналогами прогнозируемых россыпей Вятско-Камской впадины могут являться также месторождения Якутии. На Сибирской платформе алмазоносные россыпи в мезозойских отложениях широко распространены. Выделено несколько стадий мезозойского россыпеобразования: поздне триасовая, раннеюрская,

среднеюрская, позднеюрская и раннемеловая. Формированию нижнеюрских продуктивных отложений предшествовала поздне триасовая эпоха корообразования, в результате которой образовались коры выветривания на кимберлитовых телах среднепалеозойского и раннетриасового возраста. Вблизи высокоалмазоносных трубок в ряде районов сформировались нижнеюрские богатые россыпи разного генезиса с высоким содержанием мелких (менее 1 мм) кристаллов алмаза и их осколков. Более молодые мезозойские россыпи связаны с проявлениями средневерхнеюрского этапа кимберлитового вулканизма на Оленекском поднятии [10].

Поисковые критерии. При проведении поисковых работ на алмазоносные россыпи рекомендуется учитывать следующие критерии алмазоносности отложений средней юры. Литологическими признаками потенциально россыпеносных отложений являются грубообломочность (присутствие крупной гальки и валунов), сильное ожелезнение, высокая глинистость, низкая зрелость палеоаллювия, относительно пониженный выход тяжелой фракции (следствие размыва коры выветривания), присутствие мелких алмазов и устойчивых к агентам выветривания минералов-спутников (высокохромистые хромшпинелиды, пикроильменит, перовскит), дистен-эпидот-ставролитовая или гранат-эпидот-ставролитовая минеральная ассоциация. В этих же отложениях обнаружены многие ценные и индикаторные минералы (ильменорутит, колумбит, флоренсит, монацит, бадделит, касситерит, лопарит, кальцит, муассанит, щелочные амфиболы и др.).

Нижнетриасовые отложения в бассейне верхнего течения р. Косы также могут представлять некоторый интерес как потенциально алмазоносные. В их разрезах установлены аллювиальные фации, сложенные песчано-гравийно-галечными накоплениями. В аллювии р. Лолог в поле развития нижнетриасовых отложений и непосредственно в них обнаружены алмазы. Однако раннетриасовый аллювий отличается менее грубообломочным составом по сравнению со среднеюрским. В его составе очень мало крупногалечных обломков, что свидетельствует об относительной низкой скорости водного потока раннетриасовых рек. Такие потоки не могли переносить и тем более концентрировать крупные алмазы.

Заключение

Эволюция мезозойского континентального осадконакопления на территории Вятско-Камской впадины проявилась в смене аллювиально-озерной стадии, существовавшей в раннем триасе, длительным перерывом с образованием коры выветривания. Континентальное осадконакопление возобновилось в среднеюрскую эпоху и характеризовалось ритмичным ходом седиментации сначала с нарастанием эрозионной активности водотоков, а затем ее снижением.

Анализ этого эволюционного процесса с учетом данных литологического изучения мезозойских отложений показал, что только в среднеюрскую эпоху в короткое время существовали условия для образования россыпей алмазов. Данный вывод сделан на основе находок мелких алмазов и минералов-спутников, а также сопоставления потенциально алмазоносных отложений с россыпями западного склона Урала.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 11-05-96002).

Summary

B.M. Osovetskiy. Evolution of Mesozoic Continental Sedimentation and Diamond-Bearing Capacity of Vyatka-Kama Depression.

This article deals with the principal stages of Mesozoic continental sedimentation in the area of the Vyatka-Kama depression. The rocks of the Urals were the main source of detrital sediments. The appearance of the Early Mesozoic weathered crust as an additional source of detritus supply caused the formation of “mineralogical boundary” from the Lower Triassic to the Middle Jurassic. The Middle Jurassic strata are subdivided into three mineralogical horizons. One of them contains fine diamonds and indicator minerals. The analogy between the placers of the western slope of the Urals and the Middle Jurassic deposits of the Vyatka-Kama depression was made.

Key words: Lower Triassic, Middle Jurassic, sedimentation, heavy fraction, mineralogy, diamond-bearing capacity, placers.

Литература

1. Мелкие алмазы и минералы-спутники в юрских отложениях Вятско-Камской впадины / Ред. Б.М. Осовецкий. – Пермь: Перм. ун-т, 2007. – 212 с.
2. *Осовецкий Б.М., Казымов К.П., Губин С.А.* Поиски кимберлитов в восточных районах Восточно-Европейской платформы // Изв. вузов. Геол. и разведка. – 2010. – № 4. – С. 37–43.
3. *Блом Г.И.* Нижний триас востока Русской платформы. – Казань: Казан. ун-т, 1969. – 242 с.
4. *Блом Г.И.* Стратотипы нижнего триаса Московской синеклизы и Волжско-Камской антеклизы. – М.: Недра, 1974. – 216 с.
5. *Папулов Г.Н.* Меловые отложения Урала (стратиграфия, палеогеография, палеотектоника). – М.: Наука, 1974. – 202 с.
6. *Ивашиов П.В.* Континентальные юрские отложения северо-востока Русской платформы. – М.: Наука, 1981. – 176 с.
7. *Бузулуцкова Е.С.* Литологические комплексы в отложениях верхнего докембрия Русской плиты // Эволюция литогенеза в истории Земли. – Новосибирск, 1981. – С. 78–89.
8. *Лунев Б.С., Осовецкий Б.М.* Мелкие алмазы Урала. – Пермь: Перм. ун-т, 1996. – 140 с.
9. *Набиуллин В.И.* Алмаз // Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края. – Пермь: Книжн. площадь, 2006. – С. 227–236.
10. *Граханов С.А., Шаталов В.И., Штыров В.А., Кычкин В.Р., Сулейманов А.М.* Россыпи алмазов России. – Новосибирск: Гео, 2007. – 454 с.

Поступила в редакцию
14.10.11

Осовецкий Борис Михайлович – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры минералогии и петрографии Пермского государственного университета.

E-mail: opal@psu.ru