

УДК 553.81.068.5(470+571)

DOI: 10.52349/0869-7892_2024_99_68-106

С. А. Граханов (ПАО «АЛМАР-Алмазы Арктики», Институт Карпинского),
М. Н. Голобурдина (Институт Карпинского)

ДРЕВНИЕ РОССЫПИ АЛМАЗОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Представлен обзор древних россыпных месторождений алмазов России, установленных в прибрежно-морских и континентальных разновозрастных отложениях. Рассмотрены особенности строения, состава, алмазности промышленных россыпей и этапы их формирования. Показано, что балансовые запасы древних россыпей алмазов находятся на территории Республики Саха (Якутия) и в небольшом объеме в Пермском крае. Уникальной продуктивностью выделяются юрские россыпи ближнего переноса от кимберлитовых трубок Накынского поля; наибольшим прогнозным потенциалом обладают карнийские и рэтские отложения верхнего триаса на северо-востоке Сибирской платформы.

Ключевые слова: алмаз, месторождение, россыпь, Сибирская платформа, Урал

S. A. Grakhanov (PJSC «ALMAR Arctic Diamonds», Karpinsky Institute),
M. N. Goloburdina (Karpinsky Institute)

ANCIENT DIAMOND PLACERS OF THE RUSSIAN FEDERATION

The article overviews ancient diamond placer deposits in Russia, established in coastal marine and continental sediments of different ages. The authors specify the structure, composition, diamond potential of commercial placers and the stages of their formation. The balance reserves of ancient diamond placers are to be located in the territory of the Republic of Sakha (Yakutia) and on a small scale in Perm Region. The Jurassic placers of short transfer from the Nakyn field kimberlite pipes are uniquely productive; the Carnian and Rhaetian sediments of the Upper Triassic on the northeastern Siberian platform have the greatest predictive potential.

Keywords: diamond, deposit, placer, Siberian platform, the Urals

Для цитирования: Граханов С. А., Голобурдина М. Н. Древние россыпи алмазов Российской Федерации // Региональная геология и металлогения. – 2024. – № 99. – С. 68–106. – DOI: 10.52349/0869-7892_2024_96_68-106

На территории России установлены алмазоносные и потенциально алмазоносные терригенные формации, сформировавшиеся в докембрийскую, среднепалеозойскую, позднепалеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую минерагенические эпохи. Каждая из них характеризуется своим комплексом отложений, объединенных парагенетическими связями, геолого-структурным и морфоструктурным положением и определенными уровнями продуктивности. Как правило, эпохи и этапы россыпеобразования разделены во времени крупными перерывами, эпохами и стадиями корообразования.

Эпохи формирования алмазоносных россыпей. Докембрийская эпоха (R–V). По всему миру алмазоносные тела этого возраста формировались в среднем–позднем рифее в интервале 1100–1400 млн лет (трубки Премьер – 1250–1400 млн лет, Аргайл – 1150 млн лет, кимберлиты Леоно-Либериийского массива Западной Африки – 1100–1400 млн лет, лампроиты Ингашинского поля Иркутской области – 1268 млн лет [40], кимберлиты Кимозеро, Карелия – 1840 млн лет [56]) и приурочены к готскому (байкальскому) циклу тектогенеза.

В пределах Восточно-Европейской платформы прямые и косвенные минералогические признаки алмазности докембрийских формаций установлены в пределах Среднего Урала, где в гравелитах и песчаниках осянковой свиты, залегающей в подошве вендских отложений, известны находки восьми кристаллов алмазов додекаэдрической формы весом 4,0–4,5 мг [29].

В пределах Сибирской платформы установлены прямые минералогические признаки алмазности развитых здесь докембрийских отложений. В томторской свите венда найдены алмазы и минералы-индикаторы кимберлитов (Л. Л. Степанов, НИИГА, 1977). На Анабарском поднятии в протерозойских отложениях установлены МИК, в том числе алмазной ассоциации. В кайнозойской россыпи р. Бол. Куонамка выделены окатанные алмазы с так называемыми «признаками древности», свидетельствующими об их происхождении из докембрийских источников [14; 19; 30; 47]. Комплекс «признаков древности», впервые сформулированный М. П. Метелкиной с соавторами, включает преобладание округлых ромбододекаэдров при повышенном количестве кубоидов; присутствие скрытокристаллических разновидностей

алмазов (карбонадо, балласов); зеленую окраску поверхности кристаллов и зеленые пятна пигментации; значительный механический износ истирания в прибрежно-морской среде; повышенную крупность алмазов; ожелезнение кристаллов по поверхностным микротрещинам.

В Присаянье находится Ингашиновское лампроитовое поле, представленное низкоалмазоносными дайками флогопит-оливиновых пород докембрийского возраста (1268 ± 12 млн лет) [40]. Типичные минералы-спутники лампроитов представлены пироп-хромшпинелидовой ассоциацией. Преобладающие в ее составе хромшпинелиды по составу и морфологии относятся к мантийным аналогам из кимберлитов. Гранаты пироп-альмандинового ряда, по данным микронзондового анализа, представлены эклогитовым (75%) и перцолитовым (25%) парагенезисами. Зерна пиропов алмазной ассоциации единичны. В лампроитовых дайках обнаружены редкие кристаллы алмазов размером до 9 мм ромбододекаэдрической формы [21]. По данным В. И. Коптиля, типоморфные особенности алмазов из русловых отложений Чуно-Бирюсинского междуречья Присаянья обнаруживают значительное сходство с алмазами из докембрийских алмазоносных формаций зарубежных стран. Они характеризуются преобладанием (до 48,9%) типично округлых кристаллов «уральского» («бразильского») типа в ассоциации с балласами и карбонадо, высоким (34,4%) содержанием алмазов с зелеными и бурными пятнами пигментации и высоким средним весом кристаллов (до 39 мг). Камни с морским износом истирания здесь не встречаются. К северо-востоку, в бассейне р. Ниж. Тунгуска около 50% алмазов из кайнозойских коллекторов обнаруживают сходство с таковыми из докембрийских формаций [24]. В качестве докембрийских промежуточных коллекторов алмаза в Присаянье интерес могут представлять базальные конгломераты и гравелиты ермосохинской, карагасской и оселковской серий позднего рифея, а также мотской свиты венда. Специализированное опробование их на алмазы пока не проводилось [21].

Продуктивность докембрийских коллекторов алмазов полностью зависит от наличия и продуктивности докембрийских коренных источников, возможность обнаружения которых, за исключением рифейских лампроитов Саяно-Енисейского прогиба, весьма проблематична как на Восточно-Европейской, так и на Сибирской платформах. Если предположить, что на кристаллических щитах и поднятиях алмазоносные докембрийские трубки кимберлитов и лампроитов к настоящему времени эродированы до корневых дайковых зон, то найти их, естественно, весьма сложно. Более значима их роль в качестве широкомасштабных промежуточных коллекторов при формировании среднепалеозойских, мезозойских и кайнозойских россыпей алмазов.

Промышленные докембрийские россыпные месторождения в РФ не установлены.

Среднепалеозойская эпоха (D_{2-3}). В среднем палеозое сформировались алмазоносные и потен-

циально алмазоносные формации среднего и верхнего девона. Их образование по времени совпадает со становлением продуктивных среднепалеозойских (ID_{2-3}) кимберлитов Восточно-Европейской и Сибирской платформ.

На территории Восточно-Европейской платформы косвенные и прямые признаки алмазоносности среднепалеозойских отложений установлены на северном борту Московской синеклизы [28]. На Лужской площади в морских песчаных осадках среднего девона были обнаружены сильно изношенные, часто окатанные до шариков мелкие ($-0,5+0,25$ мм) пиропы, в составе которых присутствуют зерна алмазной ассоциации. На Оредежском участке у дер. Бор на породах среднего девона с размывом и эрозионными врезами залегают алмазоносные отложения аматской свиты верхнего девона, представленные в основании аллювиальными конгломератами, содержащими богатый спектр кимберлитовых минералов: алмазы, пиропы, пикроильменит, хромпикотит, хромдиопсид и единичные зерна оливина. На этом участке обнаружено 12 кристаллов алмаза округлой формы I разновидности размером $-1+0,5$ мм. Они представлены додекаэдрами и их сростками, а также одним кубоидом [28].

Наиболее ярко среднепалеозойская эпоха россыпной алмазоносности проявилась в Урало-Тиманском регионе. На Урале основным коллектором алмазов являются аллювиальные грубообломочные отложения такатинской свиты эйфельского яруса среднего девона, залегающие с размывом на различных горизонтах докембрия [25; 29]. В настоящее время единственным промышленным россыпным месторождением среднепалеозойской эпохи является Ишковский карьер на Северном Урале. Впервые алмазоносность такатинской свиты была установлена в 1963 г. А. Д. Ишковым [25]. В последующие годы была установлена алмазоносность большеколчимской пачки силура, выявлена закономерность корреляционной связи минералов-индикаторов кимберлитов и алмазов в такатинской свите, подтверждена аллювиально-карстовая природа базального горизонта. Один участок такатинской свиты (Ишковский карьер) разведан до промышленных категорий (В. А. Ветчинин) и передан для промышленного освоения. Описание месторождения приведено ниже, в разд. «Промышленные древние россыпи алмазов».

На Тимане в среднепалеозойскую эпоху сформировалась алмазоносная формация пижемской свиты (комплексное редкометалльно-золото-алмазное проявление Ичетью) позднего девона, но промышленные концентрации алмазов там не установлены.

В центральной части Сибирской платформы косвенные минералогические признаки алмазоносности среднепалеозойских формаций установлены в среднем течении р. Вилюй, где они участвуют в строении Ыгыаттинской впадины Патомско-Вилюйского авлакогена. В разрезах осадочных, вулканогенно-осадочных и вулканогенных пород среднего и верхнего палеозоя

характерными отличительными особенностями кимберлитовых минералов средне-верхнедевонских коллекторов Ыгыаттинской структурно-формационной зоны являются практически мономинеральная пироповая ассоциация; сильная замелченность (-1 мм) и идеальная окатанность гранатов; отсутствие следов гипергенной коррозии на поверхности пиропов, незначительные мощности и невыдержанный линзовидный характер залегания грубозернистых и грубообломочных горизонтов среди дислоцированных осадочных и вулканогенно-осадочных пород с углами падения от $10-15$ до 25° . Специальному крупнообъемному опробованию они не подвергались. Судя по присутствию пиропов алмазной ассоциации (до $3,3\%$), можно уверенно предполагать потенциальную алмазность как самих девонских коллекторов, так и их коренных первоисточников.

Позднепалеозойская эпоха (C_1-P_2). Формированию алмазоносных и потенциально алмазоносных отложений карбона и перми предшествовали среднепалеозойская эпоха (D_3-C_1) коренной алмазности, основной денудационный срез кимберлитовмещающих пород и кимберлитов величиной до 500 м, образование поверхностей выравнивания и раннекаменноугольной коры выветривания, структурно-тектоническая перестройка, эрозийное расчленение поверхностей выравнивания. С этой эпохой кимберлитового вулканизма связаны все основные коренные месторождения алмазов Восточно-Европейской и Сибирской кимберлитовых провинций.

На Восточно-Европейской платформе россыпные месторождения позднего палеозоя неизвестны.

На территории Сибирской платформы позднепалеозойская эпоха характеризуется широкими масштабами проявлений россыпной алмазности, многостадийностью и повышенной продуктивностью позднепалеозойских терригенных формаций. Их образованию предшествовало становление известных и прогнозируемых кимберлитовых полей (D_3-C_1), омоложение рельефа и формирование раннекаменноугольной коры выветривания. Приподнятое и высокое стояние известных пяти кимберлитовых полей, приуроченных к южному склону Анабарской антеклизы (Алакит-Мархинское, Далдынское, Верхне-Мунское и Накынское поля) и к сводовой части Непско-Ботуобинской антеклизы (Мирнинское поле) обусловили многоярусную проявленность россыпной алмазности и многостадийный характер россыпеобразования. Однако, несмотря на широкую проявленность верхнепалеозойской алмазности, в настоящее время известно единственное древнее месторождение этого возраста – россыпь Восточная, Мало-Ботуобинский район (см. ниже).

Раннекаменноугольная стадия россыпной алмазности изначально имела широкий площадной характер в результате трансгрессии моря на значительную часть Сибирской платформы. В современном срезе алмазоносные отложения нижнего карбона сохранились от размыва в южной, юго-западной, центральной и северо-восточной ее

частях. Повсеместно нижнекаменноугольные отложения залегают на глубоко эродированной (после основного денудационного среза) поверхности нижнего, редко среднего палеозоя с реликтами незрелой нижней зоны коры выветривания на локальных участках.

В южной части платформы косвенные минералогические признаки алмазности установлены в раннекаменноугольных отложениях баероновской свиты и мурской толщи, распространенных в пределах Присаяно-Енисейской синеклизы, осложненной Рыбинской и Мурской впадинами и Канско-Тасеевским прогибом, но находки алмазов неизвестны.

В юго-западной и центральной частях Сибирской платформы пироповые и алмазоносные раннекаменноугольные отложения установлены на обширной площади южного обрамления Тунгусской синеклизы в бассейнах рек Чона, Ниж. Тунгуска и Подкаменная Тунгуска, где выделяются в составе тушамской свиты и ее возрастных аналогов (тычанская, челедуйская и ичодинская свиты).

В пределах Чоно-Тунгусского водораздела песчаные отложения тушамской свиты характеризуются низкими (фоновыми) содержаниями очень мелких ($0,3-0,5$ мм) хорошоокатанных пиропов при единичных находках алмазов класса $-0,5+0,25$ мм. В составе пиропов отмечаются зерна алмазной ассоциации. Повышенной алмазностью отличаются морские раннекаменноугольные отложения бассейна верхнего течения р. Подкаменная Тунгуска, где они приурочены к зоне сочленения юго-западного борта Тунгусской синеклизы с Байкитской антеклизой. В составе линейной алмазоносной зоны протяженностью около 150 км здесь установлены Тычанский и Тарыдакский изолированные ореолы алмаз-пироповой ассоциации с повышенной частотой встречаемости обоих минералов. На первом из них алмазовмещающие отложения тычанской свиты залегают на терригенно-карбонатных породах нижнего и среднего ордовика, на втором – на породах верхнего кембрия с реликтами раннекаменноугольной коры выветривания.

На Тычанской площади алмазы и пиропы, локализованные в подошвенном грубообломочном горизонте, характеризуются сравнительно высоким ($23,4$ мг) средним весом алмазов и повышенной ($-2+1$ мм) крупностью пиропов, содержание зерен алмазной ассоциации в среднем составляет 3% . В количественном отношении в ней резко преобладают кристаллы классов $-2+1$ мм (74%) и $-4+2$ мм ($24,5\%$), что обуславливает высокий их средний вес ($23,4$ мг). На мелкий класс $-1+0,5$ мм, преобладающий в россыпях ближнего сноса, приходится всего лишь $1,4\%$ камней. В морфологическом спектре октаэдры составляют $28,6\%$, переходные формы – $13,4\%$, ламинарные ромбододекаэдры – $17,2\%$, типичные округлые алмазы (преимущественно додекаэдронидные с шагренью и полосами пластической деформации) – $26,6\%$. Такой состав тычанских алмазов не имеет ничего общего с ассоциацией «мирнинского» типа

(как это считают некоторые исследователи), в которой содержание только октаэдров составляет 55–75%, сумма октаэдры + переходные формы – 85–95%, а содержание ламинарных ромбододекаэдров не поднимается выше 15% при полном отсутствии округлых алмазов или их наличии в количестве 1–2%. По невысокому суммарному содержанию октаэдров и переходных форм (42%) и в целом ламинарных кристаллов (59%) при большом количестве типичных округлых камней (26,6%) алмазы тычанского карбонового коллектора приближаются в лучшем случае к алмазам трубки Зарница Далдыно-Алакитского алмазоносного района [24].

На площади Тарыдакского ореола алмазовмещающий горизонт представлен плохо сортированными песчано-глинистыми осадками с редкими маломощными линзами гравелитов с кварц-кремнистым составом обломков. Выявленная в них алмаз-пироповая ассоциация имеет предельно замельченный гранулометрический состав с доминированием (95%) алмазов класса $-1+0,5$ мм средним весом 1,6–1,9 мг. Для обоих ореолов характерны сильный механический износ пиропов и износ выкрашивания алмазов, развитие гипергенной коррозии на механогенной поверхности пиропов. Перспективы обнаружения здесь древних промышленных россыпей весьма проблематичны.

В северо-восточной части Сибирской платформы, в бассейне р. Оленёк алмазоносная формация нижнего карбона приурочена к Кютюнгдинскому грабену. Алмазоносный пласт локализован в базальном горизонте нуччаюрегинской свиты, представленной карбонатными конгломератами и гравелитами прибрежно-морского генезиса. Кимберлитовые минералы, как и на других площадях, образуют алмаз-пироповую ассоциацию. Пиропам свойственны сильный механический износ и наложенная гипергенная коррозия изношенных поверхностей, высокий процент зерен алмазной ассоциации. Алмазы по своим типоморфным особенностям (преобладание октаэдров, переходных форм и ламинарных ромбододекаэдров, полное отсутствие кристаллов V и VII разновидностей) резко дистанцируются от алмазов кайнозойских россыпей междуречья Анабар–Оленёк. Ввиду пониженной крупности (средний вес – 5,5 мг, доминирование по количеству – 75,4% и весу – 83,4% класса $-2+1$ мм [8]) и низких содержаний промышленная значимость этих проявлений сомнительна.

Среднекаменноугольно-позднекаменноугольная стадия россыпеобразования широкомасштабно проявлена на восточном и южном обрамлениях Тунгусской синеклизы.

На периферии восточного борта Тунгусской синеклизы, в области ее сочленения с Непско-Ботуобинской и Анабарской антеклизмами и разделяющей их Сюдджерской седловиной на данной стадии в бассейне р. Виллюй сформировалась Восточно-Тунгусская россыпная зона, связанная с прямым размывом известных (Мирнинского, Алакит-Мархинского, Далдынского) и прогнозируе-

мых кимберлитовых полей, а также более древних среднепалеозойских и раннекаменноугольных промежуточных коллекторов алмаза. В пределах зоны протяженностью около 500 км грубозернистые и грубообломочные отложения среднего–верхнего карбона и ранней перми вмещают многочисленные площадные и локальные (точечные) алмазопроявления, одиночные промышленные и непромышленные россыпи, которые, как правило, сопровождаются высококонтрастными ореолами минералов-спутников различной дальности сноса.

В верховьях р. Марха, на площади Алакит-Мархинского кимберлитового поля на поверхности нижнепалеозойского цоколя и на кимберлитах распространены аллювиально-дельтовые отложения конекской (C_2kn) и айхальской (C_{2-3ah}) свит, представленные в подошвенных частях песчаниками и линзовидными телами конгломератов и гравелитов. К ним приурочены относительно локальные ореолы минералов-спутников ближнего сноса, которым свойственны высокие и аномально высокие концентрации пиропов и пикроильменитов, в составе которых содержание минералов I, II классов износа достигает 50–60%. Что касается алмазов, то они находятся в осадочных коллекторах преимущественно в рассеянном состоянии, редко образуют промышленные скопления.

К югу, в бассейне р. Моркока в делювиально-пролювиальных отложениях ботуобинской свиты верхнего карбона локализована оригинальная непромышленная россыпь Дьюкунах с алмазно-пироповой ассоциацией кимберлитовых минералов, характеризующаяся предельной замельченностью ($-0,5$ мм), сильным механическим износом обоих минералов с окатыванием пиропов до шариков. По этим признакам формирование россыпи дальнего сноса предполагается за счет размыва раннекаменноугольного коллектора алмазов.

На правом берегу р. Виллюй, к северо-западу от Мирнинского кимберлитового поля в верхнепалеозойских отложениях сформировался обширный шлейф разноса кимберлитовых минералов с образованием довольно многочисленных ореолов умеренной дальности сноса с неотсортированной алмаз-пироп-пикроильменитовой ассоциацией кимберлитовых минералов. В некоторых из них алмазы присутствуют в промышленно ценных концентрациях. При преобладании минералов-спутников с континентальным износом в ореолах постоянно встречаются зерна I, II классов износа в содержаниях до 15% от их общего количества, что отражает не полностью утраченную связь с коренными источниками. Наряду с такими алмазопроявлениями недалеко (12–25 км) от трубок Мирнинского поля в среднекарбоновых отложениях аллювиально-пролювиального генезиса локализована единственная промышленная россыпь Восточная переотложенного типа с отсортированной в сторону закругления алмаз-пироповой ассоциацией, не связанной с прямым размывом кимберлитов. Судя по сильному износу пиропов,

наложенной гипергенной коррозии на их поверхности и механическому износу выкрашивания алмазов, образование россыпи произошло, по-видимому, за счет размыва былого раннекаменноугольного коллектора алмазов.

На северо-востоке Сибирской платформы в Приленском алмазоносном районе верхнекарбоновые–нижнепермские образования представлены далдынской свитой. Отложения свиты выполняют доверхнепалеозойские консидиментационные впадины и сложены гравийно-галечными осадками, конгломератами, гравелитами, кварцевыми и полимиктовыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами с маломощными прослоями и линзами углей. В далдынской свите обнаружены алмазы, которые принадлежат к первой разновидности, но со значительной долей округлых камней (40,7%), что противоречит высокой продуктивности прогнозируемого коренного источника [39]. В отложениях свиты установлены минералы-индикаторы кимберлитов с низкой степенью механического износа, что свидетельствует о наличии низко-среднепродуктивного коренного источника на Молодо-Оленёкском междуречье.

Позднепермская стадия россыпной алмазности проявилась на Сибирской платформе после кратковременного перерыва в осадконакоплении и связана с формированием аллювиально-дельтовых, преимущественно песчаных отложений с линзами галечников и конгломератов русловой фации.

Определенный поисковый интерес представляют грубообломочные базальные горизонты боруллойской свиты верхней перми, развитые на восточном борту Тунгусской синеклизы. В бассейне среднего течения р. Вилюй они вмещают высококонтрастные ореолы пироп-пикроильменитовой ассоциации с постоянным присутствием неизношенных минералов-спутников, а также довольно многочисленные алмазопоявления с ассоциацией алмазов «мирнинского» типа, которой свойственно резкое преобладание (60–70%) кристаллов октаэдрического габитуса. На отдельных участках развития конгломератов русловой фации аллювия сохраняются перспективы обнаружения погребенных россыпей с промышленно ценными содержаниями алмазов.

На северо-востоке Сибирской алмазоносной провинции в Приленском районе пермские отложения представлены булбарангдинской свитой, которая согласно залегает на образованиях далдынской свиты или с глубоким размывом на породах кембрия. Сложены они полимиктовыми, реже кварцевыми разнозернистыми песками и песчаниками, в основании – гравелитами и конгломератами. В базальных слоях булбарангдинской свиты отмечены единичные находки алмазов и минералы-индикаторы кимберлитов.

Мезозойская эпоха (Т₁–К₂). Широкомасштабная проявленность мезозойской эпохи россыпной алмазности установлена только в пределах Сибирской платформы. Размещение продуктивных и потенциально продуктивных формаций на

ее территории контролируется зонами сочленения Лено-Анабарского, Предверхоанского и Ангара-Виллюйского прогибов с Анабарской и Непско-Ботубинской антеклизмами. В Присяянье и южной части платформы известны только невыразительные косвенные признаки алмазности юрских отложений. Продуктивные и потенциально продуктивные мезозойские формации приурочены к центральной и северо-восточной частям Сибирской платформы. При высоком стоянии источников питания на склонах антеклиз и консидиментационном развитии Виллюйской синеклизы, краевых и внутриплатформенных прогибов и депрессий россыпеобразование в мезозойскую эпоху носило многостадийный характер с образованием многоярусных россыпей и алмазопоявлений. При зараженности кимберлитовыми минералами всего триасово-мелового комплекса формаций формирование промышленных россыпей и площадных алмазопоявлений произошло в течение поздне триасовой, раннеюрской, позднеюрской и раннемеловой стадий россыпеобразования.

Позднетриасовая стадия активно проявилась в окраинной северо-восточной части Сибирской платформы и в складчатых сооружениях по ее обрамлению. Промышленно ценные концентрации алмазов установлены на восточном борту Предверхоанского прогиба, в нижнем течении р. Лена, на краях Чекановского и Прончищева, где россыпывмещающие вулканогенно-осадочные образования основания карнийского яруса образуют протяженную линейную зону россыпной алмазности [7; 16; 41]. На отдельных участках (Булкур, Таас-Ары, Кенгдейкан) содержания алмазов в поздне триасовой россыпи достигают промышленных значений (см. разд. «Триасовые россыпи»). В карнийских вулканогенно-осадочных образованиях впервые появляются своеобразные алмазы «эбеляхского–северного» типа (II, V, VII разновидности, по Ю. Л. Орлову, 1984), не встречающиеся в палеозойских коренных месторождениях, но доминирующие в мезозойских и кайнозойских промышленных россыпях [24].

На северо-востоке Сибирской платформы на северном склоне Оленёкского поднятия в междуречье Никабыт–Келимяр находится протяженная рэтская россыпь, сформированная в прибрежно-морских образованиях булунканской свиты. Россыпь обладает громадным прогнозным потенциалом (см. ниже «Промышленные древние россыпи алмазов»), полностью повторяя типоморфный спектр алмазов карнийской россыпи, но уже выделяясь сортированностью кристаллов [12].

Раннеюрская стадия проявилась в краевых частях Ангара-Виллюйского, Предверхоанского, Лено-Анабарского прогибов и на северо-западном борту Виллюйской синеклизы. Формированию нижнеюрских продуктивных отложений предшествовала поздне триасовая эпоха корообразования межрегиональной проявленности с формированием разуплотненных элювиальных образований на породах нижнего палеозоя, доюрских промежуточных коллекторах алмазов и на продуктивных

кимберлитах палеозойского возраста. Последующее оживление тектонических движений в связи с заложением и развитием мезозойских надпорядковых структур привело к значительному расчленению рельефа, отрицательные формы которого в раннеюрское время контролировали размещение россыпей алмазов. Наиболее благоприятные условия для образования россыпей существовали на пологих склонах антеклиз, где формировались делювиально-пролювиальные, пролювиальные и прибрежно-морские отложения ранней юры.

По результатам специализированного опробования в вертикальном ряду раннеюрских терригенных формаций к продуктивным и потенциально продуктивным относятся отложения геттанг-синемюрского, раннеплинсбахского и верхнеплинсбахского возраста, формирование которых отвечает трем подстадиям россыпеобразования. Степень их продуктивности прямо зависит от наличия, близости и степени алмазности коренных источников и более древних промежуточных коллекторов алмазов.

На южном платформенном борту Лено-Анабарского и западном борту Предверхоанского прогиба относительно повышенная частота встречаемости алмазов отмечается в базальном горизонте позднеплинсбахских отложений прибрежно-морского генезиса. Их находки сопровождаются невысокими концентрациями алмазов и их минералов-спутников. Россыпные проявления сформированы на большой площади за счет размыва карнижских и рэтских россыпей и поэтому их область развития контролирует распространение алмазов «эбеляхского-северного» типа и их минералов-спутников [8].

На северо-западном борту Вилуйской синеклизы и его периферийной части, на междуречье Марха-Тюнг в составе алмазносной раннеюрской формации, залегающей на терригенно-карбонатных породах верхнего кембрия и ордовика, выделяются континентальные образования дяхтарской толщи рэт-синемюрского возраста, оруктахской свиты нижнего плинсбаха и морские отложения тюнгской свиты верхнего плинсбаха.

В бассейне среднего течения р. Марха, в районе Накынского кимберлитового поля открыты уникальные промышленные россыпи дяхтарской толщи и оруктахской свиты (см. разд. «Промышленные древние россыпи алмазов»). Алмазные отложения дяхтарской толщи относятся к формации переотложенных кор выветривания. Они выполняют эрозионно-карстовые Депрессии и воронки глубиной до 65 м. Прибрежно-морские отложения тюнгской свиты, размывающие продуктивные образования оруктахской свиты, в районе трубок характеризуются низкой алмазностью [52].

В пределах Ангара-Вилуйского внутривулканического прогиба прямые и косвенные признаки алмазности установлены в терригенных формациях укугутской (юлегирской), оруктахской и вакунайкинской свит. Отложения укугутской свиты, широко развитые в осевой части прогиба,

представлены мощной (до 80 м) толщей конгломератов аллювиальной фации горно-равнинных рек, неблагоприятной для локализации россыпей по причине сильного разубоживания концентраций кимберлитовых минералов. По этой же причине бесперспективна перекрывающая их мощная (до 70 м) толща аллювиально-дельтовых песков оруктахской свиты. Благоприятные условия для россыпеобразования в раннеюрскую стадию существовали только на северо-западном борту прогиба, наложенном на сводовую часть Непско-Ботубинской антеклизы в районе Мирнинского высокопродуктивного кимберлитового поля. Известные здесь промышленные россыпи, локализованные в грубообломочных или грубозернистых горизонтах юлегирской и оруктахской свит, приурочены к бортам крупных эрозионно-тектонических долинообразных депрессий, осложняющих северо-западный борт Ангара-Вилуйского прогиба. Мезозойские депрессии разделены выступами пород нижнепалеозойского цоколя, к которым приурочены все известные кимберлитовые тела Мирнинского поля. Вблизи высокоалмазных трубок в геттанг-синемюрское (юлегирское) и раннеплинсбахское (оруктахское) время сформировались богатые россыпи делювиально-пролювиального, пролювиального и пролювиально-озерного генезиса однопластового и многопластового строения. Большая их часть относится к эталонным древним россыпям ближнего сноса (см. ниже промышленные россыпи), для которых весьма характерны низкий средний вес алмазов, высокое (35–40%) содержание мелких (–1 мм) кристаллов алмазов их осколков и минералов-спутников. Единственная промышленная россыпь переотложенного типа (россыпь Солур), сформированная за счет размыва верхнепалеозойских коллекторов алмазов, отличается повышенным средним весом камней и их значительной сортировкой в сторону закругления алмазного сырья при резком снижении (до 10–15%) доли кристаллов класса –1,0+0,5 мм. Прибрежно-морские отложения вакунайкинской свиты позднего плинсбаха в районе Мирнинского рудного поля вмещают многочисленные алмазопоявления и высококонтрастные (по содержаниям и сохранности) ореолы минералов-спутников пироп-пикроильменитовой ассоциации. Промышленно ценные концентрации алмазов выявлены только вблизи трубки Интернациональная. В ореолах минералов-спутников прибрежно-морского коллектора вблизи кимберлитовых тел доминируют зерна I, II классов износа при частой встречаемости пиропов с реликтами келифиновой каймы. Данный фактический материал опровергает мнение о сильном износе минералов в прибрежных обстановках раннекаменноугольных и юрских морей. Как уже отмечалось, предельно окатанные зерна в эти бассейны привнесены из более древних коллекторов алмазов.

Позднеюрская стадия россыпной алмазности наиболее активно проявилась в волжском веке с формированием на западном борту Предверхоанского прогиба весьма протяженного алмазо-

носного горизонта, представленного галечно-песчаными отложениями и крупногалечными конгломератами с фосфатным цементом с вкрапленностью глауконита, образованными в результате трансгрессии нижневолжского моря. Для отложений характерна циркон-гранат-ильменитовая ассоциация тяжелой фракции, в которой в небольшом количестве отмечаются пиропы, пикроильмениты, хромшпинель и хромдиопсид. Размеры отдельных зерен пиропов и пикроильменитов достигают 4–5 мм. Среди преобладающих сильно изношенных минералов иногда встречались пиропы с реликтами келифитовой каймы. На многих участках пиропы алмазной ассоциации не обнаружены. При относительно высокой частоте встречаемости алмазов содержания их в маломощном (0,5–1,5 м) грубообломочном горизонте крайне низкие. По кристалломорфологическим признакам алмазы нижневолжского горизонта сходны с алмазами кайнозойских и поздне триасовых коллекторов северо-востока Сибирской платформы [8].

Раннемеловая стадия выражена прямыми признаками алмазности только в бассейне р. Анабар, на Эбеляхской алмазносной площади. По данным палинологических анализов, к нижнемеловым образованиям относятся песчаные и глинистые отложения карстовых полостей, выработанных в карбонатных породах среднего кембрия. В разрезах мощностью до 20 м преобладают углефицированные алевриты и глины с включениями галек и гравия карбонатных пород и кремней. Реже встречаются линзы косослоистых песков и гравийно-галечного материала. Минералы тяжелой фракции образуют циркон-альмандиновую, магнетит-альмандиновую и ильменит-альмандиновую ассоциации при редкой встречаемости изношенных алмазов и гипергенно измененных пиропов и пикроильменитов. Алмазы встречаются в разрозненных пробах по всему разрезу без видимой связи с литологическим составом отложений и в низких концентрациях. Типоморфные особенности алмазов из нижнемеловых отложений сходны с таковыми из триасовых, юрских и кайнозойских россыпей северо-востока Сибирской платформы [39].

Кайнозойская эпоха. По продуктивности и масштабам кайнозойская эпоха россыпной алмазности превосходит все предшествующие эпохи россыпеобразования. Формированию кайнозойских россыпей способствовала проявленность меловой, палеогеновой и неогеновой эпох корообразования.

Промышленные неогеновые россыпи в европейской части России известны только на западном склоне складчатых сооружений Северного Урала. За счет размыва алмазносных отложений такатинской свиты среднего девона здесь образовались эрозионно-карстовые депрессии неогенового возраста аллювиального, пролювиального и смешанного делювиально-пролювиального и пролювиально-озерного генезиса.

На территории Сибирской платформы в кайнозойскую эпоху сформировались покровные и эро-

зионно-карстовые долинные продуктивные отложения неогенового возраста.

Неогеновая стадия (N) связана с формированием алмазносных аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений низменных равнин, эрозионно-карстовых и карстовых депрессий, широко развитых на междуречье Марха–Тюнг, вдоль южного борта Лено-Анабарского и западного борта Предверхоянского прогибов.

В бассейне р. Марха неогеновые отложения по современной легенде «водораздельные галечники» [38] после находок в них алмазов и минералов-спутников вот уже пять десятилетий служат предметом детального изучения с целью выхода на коренные источники алмазов.

В рассматриваемую стадию, возможно, сформировались алмазносные железистые галечники карстовых и эрозионно-карстовых депрессий, установленные в бассейнах рек Тюнг, Арга-Тюнг, Улах-Муна, Муна. Не исключено, что это реликты эрозионно-карстовой долины неогенового времени. Реликты алмазносных карстовых галечников – единственные свидетели былого развития здесь мезозойских алмазносных коллекторов алмазов. Водораздельные неогеновые галечники на междуречье Марха–Тюнг образуют единую плащеобразную алмазносную залежь, прорезанную многочисленными левыми притоками р. Марха, а также реками Конончан, Чилли, Тюкян и Тюнг. По результатам крупнообъемного и малообъемного опробования горных выработок неогеновые галечники характеризуются низкой алмазностью со средними содержаниями алмазов 1,1 и 0,8 мг/м³ и промышленные концентрации не образуют [39].

В бассейне р. Анабар, в пределах Эбеляхской алмазносной площади неогеновые (эбеляхская свита) [38] алмазносные отложения залегают на закарстованной поверхности карбонатных пород среднего кембрия. По целому ряду признаков первоначально они занимали обширные пространства на междуречье Анабар–Оленёк. В сохранившемся от размывов виде они фрагментарно распространены на водоразделах или склонах плейстоценовых рек, где выполняют изолированные карстовые полости и долинообразные эрозионно-карстовые депрессии. Неогеновые отложения вмещают промышленные россыпи алмазов, в которых ураганные содержания в отдельных выработках достигают 22,8 кар/м³ (см. разд. «Промышленные древние россыпи алмазов»). На флангах Эбеляхской площади содержания алмазов снижаются до непромышленных и низких. Данные наиболее древние кайнозойские образования являются основным поставщиком алмазов при формировании весьма богатых долинных россыпей четвертичного возраста.

В Приленском, Приморском и Нижне-Оленёкском районах также развиты алмазносные неогеновые отложения (беенчиминская толща и толща водораздельных галечников) [38]. Они обусловили повышенную алмазность четвертично-го аллювия.

Промышленные древние россыпи алмазов. Как было отмечено выше, промышленные россыпи алмазов в пределах территории России были сформированы в среднем и верхнем палеозое, позднем триасе и ранней юре, а также в неогене.

Среднепалеозойские россыпи. В Российской Федерации единственное месторождение среднепалеозойской эпохи расположено на Северном Урале в отложениях такатинской свиты в пределах Ишковского участка.

Такатинская свита залегает в основании эйфельского яруса и является базальной толщей среднедевонских отложений, которые ложатся с перерывом на породы венда и различные толщи рифея, ордовика и силура. Свита в районе Ишковского участка с размывом залегает на различных горизонтах колчимской свиты. Ширина ее выходов в современном эрозионном срезе составляет 400–500 м, мощность – 80 м [29]. Отложения такатинской свиты представлены различными фациями: аллювиальными, озерными и лагунными. Алмазы приурочены к первым – конгломератам, гравелитам и песчаникам. Повышенными концентрациями выделяются крупногалечные конгломераты. Последние залегают на корях выветривания, иногда заполняя карманообразные углубления закарстованных силурийских пород, являющихся

плотиком алмазоносных образований. Мощность продуктивных конгломератов не превышает 1,5 м. В пределах Ишковского участка линзы конгломератов и гравелитов, содержащие повышенные концентрации алмазов, развиты на площади длиной 800 м при ширине 40–200 м. Петрографический состав галечного материала продуктивных отложений следующий: кварц, кварцевые и кварц-полевошпатовые песчаники, кварцевые песчаники с глауконитом. Минеральный и петрографический состав конгломератов такатинской свиты указывает на то, что они сформировались за счет размыва осадочно-метаморфических пород, развитых в пределах Восточно-Европейской платформы [3].

Основную массу тяжелой фракции, где фиксируются находки минералов-индикаторов кимберлитов и алмазов, составляют аутигенные минералы: лимонит, гематит, реже пиролюзит, барит, сидерит и анатаз. Содержание аутигенных минералов достигает 80–100% [51]. Без учета аутигенных минералов в составе тяжелой фракции такатинской свиты преобладают циркон и рутил. Постоянно присутствуют турмалин, лейкоксен, монацит. Реже встречаются магнетит, хромшпинелиды, ильменит, ксенотим, ставролит, гранат, корунд, муассанит, брукит, магнитные и стеклянные шарики, перовскит, эпидот и минералы групп пироксена

Таблица 1

Характеристика индикаторных минералов кимберлитов из базального горизонта такатинской свиты (данные С. П. Пьянковой [53])

Пироп	Хромшпинелид	Ильменит	Циркон
Размеры до 2,5 мм. Форма округлая, с реликтами кубоидной. Поверхность шероховатая, часто скульптурированная, с хромитовыми корочками. Цвет от бледно-оранжевого до лилового. Показатель преломления 1,740–1,750	Размеры до 2 мм. Округлые, изометрично-неправильные зерна. Строение зернистое. Твердость низкая, хрупок. Поверхность матовая, ровная или грубошероховатая	Размеры до 1,5–2,0 мм. Цвет черный, блеск металлоидный. Излом раковистый.	Размеры до 2 мм. Изометричные округлые зерна, грани кристаллов отсутствуют. Цвет желтовато-кремовый, буровато-желтый, иногда бесцветный. Абсолютный возраст 558,0 ± 55,8 млн лет

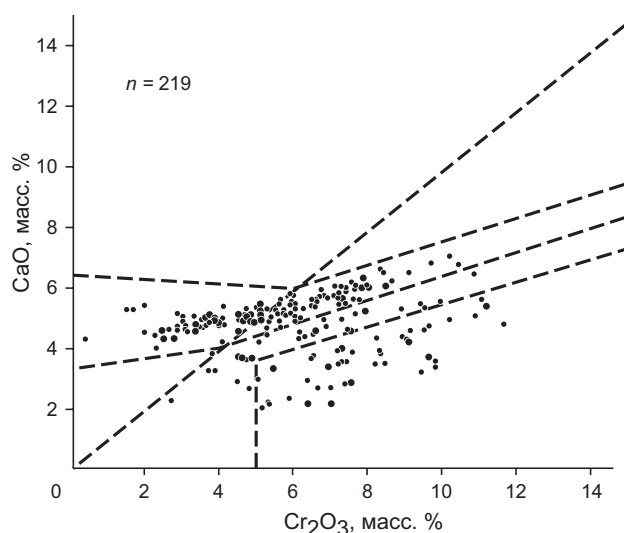


Рис. 1. Диаграмма (по Н. В. Соболеву, 1971) химического состава пироба (219 анализов) из такатинской свиты среднего девона Северного Урала (данные В. А. Кириллова, г. Пермь). Анализы выполнены в ТНК «Де-Бирс»

и амфибола. В составе тяжелой фракции установлена вся гамма минералов-индикаторов кимберлитов (табл. 1).

Из проанализированных на электронном микроанализаторе 219 зерен пиропов в компании «Де-Бирс» 18% зерен попало в поле алмазной ассоциации, что свидетельствует о том, что их источниками являются типичные кимберлиты (рис. 1).

Алмазы сконцентрированы в базальных конгломератах, реже они встречаются среди вышележащих гравелитистых песчаников [3]. К югу от Ишковского карьера базальные горизонты аллювиальных фаций такатинской свиты опробованы спорадически. Исходя из находок алмазов в современном аллювии рек Среднего и Южного Урала, которые в основном тяготеют к выходам данной свиты, следует отметить, что при систематическом представителем опробовании ее базального горизонта промышленные концентрации будут обнаружены и в других местах, поэтому, безусловно, прогнозные ресурсы девонских россыпей существенно занижены.

Отложения такатинской свиты опробованы в большом объеме, при этом опробованы все их литологические разновидности. Наибольшие концентрации алмазов приурочены к конгломератам и гравелитам, более низкие – к разномерным песчанкам с гравием и галькой, что характерно для всех россыпных месторождений (табл. 2).

Повышенные содержания алмазов приурочены к той части Ишковского участка, где развиты наиболее крупногалечные конгломераты, для которых характерен и повышенный средний вес алмазов. К югу и северу от этого участка в отложениях такатинской свиты наблюдается уменьшение размеров гальки и резкое снижение алмазоносности и крупности кристаллов.

Из отложений такатинской свиты извлечено более 600 алмазов, их средний вес довольно высокий и составляет 208 мг, что обусловлено тем, что по весу и количеству преобладают крупные классы [29]. Сохранность алмазов высокая, превалируют целые кристаллы – 79,8%, слабообломанные камни составляют 7,1%, осколки – 13,1%. Среди кристаллов встречаются индивиды с сильным аллювиальным механическим износом истирания (8,5%), что выражается в притуплении ребер и вершин и наличием износа выкрашивания – появление на гранях большого количества выщербин и фигур, последнее свидетельствует

о пребывании их в зоне морского прибоя [24]. Среди алмазов такатинской свиты преобладают додекаэдриды «уральского или бразильского» типа (73,7%), кристаллы октаэдрического габитуса составляют всего 2,4%, переходного – 19,8%, превалируют бесцветные кристаллы (88,4%) с золотисто-желтым или зеленоватым надцветом. Характерной особенностью алмазов из этой свиты является наличие пятен зеленой пигментации, причем пигментированные алмазы чаще встречаются на Северном Урале, чем на Среднем.

Морфологически алмазы такатинской свиты Ишковского участка не отличаются от кристаллов, добытых из россыпей Бол. Щугора и Бол. Колчи-ма. Хорошая сортировка алмазов из такатинской свиты, их высокая сохранность, наличие пигментированных кристаллов и сильный механический износ свидетельствуют о сложной геологической истории и, скорее всего, об значительной удаленности от коренного источника. По мнению ряда исследователей [2], эти особенности дают основание для утверждения, что источниками алмазов являются более древние кластические толщи. Это вполне подтверждают датировки трубчатого циркона из отложений такатинской свиты – $558,0 \pm 55,8$ млн лет [51].

Верхнепалеозойские россыпи. На территории Российской Федерации известно единственное промышленное месторождение алмазов, сформированное в позднепалеозойскую эпоху – россыпь Восточная, расположенная в Мало-Ботуобинском районе Сибирской провинции (рис. 2).

Россыпь Восточная. Глубоко погребенная верхнепалеозойская россыпь Восточная расположена на междуречье Ирелях–Чуоналыр, в бассейне руч. Оттур-Сала и находится в 25 км к западу от трубки Мир и в 12 км к северо-западу от трубки Интернациональная. С юго-востока к ней почти вплотную прилегает мезозойская россыпь Солур (рис. 3).

Сближенные разновозрастные залежи образуют здесь россыпное месторождение Солур-Восточная. Россыпь Восточная, локализованная в подошве лапчанской свиты среднего карбона, в структурном плане приурочена к зоне сочленения юго-восточного борта Тунгусской синеклизы с пологим северо-западным склоном Непско-Ботуобинской антеклизы. В палеоморфоструктурном отношении она располагается на южном борту

Таблица 2

Алмазоносность пород такатинской свиты [30]

Литологические разности пород	Объем проб, м ³	Количество проб		Средний вес кристаллов, мг	Среднее содержание алмазов, мг/м ³
		пустых	с алмазами		
Аргиллиты, алевролиты, песчаники	245,6	100			
Разномерные песчаники с гравием	3831,2	78,4	21,6	136,7	5,2
Гравелиты, конгломераты	7125,0	61,9	38,1	175,3	16,5

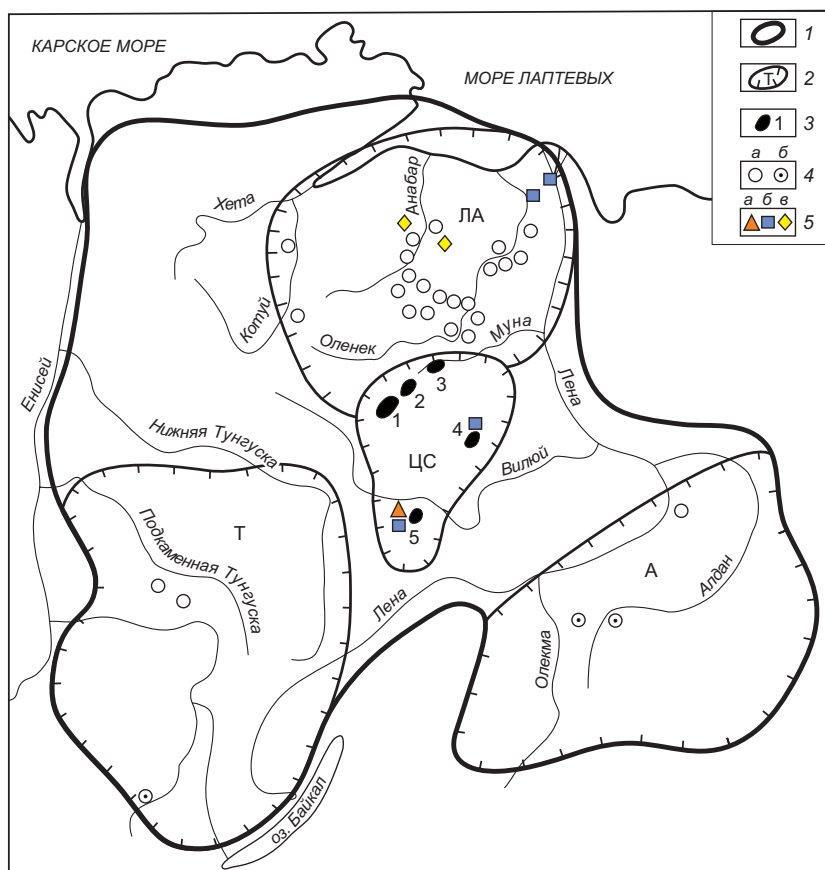


Рис. 2. Схема районирования Сибирской рудно-россыпной алмазоносной провинции

1 – граница Сибирской алмазоносной провинции; 2 – граница алмазоносных субпровинций (ЦС – Центральносибирская рудно-россыпная, ЛА – Лено-Анабарская россыпная, Т – Тунгусская россыпная, А – Алданская рудная); 3 – продуктивные кимберлитовые поля (1 – Алакит-Мархинское, 2 – Далдынское, 3 – Верхнемунское, 4 – Накынское, 5 – Мирнинское); 4 – низкоалмазные и неалмазные поля кимберлитов (а) и лампроитовых пород (б); 5 – древние промышленные россыпи алмазов: верхнепалеозойского (а), мезозойского (б), неогенового (в) возрастов

Верхнечуоналырской палеодепрессии каменноугольного возраста, где контролируется Оттурской древней долиной.

В геологическом строении россыпи Восточная участвуют терригенно-карбонатные породы холмохской свиты верхнего кембрия (плотик россыпи), алмазоносные отложения верхнего палеозоя (лапчанская, ботубинская и боруллойская свиты) и мезозоя (оруктахская и вакунайкинская свиты), а также раннетриасовые интрузии долеритов.

Продуктивный пласт россыпи Восточная, локализованный в базальном горизонте лапчанской свиты среднего карбона, тонким слоем выстилает днище Оттурской древней долины, геоморфологически хорошо выраженной в погребенном рельефе. В сохранившемся виде протяженность палеодолины с северо-западным направлением стока временных и постоянных водотоков составляет 5,2 км. Ширина россыпи довольно постоянна – 0,9–1,1 км. Борта долины возвышаются над днищем на 10–20 м. Гипсометрическое положение плотика в абсолютных отметках снижается в северо-западном направлении на расстоянии 5,2 км: от 330 до 295 м. Поверхность плотика полого- и кротоволнистая.

На юго-восточном фланге россыпи, где продуктивные отложения лапчанской свиты частично размыты при формировании мезозойской россыпи Солур, границы залежи определяются границей распространения грубообломочных отложений среднего карбона. Границы россыпи, установленные на поисковой и оценочной стадиях по распространению пироповых грубообломочных пород лапчанской свиты, практически не изменялись в процессе разведочных работ, что свидетельствует о высокой информативности литологических и минералогических критериев поисков древних россыпей алмазов.

Мощность продуктивного пласта не выдержана по площади и варьирует от 0,2 до 1,9 м, в среднем составляя 0,6 м. Алмазоносный горизонт представлен различными литогенетическими типами пород: конгломератами на песчано-глинистом цементе аллювиально-пролювиального генезиса, галечно-песчаными пролювиальными отложениями; гравелитистыми алевролитами пролювиальных шлейфов; делювиальными щебнисто-глинистыми образованиями в прибортовых частях долинообразной депрессии. Основной литологической разновидностью продуктивного пласта являются

ся конгломераты, распространенные на 70–80% площади россыпи. Гальки (2–3 см) представлены кремнями (70%), кварцитами (10–15%), терригенно-карбонатными породами плотика (5–10%), кислыми и средними эффузивами, кварцем, роговиками, метаморфическими породами, граносие-

нитами. Обломки пород плотика обычно плитчатые, угловатые и полуокатанные. Валуну размером до 45 см сложены кварцитами, выветрелыми с поверхности эффузивами, доломитами. В тяжелой фракции доминируют аутигенные минералы – пирит (10–95%) и сидерит (40–80%). Среди

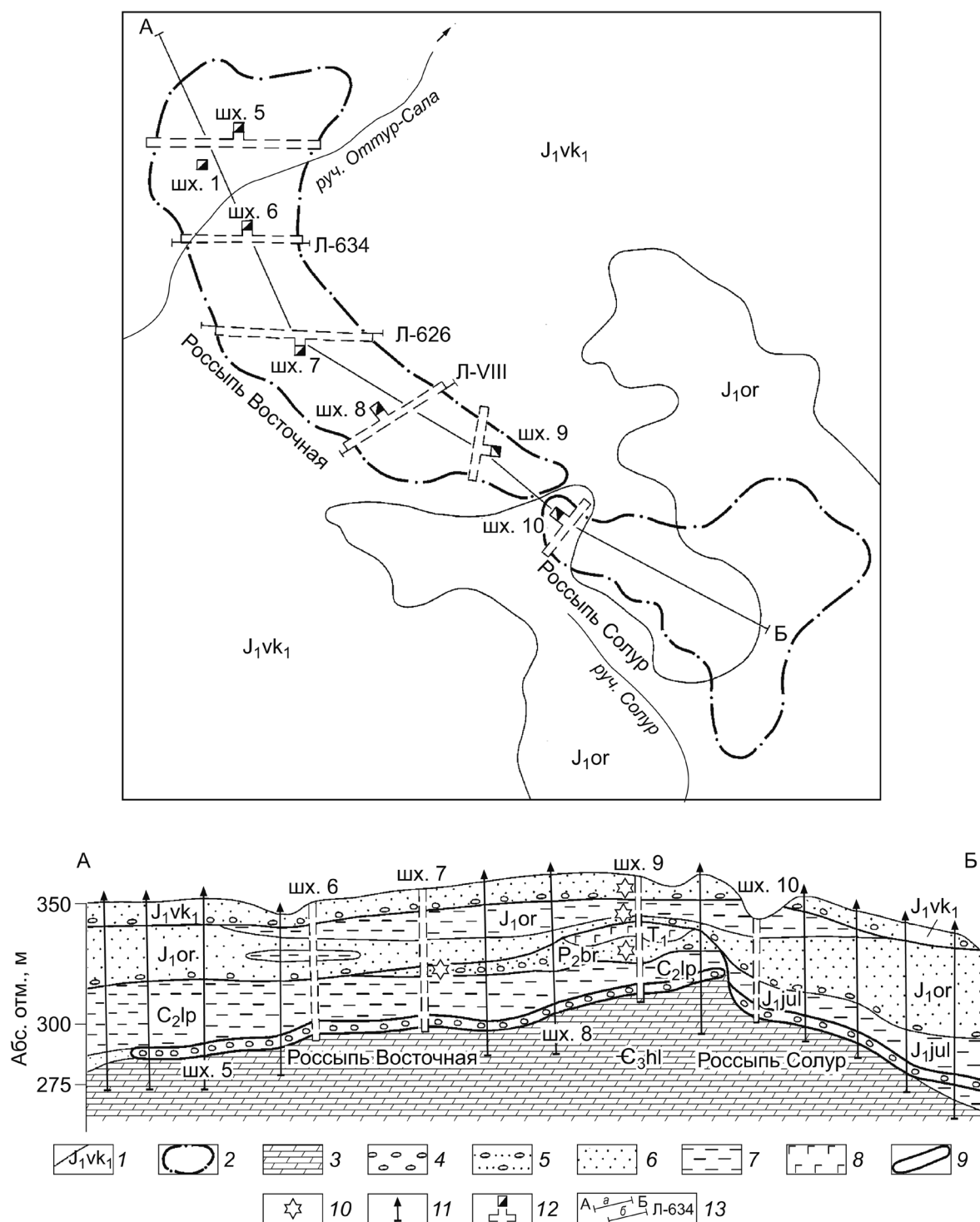


Рис. 3. План и продольный разрез россыпей Восточная и Солур [39]

1 – границы геологических образований, их возраст; 2 – погребенные контуры россыпей; 3 – мергели и доломитовые алевролиты; 4 – конгломераты; 5 – галечно-песчаные отложения; 6 – пески, песчаники; 7 – алевролиты; 8 – долериты; 9 – продуктивные пласты; 10 – алмазопроявления; 11 – скважины; 12 – шахты со штреками; 13 – линия продольного разреза (а) и линия поперечных разрезов (б)

терригенных минералов в ней явно преобладает ильменит (70–100%), редко ильменит и альмандин (до 30%). В небольшом количестве присутствуют циркон (4%), сфен (3–4%), турмалин (до 5%), эпидот (до 3%). Глинистая фракция имеет смешанный каолинит-монтмориллонитовый либо гидрослюда-монтмориллонитовый состав.

Кимберлитовые минералы продуктивного пласта россыпи характеризуются устойчивой алмаз-пироповой ассоциацией. Находки пикроильменитов, хромшпинелидов и хромдиоксида единичны. Распределение пиропов в россыпи неравномерное – от единичных зерен до нескольких тысяч знаков на пробу в 10 л. Пиропы характеризуются интенсивным механическим износом и гипергенным растворением. Преобладает кубоидный тип растворения. В пироповой ассоциации крайне редко отмечаются единичные мелкие зерна идеально окатанных зерен пикроильменитов и хромшпинелидов. Микронзондовый состав пиропов россыпи Восточная отличается от состава гранатов россыпи Новинка (близкорасположенная юрская россыпь) стабильно низким (2–4% против 8,6%) содержанием пиропов алмазной ассоциации, повышенным содержанием низкохромистых ($\text{Cr}_2\text{O}_3 < 2\%$) гранатов. В целом пиропы россыпи Восточная в координатах $\text{CaO}-\text{Cr}_2\text{O}_3$ занимают среднее положение между высокохромистыми пиропами трубок Интернациональная, Дачная, им. XXIII съезда КПСС и пиропами трубок Мир и Таежная. Весовые и количественные содержания алмазов находятся в четкой корреляционной положительной связи с количеством пиропов в классе –2+1 мм (0,537) [39].

Алмазоносность продуктивного пласта [35], изученная по результатам валового опробования в стволах и штреках разведочных шахт, не выдержана как по простиранию, так и вкрест простирания россыпи. Содержания алмазов по частным пробам варьируют от 0,10 до 10 кар/м³ и более, по блокам до 4,60 кар/м³, в среднем составляя 2,26 кар/м³. Уровни алмазоносности продуктивного пласта контролируются литологическим составом пород. Анализ продуктивности показывает, что 70,6% проб, содержащих алмазы, представлены конгломератами на песчано-глинистом или песчано-алевритовом цементе. При этом 23,7% проб, отобранных из конгломератов, характеризуются содержаниями более 2,8 кар/м³. К ним же приурочены и все находки крупных кристаллов класса –8+4 мм. Галечно-песчаные и песчаные отложения залежи характеризуются слабой алмазоносностью: из 66 проб в 59 содержание не превышает 0,5 кар/м³, в шести пробах содержание до 1 кар/м³ и лишь одна проба попадает в предел от 1 до 2,8 кар/м³ [35].

В плане россыпь характеризуется линзовидно-струйчатым и гнездовым распределением высоких и низких концентраций алмазов.

Характерными особенностями минерального сырья россыпи Восточная являются высокая степень гранулометрической отсортированности алмазов, высокий процент (до 60%) кристаллов со следами механического износа выкрашивания,

высокий выход ювелирных камней (до 50%). По гранулометрии основная масса кристаллов россыпи Восточная представлена двумя классами: –2+1 мм и –4+2 мм, которые в сумме составляют около 90% от общего количества при преобладании первого из них примерно на 10%. На долю класса –8+4 мм приходится 0,1–0,32%. Мелкие кристаллы класса –1+0,5 мм составляют около 12%. Средний вес алмазов составляет 15,2 мг.

Алмазы россыпи Восточная по своим кристалломорфологическим особенностям существенно не отличаются от таковых других промышленных россыпей Мало-Ботубинского района. По габитусу ламинарные кристаллы составляют 99,4%, в том числе октаэдры – 70,8%, переходные формы – 24,3%, ромбододекаэдры – 4,3% и кубы первой разновидности – 0,6%. Они близки к алмазам из высокопродуктивных кимберлитов трубок Интернациональная, Мир, им. XXIII съезда КПСС.

В морфогенетическом отношении среднекарбонатная россыпь Восточная представляет собой древнюю долинную залежь пластовой лентообразной формы аллювиально-пролювиального генезиса. По нашему мнению, россыпь переотложенного типа, сформированная за счет размыва и переотложения долапчанского (предположительно, раннекаменноугольного) прибрежно-морского коллектора алмазов площадного развития. Основными коренными источниками питания при этом являлись высокоалмазоносные трубки Интернациональная и Мир. В соответствии с принятой геолого-промышленной классификацией, древняя россыпь Восточная относится к средним по запасам россыпным месторождениям с высоким содержанием, с алмазами средней крупности и средним выходом ювелирных камней. Разведанная россыпь является резервным месторождением Мало-Ботубинского района.

Мезозойские россыпи. В центральной части Мало-Ботубинского района, вмещающей Мирнинское кимберлитовое поле, открыты и разведаны промышленные россыпи алмазов: Солур, Новинка-Геофизическая, Водораздельные галечники, Дачная-I, Глубокая. В Средне-Мархинском алмазоносном районе локализованы уникальные россыпи ближнего переноса вблизи трубок Нюрбинская и Ботубинская. В Лено-Анабарской субпровинции громадным прогнозным потенциалом обладают вулканогенно-осадочная пачка основания карнийского яруса и базальные горизонты булунканской свиты рэтского яруса.

Россыпь Солур. Погребенная россыпь Солур, локализованная в базальном горизонте юлегорской свиты раннеюрского возраста, находится на левобережье р. Ирелях, в верховьях руч. Солур, где вплотную примыкает к среднекарбонатной россыпи Восточная (рис. 3). От известных кимберлитовых трубок Мир и Интернациональная она отстоит к западу и северо-западу на 20 км и 10 км соответственно. Разведочные работы выполнены комплексом подземных горных выработок (шахты, штреки), проходкой скважин колонкового и удар-

но-канатного бурения диаметром 500 мм. Разведанные запасы учтены в ГКЗ Роснедра.

В структурном плане нижнепалеозойского цоколя россыпь Солур приурочена к северо-западному склону Мирнинского сводового поднятия, осложненному Верхне-Иреляхским грабеном с амплитудами смещения по ограничивающим его разломам до 120 м. В мезозойском морфоструктурном плане россыпь тяготеет к западному склону Кюеллях-Маччобинской долинообразной депрессии. В строении россыпи участвуют терригенно-карбонатные породы холмолохской свиты верхнего кембрия (плотик залежи), промышленно алмазоносная юлегирская и низкоалмазоносная оруктахская свиты (рис. 4).

Основной продуктивный пласт россыпи Солур, локализованный в базальном горизонте верхней пачки юлегирской свиты нижней юры, приурочен к западному склону Кюеллях-Маччобинской депрессии, где выстилает днище и склоны локальной геоморфологически неконтрастно выраженной Солурской палеодолины с юго-восточным направлением стока временных водотоков. При протяженности 2,0–2,1 км ширина ее на отрезке буровых линий 7–14 изменяется от 0,4 км на северо-западе (в истоках) до 1,5 км на юго-востоке, что обуславливает конусообразную форму продуктивного пласта в плане.

В продольном профиле абсолютные отметки подошвы продуктивного пласта закономерно снижаются в юго-восточном направлении от 320 до 280 м. В поперечных сечениях подошва пласта полого- и крутоволнистая с относительными превышениями от первых метров до 10–15 м. Линия контакта горизонтально-волнистая, пологонаклонная, реже горизонтальная. Карманообразные углубления небольшого размера встречаются редко. Верхняя граница пласта при сложном неоднородном его строении имеет часто постепенный переход в перекрывающие отложения юлегирской свиты, и определение ее производится по результатам валового и мелкообъемного опробования на алмазы.

Продуктивный горизонт россыпи характеризуется крайне изменчивым, неоднородным строением и литологическим составом. На северо-западном фланге он представлен галечно-песчаными отложениями с линзовидными прослоями гравелитов и конгломератов мощностью от 0,2–0,3 до 2,0–2,5 м. Грубообломочные образования руслового пролювия расслаиваются алмазоносными линзами (0,1–0,3 м) гравелитистых алевролитов фации речных паводков. Отложения в целом характеризуются смешанным составом, крайне низкой степенью сортировки терригенного материала, высоким содержанием пелитовой составляющей и алевритового вещества, обилием визуально видимого траппового ильменита, сравнительно слабой общей цементацией пород, наличием линз и прослоев конгломератов и гравелитов на крепком пиритовом и сидеритовом цементе, присутствием галек конгломератов и углистых алевролитов лапчанской свиты среднего карбо-

на, значительной примесью бескарбонатной глины и дресвы траппов. Содержание грубообломочного материала весьма изменчиво как в вертикальном разрезе, так и по простиранию продуктивного пласта. Чаще оно не превышает 25–35%, достигая 50–60% в линзовидных телах конгломератов и гравелитов небольшой протяженности. Гальки и гравий сложены обычно кремнями, кварцитами, роговиками, кварцем, эффузивами, окремнелыми онколитовыми и маршаллитизированными породами, сидеритами, мергелями, доломитами, микродолеритами и зернистыми долеритами, углистыми алевролитами и пиритизированными конгломератами. Гальки размерами от 1–2 до 2–4 см, редко до 6–8 см, хорошо окатаны, распределены в породе крайне неравномерно. Судя по петрографическому составу псефитового материала, большая часть его переотложена из верхнепалеозойских грубообломочных горизонтов. Отмечен крупный останец размером 100 × 100 м, алмазоносные конгломераты лапчанской свиты среднего карбона, сохранившиеся от раннеюрского размыва. Его наличие в теле раннеюрской россыпи – прямое свидетельство формирования последней за счет размыва и переотложения среднекарбонной россыпи алмазов.

В центральной части россыпи алмазоносен почти весь разрез юлегирской свиты мощностью до 4,0 м [35]. Выделенный пласт мощностью от 0,5 до 4,0 м, приуроченный к основанию юлегирской свиты, представлен гравелитистыми песками, реже галечно-песчаными отложениями с тонкими прослоями песчаных алевролитов и включениями галек и гравия кремнистых и карбонатных пород. На юго-восточном фланге россыпи продуктивный горизонт в поперечных разрезах Солурской депрессии имеет разнородный состав. Он сложен высокоалмазоносными гравелитистыми алевролитами с редкими непротяженными линзами гравелитистых песков. Мощность продуктивного пласта здесь достигает 1,5 м. На южном борту Солурской депрессии относительно маломощный (до 1,0 м) продуктивный горизонт также образован гравелитистыми алевролитами, которые при движении на северо-восток уже в пределах Кюеллях-Маччобинской депрессии фациально замещаются песчаными пролювиально-аллювиальными отложениями. Породы продуктивного пласта слабо литифицированы, часто рыхлые. Породообразующие компоненты характеризуются олигомиктово-кварцевым и аркозовым составом. В тяжелой фракции доминируют трапповый ильменит и аутигенные минералы пирит-сидеритовой ассоциации. Глинистая составляющая имеет смешанный гидрослюдисто-монтмориллонитовый, редко каолинит-монтмориллонитовый состав.

Кимберлитовые минералы продуктивного пласта представлены пиропом, пикроильменитом, хромшпинелидами и алмазом. Основная масса пиропов с сильным механическим износом и интенсивным гипергенным растворением. По этим признакам они идентичны пиропам россыпи Восточная. Крайне редко и в единичных знаках встречаются гранаты

I, II классов износа. По окраске доминирующее положение занимают фиолетово-красные пиропы (82%). Содержание пиропов алмазной ассоциации составляет 5,3%.

Алмазонасность продуктивного пласта [35] характеризуется крайней изменчивостью как в про-

долном, так и в поперечном профилях Солурской палеодепрессии: высокие концентрации россы-пеобразующего минерала соседствуют с низкими и даже нулевыми их значениями. В целом по россыпи наблюдается устойчивое снижение содержания алмазов с северо-запада на юго-восток. На

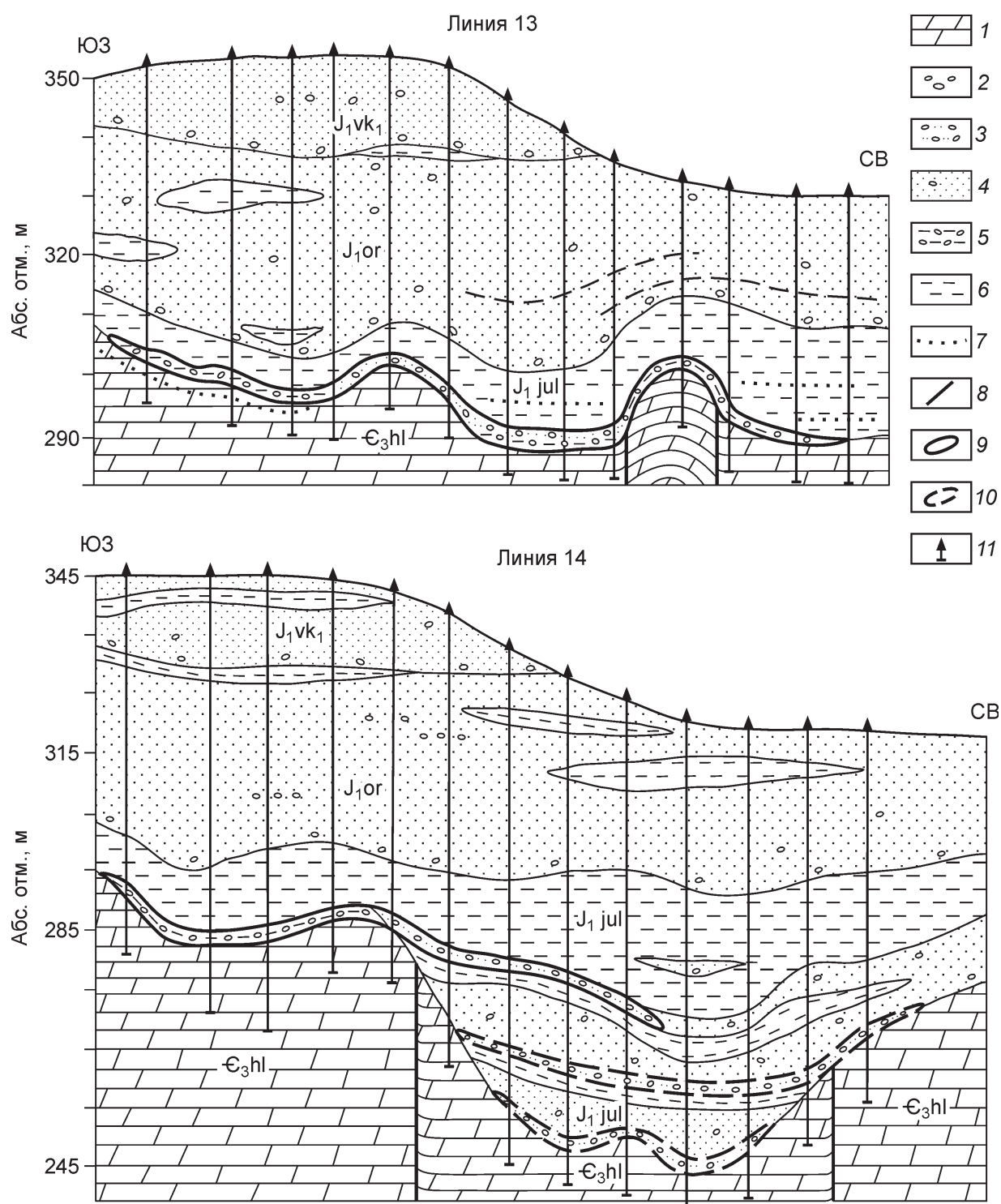


Рис. 4. Разрезы россыпи Солур по линиям 13, 14 [39]

1 – доломитовые алевриты, мергели; 2 – конгломераты; 3 – галечно-песчаные отложения; 4 – песчаники и пески с галькой; 5 – гра-велитистые алевриты; 6 – алевриты; 7 – кора выветривания и ее возраст; 8 – разрывные нарушения; 9 – продуктивные пласты; 10 – пласты с алмазопоявлениями; 11 – скважины

большей части площади (60%) содержания алмазов находятся в пределах 0,5–1,8 кар/м³ при среднем значении по месторождению 1,69 кар/м³ при мощности 1,3 м.

Гранулометрический состав алмазов в количественном отношении следующий: –8+4 – 0,3%, –4+2 – 53,7%, –2+1 – 42,9%, –1+0,5 – 3,1%. Средний вес кристаллов в россыпи Солур равен 19,5 мг, что в 2,0–2,5 раза выше, чем в россыпях ближнего сноса. По морфологии кристаллов алмазы «ламинарные камни» составляют 99,7%, в том числе: октаэдры – 72,7%, переходные формы – 23,8%, ламинарные ромбододекаэдры – 3,2% и кубы первой разновидности – 0,3%, они абсолютно идентичны алмазам из трубок Мир и Интернациональная и вышеописанной россыпи Восточная.

Раннеюрская промышленная россыпь Солур является типичным представителем вторичных россыпей переотложенного типа. Она сформирована за счет размыва и переотложения юго-восточного фланга среднекарбованой россыпи Восточная и алмазоносного базального горизонта борулойской свиты верхней перми.

Россыпь Водораздельные галечники. Мезозойская россыпь Водораздельные галечники расположена на левобережье р. Ирелях в непосредственной близости от кимберлитовой трубки Мир (рис. 5). Это самое крупное древнее россыпное месторождение Мало-Ботуобинского района было открыто в 1955 г. Эксплуатация россыпи, начатая в 1961 г., продолжается и в настоящее время.

Россыпь локализована в раннеюрских отложениях, выполняющих Иреляхскую долинообразную палеодепрессию карстово-эрозионного происхождения с вершиной около трубки Мир. В геологическом строении россыпи принимают участие терригенно-карбонатные породы холмолохской свиты верхнего кембрия (E_3hl), образования поздне-триасовой коры выветривания, раннеюрские продуктивные отложения юлегорской (J_1jul) и оруктахской (J_1or) свит. По результатам валового опробования в составе алмазоносных терригенных отложений россыпи выделено шесть залежей с промышленными содержаниями алмазов (рис. 5). Основные запасы алмазов сосредоточены в Нижней и Основной залежи.

Продуктивный пласт Нижней залежи характеризуется крайне неоднородным строением разреза песчаных, глинисто-песчаных и глинистых отложений пролювиального, делювиально-пролювиального, реже делювиального генезиса. Широким площадным распространением в составе залежи пользуются песчаные осадки русел временных водотоков. Пески олигомиктово-кварцевого состава, разнозернистые, с горизонтальной, реже косой слоистостью, с плохой сортировкой материала и большой примесью глинистого вещества. Они содержат включения гальки и гравия кварц-кремнистых пород, а также пирит-марказитовых конкреций. Среди песков отмечаются прослои алмазоносных песчаных алевритов фации делювиально-пролювиальных шлейфов. В южной части

залежи пески характеризуются лучшей сортировкой материала, аркозовым составом, присутствием линз галечно-гравийного материала.

Мощность продуктивных отложений Нижней залежи изменяется в широком диапазоне – от 0,5 до 6,5 м. Многолетними исследованиями установлено, что отложения Нижней залежи большей частью представляют собой переотложенные продукты достаточно зрелой коры выветривания, развитой на породах нижнего и верхнего палеозоя, на интрузиях траппов и на кимберлитах. Легкая фракция их имеет олигомиктово-кварцевый либо существенно кварцевый состав (примесь полевых шпатов – 5–10%). Преобладающим минералом в тяжелой фракции является ильменит (при значительных содержаниях ставролита и дистена) аутигенные – пирит, сидерит, марказит. В глинистой составляющей выделяются монтмориллонит-гидрослюдистая и монтмориллонит-каолиновая ассоциации. При этом каолинит имеет явные признаки переотложения.

Ассоциация минералов-спутников в Нижней залежи изменяется от чисто пикроильменитовой до пироп-пикроильменитовой в соотношении 1 : 6 и 1 : 8. Концентрации кимберлитовых минералов также непостоянны и изменяются от нескольких до 790 зерен на стандартную 10-литровую пробу. В юго-западной части залежи содержание пироп-па достигает 170 г/т, а пикроильменита – 980 г/т. Минералы-спутники алмаза четко разделяются на две ассоциации: первичная, не затронутая процессами механического износа, то есть поступившая в россыпь непосредственно из коренного источника, и вторичная – переотложенная, с явными признаками механического износа. В осадках эти две названные ассоциации смешаны в различных пропорциях.

Алмазоносность Нижней залежи крайне неравномерная как в плане, так и в разрезе. Содержания алмазов по отдельным пробам изменяются от 0,01 до 10 кар/м³ и более, а по выработкам – от 0,12 до 7,14 кар/м³. Среднее содержание – менее 1 кар/м³. При удалении от трубки Мир содержание алмазов резко падает.

Гранулометрический состав алмазов по количеству: –8+4 – 0,7%, –4+2 – 13,6%, –2+1 – 47,7%, –1+0,5 – 38,0%; по весу класс: –8+4 – 16,3%, 4+2 составляет 50,8%, класс –2+1 – 27,9%, –1+0,5 – 4,6%. Средний вес – 8,3 мг.

В генетическом отношении Нижняя залежь лентообразной формы относится к смешанному делювиально-пролювиальному и пролювиальному типу, сформированному временными водотоками с восточным и южным направлениями стока, при большом влиянии плоскостного смыва. Алмазоносный материал поступал из восточного делювиального шлейфа от трубки Мир, промежуточных верхнепермских коллекторов и в меньшей мере из коры выветривания на кимберлитах трубки Мир. Наличие в залежи большого количества изношенных минералов-спутников алмаза, умеренная до низкой ее продуктивность и небольшой объем алмазного сырья позволяют

предположить, что в юлегорское время часть трубки Мир была перекрыта позднепермскими продуктивными отложениями.

Основная залежь многоярусной россыпи Водораздельные галечники, вмещающая 74% общих запасов алмазов месторождения, приурочена к основанию оруктахской свиты раннего плинсбаха. Западная и южная границы ее совпадают с выходом продуктивного пласта на поверхность, северная и восточная определены по данным опробования. Плотик залежи представлен пачкой углистых, реже зеленоватых глинистых алевролитов кровли юлегорской свиты. Подошва алмазного горизонта, устанавливаемая, как правило, по результатам опробования, часто не совпадает с поверхностью плотика и занимает низко и высоко подвешенное положение по отношению к основанию оруктахской свиты. Кровля его устанавливается более однозначно и проходит чаще по границе раздела песчаной и вышележащей алевроитовой пачек нижнего ритма свиты. Продуктивный пласт представлен белесыми глинистыми песками с линзовидными обособлениями гравийно-галечного материала кварцито-кремнистого состава и включения пирит-марказитовых конкреций шаровидной и уплощенной формы размером до 3–5 см. В основании выделяется самостоятельный базальный слой (0,9 м) галечно-гравийно-песчано-глинистых отложений с содержанием кварцевого песка от 30 до 50% и грубообломочного материала до 7–10%.

Гранулометрический состав отложений Основной залежи, изученный на стадии разведки не по отдельным литологическим разностям, а в целом по существенно песчаному горизонту основания оруктахской свиты, характеризуется значительной замельченностью материала: выход класса $-16+0,5$ мм в среднем составляет 2,4% при колебаниях от 0,45 до 7,2%, содержание фракции $-0,5$ мм достигает 97%. В линзовидных прослоях конгломератов, галечников и гравелитов содержание грубообломочного материала колеблется от 30 до 70%. В петрографическом составе галек преобладают кварц-кремнистые породы (до 80%): кремни, кварциты, кварц, яшмы, халцедон, маршаллитизированные кремнистые образования, роговики, редко гранитоиды. Местные породы представлены обломками алевролитов, доломитов, мергелей и выветрелых траппов. Тяжелая фракция продуктивных отложений характеризуется ставролит-дистен-ильменитовой ассоциацией, при обилии аутигенных минералов: пирита, марказита, сидерита и лимонита. В легкой фракции доминирует кварц (85–95%), полевые шпаты составляют 2–10%, обломки микрокварцитов и микрофельзитов – до 5%. Алевролиты имеют монтмориллонит-гидрослюдистый, а пески – каолинистый состав пелитовой составляющей. Каолинит находится в осадках в переотложенном состоянии.

Кимберлитовый материал в Основной залежи представлен алмазом, пикроильменитом, пиропом, хромшпинелью, редко хромдиопсидом, оливином, цирконом и мелкими обломочками самих кимбер-

литов. Единичные зерна оливина, хромдиопсида, кимберлитового циркона и обломочков кимберлитов встречаются вблизи трубки Мир. Редкие находки зерен серпентина, флогопита и обломочков кимберлита известны и на расстоянии 1,5–2,0 км от этой трубки. Площадным распространением пользуются пикроильмениты, пиропы и хромшпинелиды в содержаниях 40–4000 г/т, 10–400 г/т и 5–100 г/т соответственно. Они образуют устойчивую пироп-пикроильменитовую ассоциацию, в которой в разных пропорциях смешаны минералы прямого размыва кимберлитов и минералы, переотложенные из верхнепермского коллектора алмазов. Содержание пиропов алмазной ассоциации в продуктивном пласте составляет 4,26% при их количестве в трубке Мир – 3,2–4,0%.

Алмазоносность Основной залежи весьма неравномерная, достигающая ураганных значений по отдельным частным и сквозным пробам. Наиболее высокие концентрации алмазов наблюдаются на западном фланге россыпи, который примыкает к коренным источникам. Здесь установлено рекордное для Основной залежи количество алмазов, равное 140 кристаллам на 1 м^3 песков. Выявленные ураганные концентрации алмазов локализованы в линзах глинистых галечников, занимающих подвешенное положение над подошвой продуктивного пласта. По количеству доминируют алмазы классов $-2+1$ мм (45,7%) и $-1+0,5$ мм (43,4%). Повышенные, высокие и ураганные концентрации алмазов обусловлены не только близостью к трубке Мир, но и приуроченностью к зоне субмеридиональных уступов, развитых вдоль западного склона Водораздельной впадины Иреляхской палеодепрессии. Опушенные блоки служили морфоструктурными ловушками для алмазов. На остальной большей части россыпи алмазоносность Основной залежи носит пониженный выровненный характер со снижением концентраций в восточном, северном и южном направлениях. Содержания алмазов по горным выработкам изменяются от 0,11 до $1,83 \text{ кар/м}^3$. Повышенные концентрации отмечаются в виде линз протяженностью 200–800 м и шириной 100–400 м. Средний вес кристаллов повышается до 8,54 мг против 6,3 мг на западе, что отражает заметную гранулометрическую сортировку алмазного сырья в пролювиальном шлейфе выноса от коренных источников. В гранулометрическом спектре алмазов повышается роль кристаллов классов $-4+2$ мм (13,6%) и $-2+1$ мм (47,7%) и уменьшается содержание класса $-1+0,5$ мм (38,0%). В целом по залежи установлена прямая зависимость между продуктивностью слоев и содержанием в них гравийно-галечного и песчаного материала и обратная связь между концентрациями алмазов и содержанием в составе слоев угленосных глин и алевроитов. Наиболее концентрированные линзы чаще тяготеют к основанию и кровле продуктивного пласта.

По типоморфным признакам кристаллов устанавливается полная идентичность алмазов Основной и Нижней залежей и их коренных источников – трубок Мир и Спутник, абсолютно доминируют

ламинарные октаэдри, переходные формы и ромбододекаэдри.

В плане Основная залежь имеет плащеобразную конусовидную форму. Значительная часть ее размыва в кайнозойское время. В генетическом отношении она относится к пролювиально-озерному типу россыпей ближнего сноса.

Таким образом, многоярусная полихронная и гетерогенная россыпь Водораздельные галечники синемюр-раннеплинсбахского возраста относится к крупным уникальным сложно построенным древним россыпям ближнего сноса комбинированного питания от 2 кимберлитовых тел и более древнего промежуточного коллектора алмазов. Главным поставщиком алмазов являлась крупная по размерам и высокоалмазоносная кимберлитовая трубка Мир – лидер в составе Мирнинского рудно-россыпного поля.

Прочие промышленные мезозойские россыпи Мало-Ботубинского района. В Мало-Ботубинском алмазоносном районе Центрально-Сибирской субпровинции, кроме описанных россыпей Солур и Водораздельные галечники, известен ряд мелких и средних юрских россыпей, которые к настоящему времени уже отработаны.

Россыпное месторождение **Новинка-Геофизическая** находится в 0,4 км от своего богатого коренного источника питания – трубки Интернациональная.

Погребенная россыпь, локализованная в базальном горизонте оруктахской свиты нижнего плинсбаха, состоит из одновозрастных слитных залежей Новинка и Геофизическая. Основной пролювиальный литогенетический тип продуктивных отложений залежей мощностью от 0,6 до 8,6 м представлен так называемыми глинистыми гравелитами с примесью галечного материала от 5 до 20%. Они развиты в центральной части ложбины в виде полосы протяженностью 500 м и шириной 70–150 м. В составе обломочного материала доминируют местные породы, представленные глинистыми окатышами – 30%, кремневыми карбонатными породами – 19%, выветрелыми долеритами – 18,5%, сидеритизированными породами – 14,5%, выветрелыми доломитами и мергелями – 9,5%, песчаниками и алевролитами – 2,5%, пиритизированными и лимонитизированными породами – 1,5%. Содержание гальки и гравия кварца, кварцитов, кремней, эффузивов и кристаллических сланцев составляет всего лишь 5,5%. В 0,7 км от трубки Интернациональная в глинистых гравелитах обнаружены единичные обломки выветренных кимберлитов овалированной формы размером 3 × 5 см. Продуктивные отложения характеризуются магнетит-ильменитовой ассоциацией терригенных минералов тяжелой фракции с альмандином, пироксеном, турмалином, гроссуляром и дистеном. Постоянная доминирующая роль принадлежит аутигенным минералам – пириту, сидериту, лимониту, содержание которых обычно составляет 80–90% от веса тяжелой фракции. Минералы-спутники алмаза представлены первичной ассоциацией

пикроильменит-хромшпинель-пироповой композиции. Суммарные содержания их изменяются от десятков до тысяч зерен на 10 л. В классе –2+0,5 мм довольно часты находки обломочков кимберлита и окремнелого серпентина. Хромдиопсид отмечается в единичных знаках. Как и в коренном источнике, ведущим минералом является пироп, содержания которого варьируют от 64 в классе –4+2 мм до 395 г/т в классе –1+0,5 мм при суммарной концентрации до 459 г/т. Среднее содержание алмазов в несколько раз ниже такового трубки Интернациональная.

По кристалломорфологическим особенностям алмазы россыпи Новинка-Геофизическая близки к алмазам коренного источника трубки Интернациональная. В разрезе продуктивного пласта повышенные и высокие концентрации алмазов (при средних 4,62 кар/м³) локализованы преимущественно в приплотиковой его части.

Россыпь Новинка-Геофизическая является типичным представителем древних россыпей ближнего сноса, которая сформирована от одного высокоалмазоносного коренного источника небольших размеров. В морфогенетическом аспекте это однопластовая залежь лентообразной формы пролювиального конуса выноса алмазоносного материала из коры выветривания кимберлитов трубки Интернациональная.

К настоящему времени балансовые и забалансовые запасы алмазов россыпи Новинка-Геофизическая полностью отработаны открытым способом.

Юрская промышленная россыпь **Дачная-I** расположена на правом берегу р. Ирелях, в 2 км к югу-юго-западу от трубки Мир. Северный фланг ее примыкает к г. Мирный. Россыпь локализована в отложениях оруктахской свиты нижнего плинсбаха. Продуктивные отложения оруктахской свиты залегают с размывом на породах кембрия и образованиях коры выветривания. Небольшая по размерам и запасам россыпь Дачная-I характеризуется сложным многоярусным строением с раннеюрским и четвертичным возрастом продуктивных пластов. Продуктивный пласт включает пролювиальные отложения основания оруктахской свиты, они представлены плохо сортированными глинистыми песками аркозового и аркозово-кварцевого состава. Постоянно в них встречаются включения гравия и галек размером до 3 см окатанной и угловато-окатанной формы преимущественно кремнистого состава. В подошве пласта иногда отмечаются маломощные (0,1–0,3 м) линзы галечников с низким содержанием грубообломочного материала (25–30%) и единичными валунами кварцитов. Гальки размером 1–5 см сложены кремнями, кварцитами, роговиками, реже мергелями и доломитовыми алевролитами. Связующей массой служат глинистые пески.

Кимберлитовые минералы продуктивного пласта алмаз-пироп-пикроильменитовой композиции по сравнению с другими россыпями Иреляхского поля характеризуются сильной замельченностью всех минералов, крайне неравномерными их кон-

центрациями и сильным механическим износом минералов-спутников алмаза. Места с повышенной продуктивностью сопровождаются обычно высокими и аномально высокими концентрациями: пироба до 176 г/м^3 и пикроильменита до 110 г/м^3 . Среднее содержание алмазов в россыпи составило $0,63 \text{ кар/м}^3$.

Средний вес кристаллов в россыпи Дачная-I равен $3,4 \text{ мг}$, это в $2,5$ раза меньше, чем в трубке Мир и в россыпи Водораздельные галечники. В количественном отношении доминируют кристаллы класса $-1+0,5 \text{ мм}$, составляющие $66,4\%$. На долю камней класса $-2+1 \text{ мм}$ и $-4+2 \text{ мм}$ приходится $30,0\%$ и $3,6\%$ соответственно. По типоморфному признаку кристаллы россыпи идентичны алмазам трубки Мир.

В морфогенетическом отношении раннеюрская россыпь Дачная-I представляет собой многопластовую россыпь вторичного (переотложенного) типа пролювиального (пролювиально-озерного) генезиса. Основной плотиковый продуктивный пласт лентообразной формы сформирован, по-видимому, на месте верхнепермской россыпи без участия близрасположенных коренных источников алмазов. На это указывают сильный механический износ и гранулометрическая отсортированность минералов-спутников, частые механические повреждения и замельченность алмазов, почти полное отсутствие минералов-спутников прямого размыва кимберлитов. Основным коренным источником питания россыпи опосредованно являлась трубка Мир.

Погребенная россыпь **Глубокая** находится на правом берегу р. Ирелях, на правом склоне руч. Глубокий, в 8 км к юго-востоку от трубки Мир и в $6,5 \text{ км}$ к востоку от трубки Дачная. Россыпь Глубокая локализована в отложениях юлегирской свиты геттанг-синемюрского возраста. По результатам опробования основными литогенетическими типами пород продуктивного пласта являются слаболитифицированные конгломераты (галечники), галечно-песчаные и существенно песчаные отложения пролювиального генезиса. Грубообломочные породы образуют линзовидные пласты мощностью от $0,2$ до $2-3 \text{ м}$ с содержанием гравийно-галечного материала от 25 до 50% . В его составе часто преобладают местные породы: мергели, доломитовые алевролиты, доломиты и выветренные траппы. Хорошоокатанные экзотические гальки состоят из кремней, кварцитов, роговиков, метаморфических пород, эффузивов и гранитоидов размером $2-4 \text{ см}$. Крупные гальки ($6-8 \text{ см}$) и валуны кварцитов (до 20 см) встречаются редко. Заполнителем служит песчано-глинистый материал с большим содержанием зеленоцветных продуктов выветривания терригенно-карбонатных пород и траппов. Отличительной особенностью данных отложений является крайне низкая степень промытости и сортировки материала. Линзы промытых галечников с песчаным заполнителем встречаются редко.

Минералы-спутники алмаза образуют устойчивую пироп-пикроильменитовую ассоциацию

с подчиненной ролью хромшпинелидов. Содержание их варьирует от десятков до сотен и первых тысяч зерен на пробу в 10 л . Основная масса спутников содержится в классе -1 мм . Содержание пиропов алмазной ассоциации составляет $5,3\%$. По показателям средних хромистости ($4,5 \text{ вес.}\%$) и кальциевости ($50 \text{ вес.}\%$) они укладываются в эволюционный тренд пиропов из кимберлитов трубки Мир.

Промышленные концентрации алмазов приурочены главным образом к грубокластическим и грубозернистым разностям отложений руслового пролювия: конгломератам и галечникам с глинистым заполнителем, галечно-песчаными глинистыми образованиям и разнотернистым гравелитистым пескам. Мощность промышленно алмазоносных отложений продуктивного пласта изменяется от $0,5$ до $7,6 \text{ м}$ при среднем значении $2,17 \text{ м}$. В плане они образуют лентообразную залежь шириной до 350 м , вытянутую в субмеридиальном направлении. Содержание алмазов по выработкам варьирует от $0,12$ до $1,26 \text{ кар/м}^3$ при среднем значении $0,47 \text{ кар/м}^3$.

Средний вес кристаллов в россыпи составляет $10,8 \text{ мг}$. По классам крупности в количественном отношении алмазы распределяются следующим образом: $-8+4 \text{ мм} - 1\%$, $-4+2 \text{ мм} - 17,2\%$, $-2+1 \text{ мм} - 58,8\%$, $-1+0,5 - 23,0\%$. В габитусном спектре алмазов ламинарные октаэдры составляют $62,7\%$, переходные формы — $28,6\%$ и ламинарные ромбододекаэдры — $8,7\%$. По этому признаку они идентичны алмазам трубки Мир.

Россыпь Глубокая — это преимущественно однопластовая залежь лентообразной формы с переменным положением неоднородного продуктивного пласта по отношению к естественному плотнику. По отношению к источникам питания она классифицируется как россыпь ближнего сноса комбинированного питания: от трубки Мир (частично от трубки Дачная) и от верхнепермского алмазоносного промежуточного коллектора. В соответствии с принятой геолого-промышленной классификацией, россыпь Глубокая относится к мелким по запасам месторождениям. Запасы этого резервного месторождения района можно существенно прирастить за счет доразведки юго-восточного фланга, где ее естественным продолжением является недостаточно оцененная россыпь Мезозойская.

Древние промышленные россыпи Средне-Мархинского рудно-россыпного района. Открытие уникальных древних россыпей Средне-Мархинского района было одним из последних значимых событий в Сибирской провинции прошлого века. Оно произошло в $1994-1996 \text{ гг.}$ при выявлении высокоалмазоносных погребенных кимберлитовых трубок Ботубинская и Нюрбинская (Ботубинская экспедиция АК «АЛРОСА»), сопряженных с промышленными россыпями раннеюрского возраста. Промышленное освоение района начато в 2003 г. с эксплуатации кимберлитовой трубки Нюрбинская и одноименной раннеюрской

россыпи, локализованной в надтрубочном и околотрубочном пространстве.

Продуктивность раннеюрских россыпей прямо связана с величиной эрозионного среза трубок Нюрбинская и Ботуобинская. Общий денудационный срез кимберлитов Накынского поля реконструируется в объеме 480 м [52] (рис. 6). К продуктивным формациям относятся только континентальные отложения дяхтарской толщи и укугутской свиты.

В дяхтарское время (рэт – начало раннего плинсбаха) в районе Накынского кимберлитового поля сформировалась карстовая алмазоносная формация мощностью до 65 м, вмещающая новый

для Сибирской алмазоносной провинции промышленный тип россыпей [53]. Ее образованию, как и на всей Сибирской платформе, предшествовала триасовая эпоха корообразования, которая являлась эпохой интенсивного развития карста, сыгравшего большую роль в становлении и сохранении мезозойских россыпей алмазов. В позднем триасе на междуречье Дяхтар–Дюлюнг в пределах разломов, залеченных дайками долеритов Вилуйско-Мархинской и Средне-Мархинской зон, в области развития сильно раздробленных карбонатных пород нижнего ордовика, в полосе шириной 5–6 км и протяженностью 20–25 км образовалась масса карстовых и эрозионно-карстовых

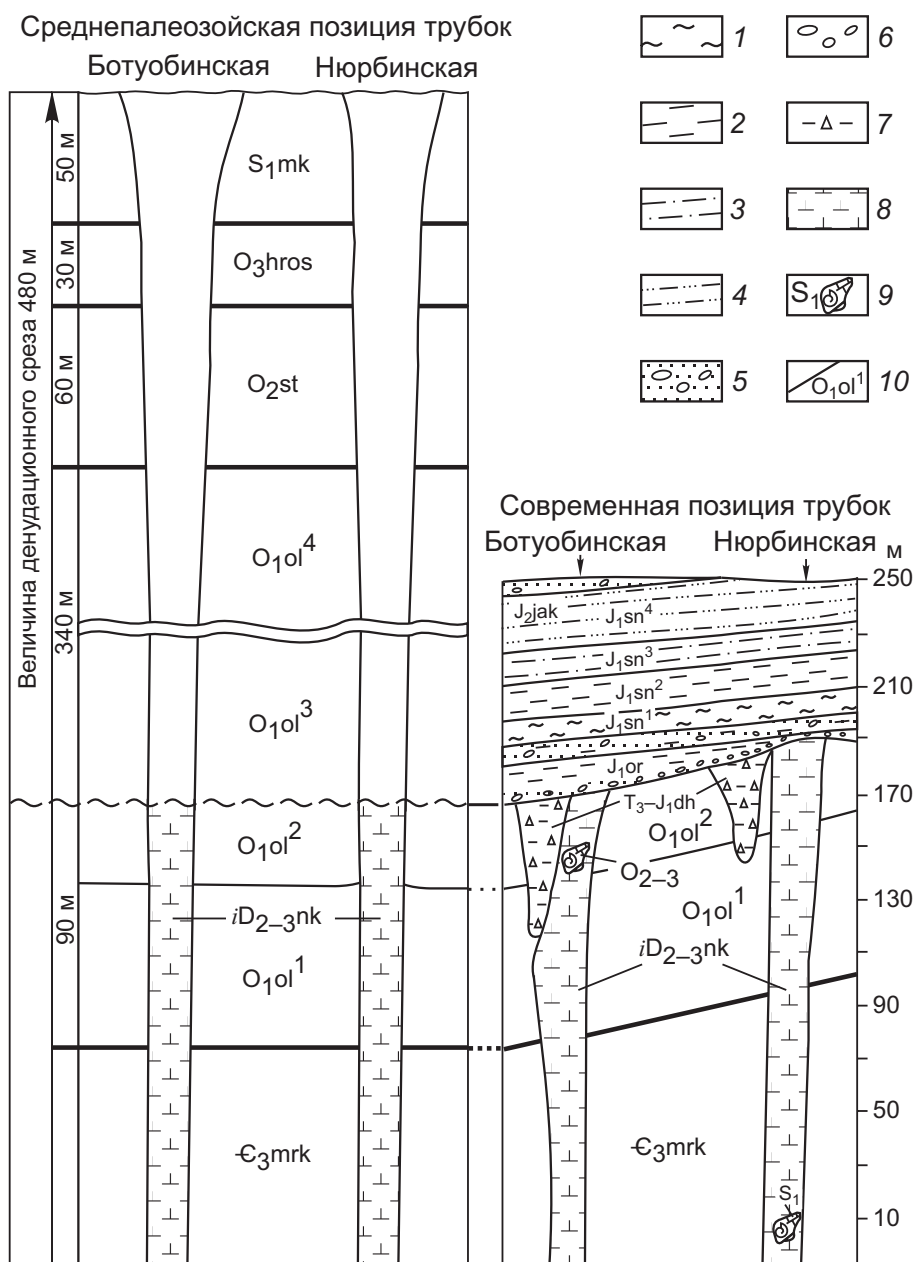


Рис. 6. Схема денудационного среза кимберлитовых трубок Нюрбинская и Ботуобинская Накынского рудно-россыпного поля [39]

1 – аргиллиты; 2 – алевролиты; 3 – песчаные алевролиты; 4 – алевропесчаники; 5 – песчаники с галькой; 6 – конгломераты; 7 – щебнистые алевролиты; 8 – датированные ксенолиты, их возраст; 9 – свиты, пакки, их возраст; 10 – геологические границы

депрессий. Состав отложений довольно пестрый и носит «мусорный» облик. Среди них выделяются следующие литогенетические типы [52; 53]: провальные и обвально-оползневые глыбовые брекчии; коллювиальные щебеночные и среднеобломочные брекчии; делювиальные разнообломочные вторичные кимберлитовые брекчии; обломочно-глинистые отложения делювиальных и делювиально-пролювиальных шлейфов – щебенчатые алевролиты и аргиллиты пестрой окраски; отложения грязекаменных селевых потоков – пестроцветные глинистые алевролиты со щебнем и галькой, разнообломочные брекчии с обособлениями песчано-галечного материала; аллювиальные отложения карстовых рек – железистые конгломераты, гравелиты, косослоистые песчаники; пролювиально-озерные отложения – пестроцветные редкощебенчатые алевролиты и аргиллиты с линзами глинистых гравелитов, с включениями обугленной растительности, бобовин и оолитов гётита, магнетита, лимонита; озерные и озерно-болотные отложения – углистые аргиллиты, отбеленные аргиллиты, линзы угля.

В пределах разведанных россыпей Ботуобинская и Нюрбинская алмазоносен весь объем дяхтарской толщи, вмещающей здесь нижнюю залежь россыпей. В строении залежи при общем сходстве наблюдаются и существенные черты своеобразия. В пределах россыпи Ботуобинская продуктивные отложения дяхтарской толщи выполняют на юго-западном фланге трубки Ботуобинская приконтактовую карстовую воронку размером 150×70 – 100 м и глубиной 57 м.

В районе россыпи Нюрбинская продуктивные отложения дяхтарской толщи околотрубочного пространия выполняют эрозионно-карстовые полости глубиной до 20,0–46,6 м и образуют делювиально-пролювиальные шлейфы. Вторичные кимберлитовые брекчии зеленой, зелено-серой и буровато-серой окраски установлены в приконтактово-карстовых полостях вблизи трубки и около южной дайки кимберлитов в виде линз и пластов мощностью от 2,6 до 21,0 м [52; 53].

В депрессиях около трубок Ботуобинская и Нюрбинская многие горизонты характеризуются турмалин-ильменитовой, ильменит-турмалиновой и ильменит-турмалин-пироп-альмандиновой ассоциациями с апатитом (0,0–32%), цирконом (до 12%), эпидотом (0,0–12,5%), лейкоксом (0,0–12,8%), рутилом (0,0–6,1%) и пиропом (0,0–7,7%). В единичных пробах циркон выступает в роли ведущего минерала. Подобные ассоциации не встречаются в перекрывающей толще юрских отложений. Максимальные содержания апатита (до 32%) установлены в отложениях с большим количеством обломков кимберлитов. В составе глинистой составляющей пород распространены каолинит, гидрослюда и минералы группы монтмориллонита, представленные в основном нонтронитом. В легкой фракции шлихов встречаются зерна хлоритизированного флогопита. Минералы-индикаторы кимберлитов не имеют признаки износа. Пиропы с келифитовой каймой, как и в коре выветривания кимберлитов, отсутствуют. Высокий процент зерен пиропов с растворенной поверхностью. Большая часть пиропов представлена осколками. Кимберлитовые минералы приконтактово-карстовых депрессий формируют эталонный образ ореолов ближнего сноса. Высокие их концентрации свойственны делювиальному, пролювиальному и пролювиально-озерным фациям.

По данным микрозондового анализа, в коре выветривания обеих трубок наблюдается относительное увеличение содержания пиропов алмазной ассоциации и уменьшение содержания хромшпинелидов алмазной ассоциации по сравнению с кимберлитами этих трубок.

По данным микрозондового анализа, в коре выветривания обеих трубок наблюдается относительное увеличение содержания пиропов алмазной ассоциации и уменьшение содержания хромшпинелидов алмазной ассоциации по сравнению с кимберлитами этих трубок.

Продуктивные отложения укугутской свиты (J_{1uk}) площадного плащеобразного распространения с размывом перекрывают алмазоносные отложения дяхтарской толщи и образования кор выветривания на кимберлитах и породах нижнего ордовика. Свита представлена в основном континентальными осадками прибрежной (приморской) равнины: алевролитами, аргиллитами, песчаниками, гравелитами и конгломератами. Мощность их изменяется от 1,5 до 18,0 м. Резко сокращенные мощности (1,5–3,5 м) над кимберлитами трубки Нюрбинская – свидетельство возвышенной диспозиции трубки во время формирования отложений свиты. Грубообломочные ее базальные горизонты вмещают верхнюю залежь россыпей, в которой в пределах Нюрбинской сосредоточены основные запасы алмазов. Продуктивный горизонт укугутской свиты неоднороден по своему составу и строению. В теле залежи выделяются следующие литогенетические разновидности пород: брекчиевидные конгломераты и гравелиты делювиально-пролювиального и пролювиального генезиса, гравелитистые алевролиты и алевролиты с редким гравием пролювиального и пролювиально-озерного генезиса. В разрезах они связаны постепенными или резкими литофациальными переходами.

По результатам литологических анализов породы продуктивной залежи укугутской свиты характеризуются олигомиктово-кварцевым составом и крупноалевритовой легкой фракцией. В составе минералов тяжелой фракции, как и в дяхтарской толще, доминируют аутигенные сидерит и пирит, а также ильменит из пород трапповой формации. Количество каждого из указанных минералов варьирует в широких пределах от 0 до 110%. При этом относительное количество ильменита в составе тяжелой фракции заметно увеличивается. Из прочих минералов в составе тяжелой фракции отмечаются эпидот, альмандин, турмалин, дистен, ставролит, пироп, хромшпинель и другие минералы.

Минералы кимберлитового генезиса образуют алмаз-хромшпинель-пироповую ассоциацию с полным отсутствием пикроильменита. Частота встречаемости минералов-спутников алмазов (МСА) в пробах высокая. Содержания их весьма неравномерные: от единичных до тысяч зерен на пробу объемом 10 л. Соотношение пиропов

и хромшпинелей $\sim 3 : 1$. Размеры зерен пиропов достигают 4 мм при резком преобладании ($\sim 95\%$) гранулометрического класса -1 мм. Более 90% зерен пироба имеют коррозионную поверхность без признаков механического износа. В цветовой гамме доминируют (95%) пиробы красно-фиолетового цвета. Размеры зерен хромшпинелей не превышают 2 мм. Обычны они с очевидными признаками коррозии. Отмечены единичные зерна хромдиопсида. По всем основным параметрам МСА из продуктивного пласта укугутской свиты идентичны таковым из кимберлитов трубок Нюрбинская и Ботубинская. Содержание пиропов алмазной ассоциации в россыпях несколько выше, чем в коренных объектах.

В Накынском кимберлитовом поле установлены две промышленные россыпи – Нюрбинская, прилегающая к трубке Нюрбинская и прослеживающаяся на юг и юго-запад, и россыпь Ботубинская непосредственно в районе одноименной трубки.

Продуктивный пласт обеих россыпей представлен нижней (дяхтарская толща) и верхней (укугутская свита) залежами, слагающими единый пласт. В морфологическом отношении нижняя полигенная залежь представляет собой россыпь карстовых полостей, воронок и эрозионно-карстовых депрессий линзовидной и плащевидной формы преимущественно делювиально-пролювиального, пролювиального и пролювиально-озерного генезиса. Верхняя залежь относится к категории россыпей конусов выноса пластовой формы пролювиального и пролювиально-озерного генезиса. Уровень алмазности как дяхтарской, так и укугутской свит существенно повышается по мере приближения к кимберлитовым трубкам. Основные запасы алмазов дяхтарской толщи приурочены к эрозионно-карстовым депрессиям, развитым в зоне контакта кимберлитовых тел с вмещающими карбонатными породами. Россыпи Нюрбинская и Ботубинская являются классическими россыпями ближнего сноса.

Россыпь Нюрбинская уникальна по запасам алмазов, она разведана и активно эксплуатируется ПАО «АЛРОСА».

Распределение алмазов в россыпи весьма неравномерное, гнездово-струйчатое. Максимальной продуктивностью характеризуются россыпные коллекторы над трубкой и в ближайшем окрестном пространстве (рис. 7). Эта тенденция наиболее четко выражена в породах дяхтарской толщи. В укугутской свите точки с высокими содержаниями алмазов отмечаются по всей площади россыпи.

Основная особенность распределения алмазов в вертикальном разрезе россыпи в первую очередь определяется наличием двух разновозрастных алмазносных залежей и их литологией. Породы укугутской свиты более алмазносны. Среди проб из укугутской свиты фиксируется относительно пониженное количество проб с нулевыми содержаниями и повышенное количество проб, где среднее содержание превышает каратный уровень.

В составе верхней укугутской залежи выделяются две основные разновидности алмазносных пород: мелкогалечные конгломераты на глинисто-алевритовом цементе и гравелитистые алевриты. Максимальная алмазность этих пород превышает десятки карат в 1 т породы. Породы нижней, дяхтарской залежи, менее алмазносны, хотя максимальные содержания равнозначны уровню алмазности укугутской свиты. Количество проб, не содержащих алмазы, составляет 36,5%, а с содержанием алмазов свыше 5,0 кар/т – 10,4% [52]. Среди литологических разновидностей пород дяхтарской свиты какие-либо закономерности по уровню алмазности не отмечаются. Уверенно повышенной алмазностью выделяются образования дяхтарской свиты, содержащие обломки кимберлитов. Распределение алмазов в плане залежи неравномерное, максимальные концентрации установлены вблизи южного фланга кимберлитового тела и далее концентрированный шлейф алмазов трассируется в юго-западном направлении от трубки Нюрбинская, т. е. совпадает с направлением переноса материала в дяхтарское время. В вертикальном разрезе дяхтарской залежи прослежена закономерность снижения уровня алмазности в нижней части разреза.

Ситовые характеристики алмазов не отличаются от характеристик алмазов коренных пород трубок Нюрбинская и Ботубинская (табл. 3).

Россыпь Ботубинская. Россыпь по своему строению сходна с россыпью Нюрбинская, но отличается более низкими параметрами алмазности и небольшими запасами. Алмазносный пласт слагают базальные отложения укугутской свиты над кимберлитовой трубкой и дяхтарские образования, выполняющие карстовую воронку у юго-западного фланга трубки. Распределение алмазов в разрезе продуктивного пласта весьма неравномерное – гнездово-струйчатое. Повышенное содержание алмазов наблюдается в породах укугутской свиты над кимберлитовым телом. Высокие концентрации алмазов установлены в дяхтарской толще в пределах карстовой воронки. Наиболее алмазносными породами продуктивного пласта являются базальные гравелиты укугутской свиты. Содержание алмазов в них достигает десятки карат в 1 т песков. Песчанники с галькой и гравием, включенные в состав продуктивного пласта укугутской свиты, менее алмазносны. В разрезе дяхтарской толщи алмазносны все литологические разновидности пород, выполняющие карстовую воронку. Максимальные концентрации алмазов отмечаются в породах, содержащих обломки кимберлитов, и в глинистых гравелитах. В этих породах содержание алмазов достигает десятков карат в 1 т. В штреке шахты Надежда, в зоне экзоконтакта установлена вертикальная карстовая полость, заполненная песчано-дресвяно-гравийным материалом. Дресвяно-гравийные зерна преимущественно представлены кимберлитами. Порода содержит высокие концентрации пиропов и видимые ураганные концентрации алмазов. Повышен-

ными содержаниями алмазов в дяхтарской толще выделяются глинистые гравийники, где по частным пробам содержание алмазов достигает нескольких каратов в 1 т породы. В основании разреза эрозионно-карстовых депрессий, сложенном щебни-

сто-глинистыми образованиями провально-оползневового генезиса, содержание алмазов значительно ниже и не превышает 1–2 каратов на 1 т. Во всех разновидностях пород в вертикальном разрезе и в плане распределение алмазов весьма

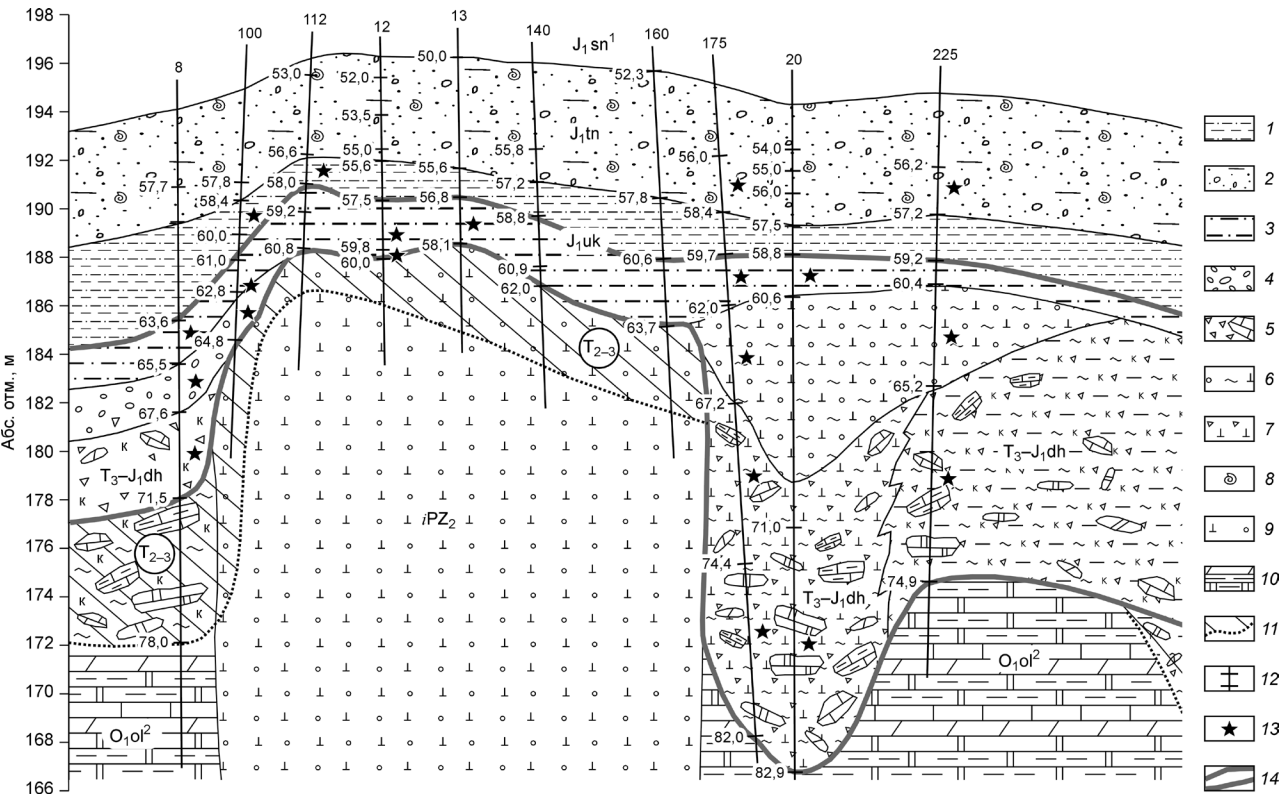


Рис. 7. Россыпь алмазов Нюрбинская [52]

1 – алевролиты; 2 – тонкозернистые песчаники с галькой; 3 – гравелистые алевролиты; 4 – брекчиевидные конгломераты; 5 – брекчия; 6 – перетолщенная дресва кимберлитов; 7 – вторичные кимберлитовые брекчии; 8 – находки фауны; 9 – автолитовые кимберлитовые брекчии; 10 – терригенно-карбонатные породы; 11 – кора выветривания; 12 – интервалы отбора керновых проб; 13 – пробы с промышленным содержанием алмазов; 14 – границы продуктивного пласта

Таблица 3

Гранулометрический состав алмазов месторождений Накынского поля

Наименование трубок, россыпей	Всего изучено		Сред. вес	Классы крупности, %, кол/вес			
	шт.	мг		–8+4	–4+2	–2+1	–1+0,5
Трубка Ботубобинская	19 398	34 639	1,8	0,09/9,6	2,17/32,0	17,52/33,5	80,22/24,9
Трубка Нюрбинская	6031	15 907	2,6	0,1/8,0	2,28/30,6	18,67/37,2	78,95/24,1
Россыпь Нюрбинская							
Укугутская свита	1592	4206,8	2,6	0,1/6,8	2,1/30,9	21,7/39,5	76,1/22,8
Дяхтарская свита	1190	4227,1	3,6	0,3/13,7	3,5/36,0	24,0/33,5	72,2/16,8
Тюнгская свита	93	192,8	2,1	0,0/0,0	5,4/52,8	20,4/21,6	74,2/25,6
Россыпь Ботубобинская							
Укугутская свита	123	273,6	2,2	0,0/0,0	0,8/8,4	23,6/62,4	75,6/29,2
Дяхтарская свита	1063	2527,5	2,4	0,1/7,5	1,6/23,4	20,4/42,2	77,9/26,9
Тюнгская свита	22	33,1	1,5	0,0/0,0	4,6/32,9	9,1/23,3	86,4/43,8

неравномерное, чередуются пробы с высоким содержанием и не содержащие алмазов. В плане эрозионно-карстовой депрессии максимальные содержания установлены в ее центральной части и в пределах северо-восточного борта, где алмазные породы залегают над кимберлитами.

Алмазы из коренных месторождений и связанных с ними россыпей изучались в Ботуобинской экспедиции и ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА» (В. И. Банзерук, В. И. Коптиль). Распределение камней по классам крупности в россыпях и их коренных источниках довольно близкое, но уже намечается незначительная тенденция снижения доли мелких классов (табл. 3). Несмотря на небольшие изменения ситовых характеристик алмазов, россыпи Накынского кимберлитового поля можно использовать как эталонные объекты россыпей ближнего сноса, так как распределение в них алмазов более приближено к коренным источникам, чем в таких россыпях ближнего сноса как Лог Хабардина и россыпь Новинка в Мало-Ботуобинском алмазоносном районе.

Кристалломорфологические особенности алмазов из россыпей полностью соответствуют алмазам коренных источников. Их подавляющее большинство представлено алмазами первой разновидности – 87,5% (по Ю. Л. Орлову) при равном соотношении ламинарных кристаллов ряда октаэдр–додекаэдр, составляющих 82,5% при значительной доле камней четвертой разновидности (10,7%) и восьмой (1,8%). Как и в кимберлитах Накынского поля в россыпях встречаются экзотические алмазы IV разновидности (алмазы в оболочке), которые в Сибирской алмазоносной провинции в повышенных концентрациях установлены в трубке Айхал и кимберлитах Лучеканского поля. Характерной особенностью алмазов является высокое содержание кристаллов с признаками природного травления. Они характеризуются низкой степенью трещиноватости и невысоким (23,8–29,0%) содержанием кристаллов с твердыми включениями. Среди твердых включений резко преобладают эпигенетические графит-сульфидные включения (18,1–20,6%), реже графитовые (2,5–7,2%). Общее содержание сингенетических включений является наиболее низким по сравнению с известными месторождениями и не превышает 0,4–0,9% общего количества кристаллов. Они преимущественно представлены ультраосновной (оливин + хромит, реже пироп малиновый) и эклогитовой (гранат оранжевый + омфациит) ассоциацией.

Мезозойские потенциально промышленные россыпи Лено-Анабарской субпровинции. В Лено-Анабарской алмазоносной субпровинции наиболее масштабные потенциально промышленные россыпи сконцентрированы в основании карнийского и рэтского ярусов в Приморском и Нижне-Оленёкском районах (рис. 2, 8).

На северо-востоке Сибирской платформы наиболее выдержанным продуктивным древним коллектором алмазов является осадочно-вулканоген-

ное основание карнийского и ладинского ярусов [7; 10; 11; 16; 31; 37], прослеживаемое от Западного Верхоянья до Анабарской губы в пределах Приморской минерагенической зоны, которая подчеркивается серией разломов субширотного направления. В составе этих отложений описаны алмазоносные туффиты, которые выделены в дальнейшем в ангардамтасский вулканический алмазоносный гидроэксплозивно-обломочный комплекс [6], слагаемый лапиллиевыми туфами, ксенотуфами, туффитами, формированием которых проходило при активной роли фреатомагматических процессов [9]. В свою очередь, ангардамтасский комплекс разбит на две пачки: кенгдейскую [26], установленную в кровле ладинского яруса в Западном Верхоянье и крыже Чекановского на хр. Ангардам-Таса, и булкурскую [7], которая повсеместно залегает в основании осипайской свиты карнийского яруса. По нашему представлению, выделение кенгдейской пачки недостаточно обосновано и, возможно, это связано с фациальными особенностями осипайской свиты.

Максимальные концентрации алмазов в булкурской пачке были выявлены на левом берегу устьевом отрезка р. Лена на западном склоне Булкурской антиклинали, где поисково-оценочные работы проводит ООО «Арктическая горная компания». К настоящему времени на Булкурской антиклинали этой компанией пройдено более 7 тыс. пог. скважин и оценены прогнозные ресурсы для открытой разработки, которые превышают 15 млн кар, что выводит только этот объект в разряд уникальных. При этом не следует забывать, что промышленные концентрации алмазов в основании осипайской свиты еще зафиксированы в дельте р. Оленёк [11], на о. Таас-Ары и хр. Туора-Сис [39; 41], что свидетельствует о высоких перспективах Приморского района (рис. 8).

Результаты петрографических и минералогических исследований алмазоносных пород булкурской пачки показывают, что их образование главным образом связано с фреатомагматической деятельностью. Данные породы по своему химическому составу [10] не похожи на известные коренные месторождения алмазов и, возможно, мы имеем дело с новым типом алмазоносных пород, условно назовем их «булкуриты». Есть мнение [5], что, учитывая небольшую долю ильменита и высокий процент титанистых шпинелидов, источники ближе к слюдястым кимберлитам – оранжитами, но полное замещение силикатных минералов и обломков пород не позволяют сделать однозначный вывод. Минеральный состав тяжелой фракции туфогенных пород уникален по широкому спектру цветовых разновидностей пиропов и их ураганному содержанию.

Осадочно-вулканогенные породы булкурской пачки отличаются высокой алмазоносностью, где впервые определены алмазы V+VII разновидностей по классификации Ю. Л. Орлова [26]. Предполагается, что формирование россыпей с едиными типоморфными особенностями алмазов на большой территории северо-востока Сибирской

платформы обусловлено тем, что эксплозии алмазонасных туфов охватывали значительные площади в позднепадинское и раннекарнийское время, а затем кратерные фации перерабатывались и перемещались в рэтскую и плинсбахскую трансгрессии. Фактически максимальное развитие раннеюрской трансгрессии фиксируется областью распространения экзотических алмазов V+VII разновидностей [8; 12] при разной степени их окатанности, максимальной на юге и юго-западе провинции и минимальной на севере.

Возраст коренных источников алмазов исследуемых пирокластических образований может характеризоваться кимберлитовыми цирконами средне-позднетриасового тектоно-магматического этапа, уверенно прослеживающихся в более молодых мезозойских и кайнозойских промышленных россыпях, где отсутствуют средне-поздне-палеозойские спектры цирконов, типичные для

коренных месторождений алмазов центральной части Якутии [18]. Любопытно, что возраст андезитов и риолит-дацитов, гальки (ксенолиты) которых типичны для туфов булкурской пачки, тоже триасовый [15].

Триасовая россыпь Булкур. Триасовая россыпь Булкур прослеживается на западном склоне одноименной антиклинали на левом берегу р. Лена от устьев рек Согуду-Мастах до Балаганнах (рис. 8). Характеристика месторождения достаточно широко освещена в литературе [5; 7; 9; 10; 13; 32; 36].

По данным бурения установлено, что алмазонасные породы булкурской пачки основания карнийского яруса залегают на кварцевых континентальных песчаниках туус-балыкской пачки ладинского яруса. Они перекрываются алевролитами или аргиллитами органогенными в подошве,

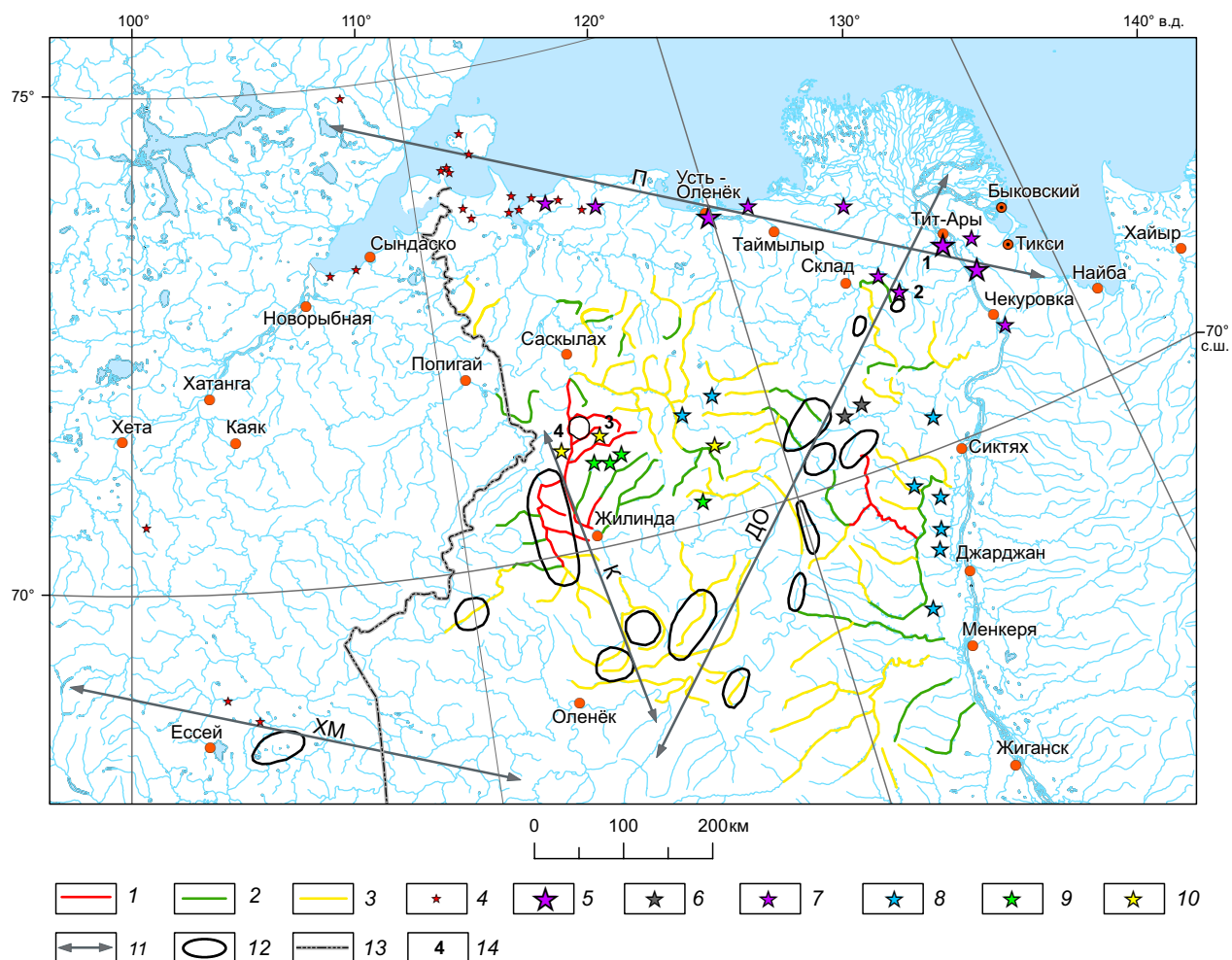


Рис. 8. Схема древней и четвертичной алмазонасности Лено-Анабарской субпровинции

1–4 – россыпные месторождения и проявления алмазов: промышленные четвертичные россыпи эксплуатируемые (1), россыпи средней и низкой продуктивности (2), россыпи с убогой алмазонасностью (3), единичные находки алмазов в четвертичном аллювии (4); 5–10 – находки алмазов в древних промежуточных коллекторах с ураганными (5) и средними, низкими (6–10) значениями алмазонасности: в каменноугольных (6), триасовых (7), юрских (8), меловых (9) и неогеновых (10) отложениях; 11 – осевые части минерагенических зон: Далдыно-Оленёкской (ДО), Куонамской (К), Приморской (П), Харамайско-Мунской (ХМ); 12 – кимберлитовые поля; 13 – административная граница; 14 – потенциально промышленные и промышленные древние россыпи: 1 – Булкур, карнийский ярус, 2 – Никабыт, рэтский ярус; 3 – неогеновые россыпи бассейнов рек Эбелях и Биллях, 4 – неогеновые россыпи левобережья р. Анабар

по нашему мнению, являющимися основанием трансгрессивной пачки осипайской свиты карнийского яруса. В подстилающих песчаниках ладинского яруса установлены вертикальные секущие трещины и пустоты, заполненные туфовым материалом, по составу не отличающимся от присутствующего в туфогенных породах продуктивной пачки. По изученным скважинам мощность булкурской пачки варьирует от 0,0 до 7,6 м, в среднем составляя 1,3 м.

Слагая западное крыло Булкурской антиклинали, продуктивный пласт довольно круто погружается на запад под углами 20–25° на севере и 30–40° в центральной и южной частях россыпи.

При петрографических исследованиях алмазные осадочно-вулканогенные породы булкурской пачки на основе классификации [1] были объединены в туфы (пирокластиты 90–100%), ортотуффиты (пирокластиты 50–90%), паратуффиты (пирокластиты 10–50%) [5]. По изученным разрезам ксенотуфы, туфоконгломераты и лапиллиевые туфы залегают как в основании булкурской пачки, так и в ее средней части. Характерна резкая фациальная изменчивость. Тонкие линзы (1–2 см) туфов и туффитов встречаются по всему разрезу вулканогенно-осадочных пород вплоть до «ракушняков». Ксенотуфы, реже туфоконгломераты, слаболитифицированные, прослоями плотные буровато-коричневые, средне-крупногалечные, с иллитовым и шамозитовым гравием. Среди округлой гальки (ксенокластов) преобладают кислые и средние породы. В разрезе встречаются вулканические бомбы и миндалины, выполненные кальцитом до 2 см [7]. Визуально фиксируются неокатанные пиропы с хлоритовыми и келифитовыми каймами и примазками. Связующая масса неравномерно карбонатизирована, слой пронизан тонкими жилами кальцита, часто встречается галька (ксенокласты) в кальцитовый рубашке.

Туфогравелиты довольно распространены в разрезах булкурской пачки. При петрографических исследованиях установленная в них примесь вулканогенного материала обычно превышает 50%, и поэтому они относятся к ортотуффитам. Это породы коричневатого-зеленоватого-серые, серые с мелкими лапиллями, которые образуют тонкие линзы или неравномерно рассеяны по слою. Туфогравелиты обычно перемежаются с грубозернистыми туфопесчаниками. Порода насыщена углефицированным растительным детритом и может быть интенсивно карбонатизированной.

Туфопесчаники содержат вулканогенный материал менее 50%, поэтому они отнесены к паратуффитам. Это зеленоватого-серые, серые породы среднеслоистые с углистым детритом и невыдержанными прослоями темно-буровато-серых (туфо?) алевроаргиллитов.

В кровле булкурской пачки залегает слой туфоалевропесчаников зеленоватого-серых мелкозернистых, тонкослоистых, биотурбированных, насыщенных тонкими прослоями темно-серых аргиллитов. Иногда фиксируются прослои туфогравелитов или

грубозернистых песчаников, содержащих лапиллиевые линзы и другую пирокластику.

Перекрывают булкурскую пачку темно-серые аргиллиты в основании с многочисленной фауной карнийских двустворок.

Таким образом, булкурская пачка объединяет группу вулканогенно-осадочных пород чрезвычайно изменчивых по составу и количеству пирокластического материала. Те же гравелиты или песчаники могут содержать большую или меньшую долю вулканогенного материала, что напрямую влияет на алмазоносность пород.

В составе легкой и тяжелой фракций пород булкурской пачки (туфов, пара- и ортотуффитов) наиболее распространенным минералом является хлорит, его доля по отдельным пробам достигает 90–99%. Минеральный состав туфогенно-осадочных изменчив. Даже в пределах одной буровой линии, но в разных скважинах содержание хлорита может резко падать, замещаясь лимонитом (72%), пиритом (до 72%), лейкоксеном (46%), и реже сидеритом (5–8%), магнетитом (4%). Для туфов характерно повышенное содержание титановых минералов – рутила, анатаза и лейкоксена. Так, по линии 76 содержание титановых минералов достигает 53% (лейкоксен – 46% + рутил – 4% + анатаз – 3%). По Булкурской антиклинали ярким признаком неперемещенных и не переотложенных туфогенных пород является то, что в породах минимальна примесь кварца и максимальные концентрации гидрослюда (иллита) и хлорита [9]. Для туфов типично наличие большого количества минеральных сростков (лейкоксен + шамозит – 12%, лейкоксен + рутил – 0,8%) и лапиллей шамозита и иллита.

Ранее в канаве БГ1/ХГ56 описаны вертикальные трещины в подстилающих туфы ладинских песчаниках [7], которые заполнены вулканогенным материалом. Они по минералого-петрографическому составу и алмазоносности идентичны туфам основания булкурской пачки. В настоящее время вертикальные подводящие трещины, заполненные туфами, описаны (по данным бурения) на более глубоких горизонтах ладина. Тяжелую фракцию данных образований слагают: пирит (53%), лейкоксен (38%), хлорит (4%), пироп (3%) и хромшпинелид (2%).

В кровле булкурской пачки описан выдержанный пласт зеленоватого-серых туфоалевропесчаников. Иногда в этом слое наблюдаются тонкие линзы туффитов, которые выделяются желтовато-коричневым цветом. Минеральный состав «чистых» без туфовых линз туфоалевропесчаников представлен: сидеритом (74%), хлоритом (20%) и пиритом (6%), легкая фракция в существенной доле содержит кварц – 16%. В породе встречаются единичные зерна пиропов.

Минеральный состав тяжелой фракции туфогенных пород основания булкурской пачки является уникальным по содержанию и широкому спектру цветовых разновидностей пиропов, в подчиненном количестве встречаются хромшпинелид, значительно реже пикроильменит. В составе

тяжелой фракции туфов доминируют минералы-индикаторы кимберлитов (МИК), зачастую их содержание превышает половину веса. В тяжелой фракции необычно высока доля рутила, анатаза и лейкоксена, количество которых имеет прямую корреляционную связь с концентрациями пиропов и алмазонасностью образований. Максимальные концентрации пиропов отмечаются в лапиллиевых туфах и ксенотуфах Булкурской антиклинали. Концентрации пиропов булкурской пачки и их весовая доля в составе тяжелой фракции превышает таковую известных коренных месторождений алмазов Якутии [9]. Содержание пиропов пород булкурской пачки превышает аналогичные показатели россыпей ближнего сноса от высокоалмазоносных кимберлитов трубок Мир и Интернациональная Мало-Ботубинского района (табл. 4).

Пироп встречается в тяжелой фракции туфов во всех классах крупности, повышенное количество характерно для класса $-1+0,5$ мм и $-0,5+0,25$ мм, такое распределение типично и для кимберлитов. Он представлен преимущественно обломками и осколками трещиноватых зерен с поверхностями протосколов, на которых порой отмечается тончайший микрорельеф магматического растворения. Следы гипергенных преобразований (кубоидного и дислокационного типов растворения) на поверхности зерен пироба не наблюдаются. В северной части россыпи содержания пироба достигают 3,4 тыс. кар/т, пикроильменит в этом интервале линий отсутствует или его концентрации редко достигают 50–70 зн. Аномальное содержание пикроильменита составило 145 зн. или 0,1 кар/т на 114 линии в районе р. Булкур. Если содержание пиропов в пределах одной линии относительно выдержано, то распределение пикроильменита и хромшпинелида крайне неравномерно и на участках с их максимальным содержанием по соседним скважинам могут фиксироваться лишь единичные знаки. Типомофные особенности

хромшпинелидов и пикроильменита Булкурской антиклинали освещены ранее [7; 10; 33; 41; 44].

Пиропы в туфах на участке Булкур (рис. 2, 8) не изношены, для них характерен пирамидально-черепитчатый тип коррозии и встречаются зерна с келифитовыми каймами. Кроме пиропов, хромшпинелидов и пикроильменитов среди глубинного (мантийного) материала в туфах северного фланга Булкурской антиклинали обнаружено небольшое (5 мм) округлое включение эклогита, состоящее из желто-оранжевого граната и полностью замещенного ярко-зеленым хлоритом омфацита [9].

Среди пиропов булкурской пачки присутствуют зерна всех цветовых разновидностей, значительная доля оранжевых знаков. Максимальное содержание оранжевых пиропов отмечено в туфах западного склона Булкурской антиклинали.

Основная часть пиропов из продуктивных отложений Булкурской антиклинали имеет ультраосновной парагенезис с преобладающим лерцолитовым составом. Отчетливо прослеживаются низкие содержания верлитового и алмазоносного дунит-гарцбургитового парагенезисов и значительная доля гранатов Э-типа. Подобное распределение является характерным для алмазоносных кимберлитов мира, например, для алмазоносных кимберлитов трубки Орапа в Южной Африке [55] и Накынского поля в Якутской алмазоносной провинции (ЯАП) [22]. Содержание гранатов алмазной дунит-гарцбургитовой ассоциации [45] варьирует от 0,0 до 1,4%. Составы пиропов перидотитовых парагенезисов участка Булкур наиболее близки к составам пиропов из алмазоносных кимберлитов трубки Заполярная Верхне-Мунского кимберлитового поля. Установленный весовой процент пиропов алмазоносных железисто-магнезиальных эклогитов (G3) в булкурской пачке сопоставим с распространенностью данного пироба в кимберлитах Накынского поля – трубки Ботубинской.

Таблица 4

Содержание пиропов в вулканогенно-осадочных породах булкурской пачки и россыпях ближнего сноса Мало-Ботубинского района

Наименование россыпей	Породы	Содержание пиропов, г/т		
		–1 мм	+1 мм	всего
Булкур	Лапиллиевые туфы	685	67,4	752,4
	Ксенотуфобрекчии	497,8	132,6	630,4
	Подводящие жилы туфов	313,2	13,4	326,6
Водораздельные галечники	Глинисто-песчаные образования Нижней залежи	н/д	н/д	170,0
	Глинистые пески с галькой Основной залежи	н/д	н/д	400
Новинка-Геофизическая	Глинистые гравелиты	395	64	459
Дачная-1	Глинистые пески с галькой	н/д	н/д	176

Среди экологитовых пиропов булкурской пачки значительный процент зерен с повышенным оксидом марганца (более 0,5%) может свидетельствовать о высокой алмазонасности коренного источника [44; 46].

Алмазонасность пород Булкурской россыпи. Вулканогенно-осадочные породы россыпи Булкур характеризуются высокой алмазонасностью, при максимальных значениях 13,0 кар/м³ средняя продуктивность составляет 4,47 кар/м³. Однако такой высокой алмазонасностью характеризуются туфы, лапиллиевые туфы, ксенотуфы и коры выветривания по ним, которые залегают в основании булкурской пачки и вскрывались канавами НПО «Аэрогеология» (по неопубликованным материалам Ю. М. Сибирцева, 1982; 1985), ОАО «Ниже-Ленское» (по неопубликованным материалам С. А. Граханова, 2009; 2013), ООО «АГК» (по неопубликованным материалам С. А. Граханова, 2024). Средняя и верхняя части разреза булкурской пачки, сложенная туфогравелитами, туфопесчаниками и туфоалевролитами, не опробована шурфами, и их промышленная алмазонасность остается под вопросом. Авторы подметили прямую корреляционную связь между содержанием крупных пиропов (+1 мм) и алмазонасностью. Учитывая результаты кернового опробования скважин, отмечено, что туфогравелиты и грубозернистые туфопесчаники содержат пиропы в высоких концентрациях, что повлечет за собой и промышленную алмазонасность данных пород.

Величина алмазов из туфогенно-осадочных пород Булкурской россыпи колеблется в широких пределах – от долей миллиграмма до 5,16 кар (кристалл пятой разновидности, уч. Булкур, НПО «Аэрогеология», 1982). Алмазы из туфов и туффитов Булкурской антиклинали по количественному распределению соответствуют таковым из коренных кимберлитов или россыпей ближнего сноса [17]. На примере участка Тумул (дельта р. Оленёк), где изучены прибрежно-морские россыпи, видно, что, перебив алмазонасных туфогенных пород в этих условиях четко прослеживается увеличение крупности (табл. 5), сортирован-

ности и окатанности кристаллов, выносом мелких классов [11].

Типоморфные особенности алмазов Булкурской россыпи отличны от таковых из коренных источников и палеозойских россыпей северо-востока Сибирской платформы, но имеют полное сходство с кристаллами мезозойских и кайнозойских россыпей (табл. 6).

Туфогенные породы триасовых россыпей являются наиболее древними, в них установлены алмазы северного или эбеляхского типа (V+VII разновидности) по [34], составляющие основную долю в уникальных россыпных месторождениях Лено-Анабарской субпровинции [39]. Характерной особенностью изученных алмазов (табл. 6) из карнийских туфов, туффитов и туфоконгломератов является высокое содержание серых, переполненных включениями графита кристаллов V разновидности и сложных двойников и сростков додекаэдров VII разновидности [34] с легким (в среднем $\delta^{13}\text{C} = -22,5\text{‰}$) изотопным составом углерода [24]. С ними ассоциируют (5–10%) желто-оранжевые кубоиды II разновидности с промежуточным изотопным составом углерода (в среднем $\delta^{13}\text{C} = -13,6\text{‰}$) [24]. Среди кристаллов I разновидности преобладают типичные округлые скрытослоистые додекаэдровиды (уральский тип) при сравнительно низком содержании додекаэдровидов с шагренью и полосами пластической деформации (жильный тип) и ламинарных алмазов. В дальнейшем этот необычный спектр алмазов прослеживается в норийских, рэтских, ниже- и верхнеюрских, нижнемеловых и кайнозойских россыпных проявлениях и месторождениях алмазов северо-востока Сибирской платформы (табл. 6). В Булкурской россыпи встречаются экзотические кристаллы кубической формы III, IV разновидностей, в том числе в классе –8+4 мм [32]. Эта разновидность довольно экзотическая и в установлена в трубках Удачная, Ботубинская, Нюрбинская и промышленных телах Верхне-Мунского поля [24].

Механический износ истирания на алмазах всех разновидностей в туфогенных породах Булкурской

Таблица 5

Гранулометрический состав алмазов из туфогенно-осадочных пород

Россыпь	Всего извлечено		Средний вес	В том числе по классам крупности, %							
				–8+4		–4+2		–2+1		–1+0,5	
	шт.	мг	мг	шт.	мг	шт.	мг	шт.	мг	шт.	мг
Прибрежно-морская, мыс Тумул	85	4100,0	48,2	3,5	13,5	81,3	86,1	7,0	0,3	8,2	0,1
Булкурская, север	285*	3155,4	11,1	0	0	36,1	65,9	51,9	33,0	12,0	1,1
Булкурская, центр*	428	6535,1	15,3	0,2	2,6	43,7	82,5	42,5	14,2	13,6	0,7
Булкурская, юг	125	966,0	7,7	0,8	15,5	20,7	56,4	39,7	26,2	38,8	1,9

* в данной точке геологами НПО «Аэрогеология» был найден кристалл 5,16 кар

**Типоморфные особенности алмазов из древних россыпей и кимберлитов
северо-востока Сибирской платформы [7]**

Разновидности алмазов по Ю. Л. Орлову (1984 г.), %										
Наименование кимберлитовых трубок и россыпей, возраст	I					II	III	IV	V+VII	VIII
	ламинарные	округлые			сумма					
		уральского типа	жильного типа	сумма						
Кимберлиты севера Сибирской алмазоносной провинции [24]										
Дьянга, J ₂₋₃	20,6	0,3	53,8	54,1	93,9	3,3	0,0	2,5	0,0	0,0
Малокуонапская, T ₃	64,0	4,8	9,6	14,4	97,6	2,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Ленинград, PZ ₂₋₃	57,6	6,3	18,7	25,0	95,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5
Верхний палеозой, нуччаюрегинская свита [24]										
Река Кютюнгде, C ₁	75,9	6,9	4,3	11,2	88,2	0,5	0,0	9,7	0,0	0,0
Триасовые россыпи карнийского яруса булкурской пачки										
Прибр.-морская, мыс Тумул, T _{3os}	17,9	35,9	7,7	43,6	62,8	1,3	0,0	2,6	33,3	0,0
Булкурская, север, T _{3os}	19,2	41,6	7,9	49,5	70,6	3,3	0,0	0,5	22,9	0,0
Булкурская, центр, T _{3os}	19,7	49,1	4,8	53,9	75,1	2,3	0,0	2,0	22,5	0,0
Булкурская, юг, T _{3os}	21,6	49,9	7,6	57,5	79,1	1,3	0,8	1,3	18,8	0,0
Триасовые россыпи рэтского яруса булунканской свиты [12]										
Водораздел рек Никабыт и Келимяр, T _{3bl}	22,4	24,7	8,2	48,4	72,3	6,3	0,0	2,3	19,1	0,0
Раннеюрские россыпи чымарской свиты [8]										
Верховье р. Куойка, J _{1cm}	21,1	50,0	7,9	57,9	86,9	2,6	0,0	0,0	10,5	0,0
Позднеюрские россыпи чонокской свиты [24]										
Междуречье Лена–Молодо–Сюнгуе, J _{3cn}	27,2	20,4	11,4	31,8	81,2	2,3	0,0	2,3	13,6	0,0
Меловые россыпи [39]										
Карстовые воронки в бассейне р. Эбелях, K ₁	19,1	15,6	12,0	27,6	58,2	2,8	0,7	0,7	35,5	2,1
Неогеновые россыпи эбеляхской свиты [39]										
Карстовая депрессия в верховьях р. Биллях, N _{2eb}	21,2	10,0	15,7	25,7	55,5	2,2	0,2	0,0	41,6	0,5
Четвертичные промышленные россыпи [39]										
Россыпь р. Эбелях	14,1	16,2	20,3	36,5	62,9	3,6	0,2	0,5	30,9	0,2

антиклинали не фиксируется, но появляется на камнях V и VII разновидностей из прибрежно-морских образований на мысе Тумул.

Содержание азота в алмазах из туфогенных и туфогенно-осадочных пород Булкурской россыпи подчеркивает общность их коренного источника.

На кристаллах первой, третьей, пятой и седьмой разновидностей из туфогенных пород Булкурской антиклинали были изучены пленки и примазки [32; 36]. На поверхностях кристаллов алмазов в пленках и примазках установлены: альмандин, альбит, галотрихит, жадеит, иллит, кальцит, мелантерит, нонтронит, рутил, тюрингит и шамоцит. Анализ минеральных фаз позволяет выявить минеральные ассоциации, отражающие условия кристаллизации алмазов, их транспортировки к поверхности и последующих диагенетических преобразований алмазоносных пород [36]. Минералы группы сульфатов (натриевые и калиевые квасцы, галотрихит в парагенезисе с мелантеритом) образуются в областях активной вулканической деятельности [55] и при кислотном выщелачивании силикатных пород в условиях взаимодействия продуктов вулканической деятельности с морской водой. Образование слабо растворимого сульфата железа – мелантерита может также объясняться окислением пирита и пирротина, присутствующих среди исследованных фаз. При условии вулканогенного образования сульфатов в замкнутых водных бассейнах этот процесс закономерно сопровождается галогенезом, ведущим к образованию галогенных соединений и карбонатов. Таким образом, присутствие на поверхности алмазов из булкурской пачки фаз галита, сильвина, их механических смесей и сопровождающего галогениды кальцита, еще раз подчеркивают фактор образования вышеописанных поверхностных фаз в зоне активной вулканической деятельности в условиях морского бассейна [3].

При изучении изотопного состава алмазов из туфогенно-осадочных пород Булкурской антиклинали [13] установлено, что кристаллы с легким изотопным составом углерода слагают не только пятую и седьмую разновидности (эбеляхский тип), но и значимую долю среди округлых кристаллов I разновидности уральского или жильного типа. Легкая изотопия кристаллов эбеляхского типа и округлых первой разновидности хорошо коррелируют с высокими концентрациями азота.

Рэтская россыпь Никабыт. Рэтские россыпи сформированы в базальном горизонте булунканской (хотугинской) свиты. Булунканская свита (верхний триас, рэтский ярус) выделена в процессе геологосъемочных работ НПО «Аэрогеология» [4] в бассейне нижнего течения р. Оленёк (рис. 8). Отложения булунканской свиты со значительным стратиграфическим перерывом залегают на размытой поверхности массивных песчаников пастахской свиты (нижний триас, оленёкский ярус) и перекрываются отложениями нижней юры. Данная алмазоносная свита прослежена по простиранию на расстояние около 250–300 км по всему

обрамлению Оленёкского поднятия. Ширина полосы распространения свиты по выходам в пределах современного эрозионного среза четвертичных долин составляет не менее 10–15 м. Свита залегает субгоризонтально, образуя четко выраженное геологическое тело. Наиболее детально свита изучена по естественным обнажениям и буровым скважинам ОАО «Нижне-Ленское» в бассейнах рек Келимьяр и Никабыт (рис. 9), где она выходит на дневную поверхность в долинах рек и перекрыта юрскими осадками на приподнятых участках водоразделов [12].

Отложения булунканской свиты представлены разнозернистыми терригенными осадками прибрежно-морского и мелководно-морского генезиса – в разной степени литифицированными конгломератами, гравелитами, грубозернистыми песчаниками. Рэтский возраст свиты определяется находками двустворок *Tosapecten efimovae* Polub. В стратотипическом разрезе по руч. Кыстык-Хая-Юряге [4] и во фрагментарных разрезах по р. Никабыт [12].

Продуктивный горизонт россыпи прослежен в правом борту р. Никабыт (бассейн р. Хорбусунка) и на р. Булункан-Юряге (левый приток р. Келимьяр) (рис. 9), где обнажаются базальные конгломераты полимиктовые мощностью 0,5–0,7 м. Валуну составляют 5%, галька – 50%, гравий – 30%, песок и глина – около 15%. Петрографический состав гальки довольно пестрый. Выделяется пять основных групп пород: фельзит-порфиры, лавовые брекчии, кремнеземные магматические породы, породы осадочного и неясного генезиса. При микроскопическом изучении в группе фельзит-порфиров фиксируются риолиты, трахириолиты, сиенит-порфиры, туфы и лавовые брекчии. Галька и мелкие валуны уплощенные, хорошо окатанные, с характерными следами прибрежно-морской обработки. Конгломераты сцементированы песчаниками светло-зеленовато-серыми среднезернистыми с остатками обугленной древесины и углефицированным растительным детритом. В основании конгломераты нелитифицированные, в кровле – слабосцементированные. Конгломераты перекрыты алевролитами зеленовато-серыми крупнозернистыми комковатыми мощностью 0,45 м. В 25 см выше поверхности конгломератов была найдена хорошо сохранившаяся раковина *Tosapecten efimovae* Polub [12].

Минералогический состав продуктивных конгломератов рэтского яруса довольно однообразный. При крайне низком выходе тяжелой фракции в шлиховых пробах встречаются редкие зерна альмандина, ильменита, магнетита и циркона.

Из минералов-спутников алмазов в продуктивном горизонте рэтского яруса в незначительных концентрациях встречаются пиропы, хромшпинелиды и цирконы кимберлитового типа. При промывке шлиховых проб объемом 20 л пиропы зачастую не фиксируются. В среднем при находке 1 алмаза можно найти не более 10 пиропов. Содержание пиропов в 1 м³ конгломератов не превышает 30–35 зерен. Пиропы из рэтских базаль-

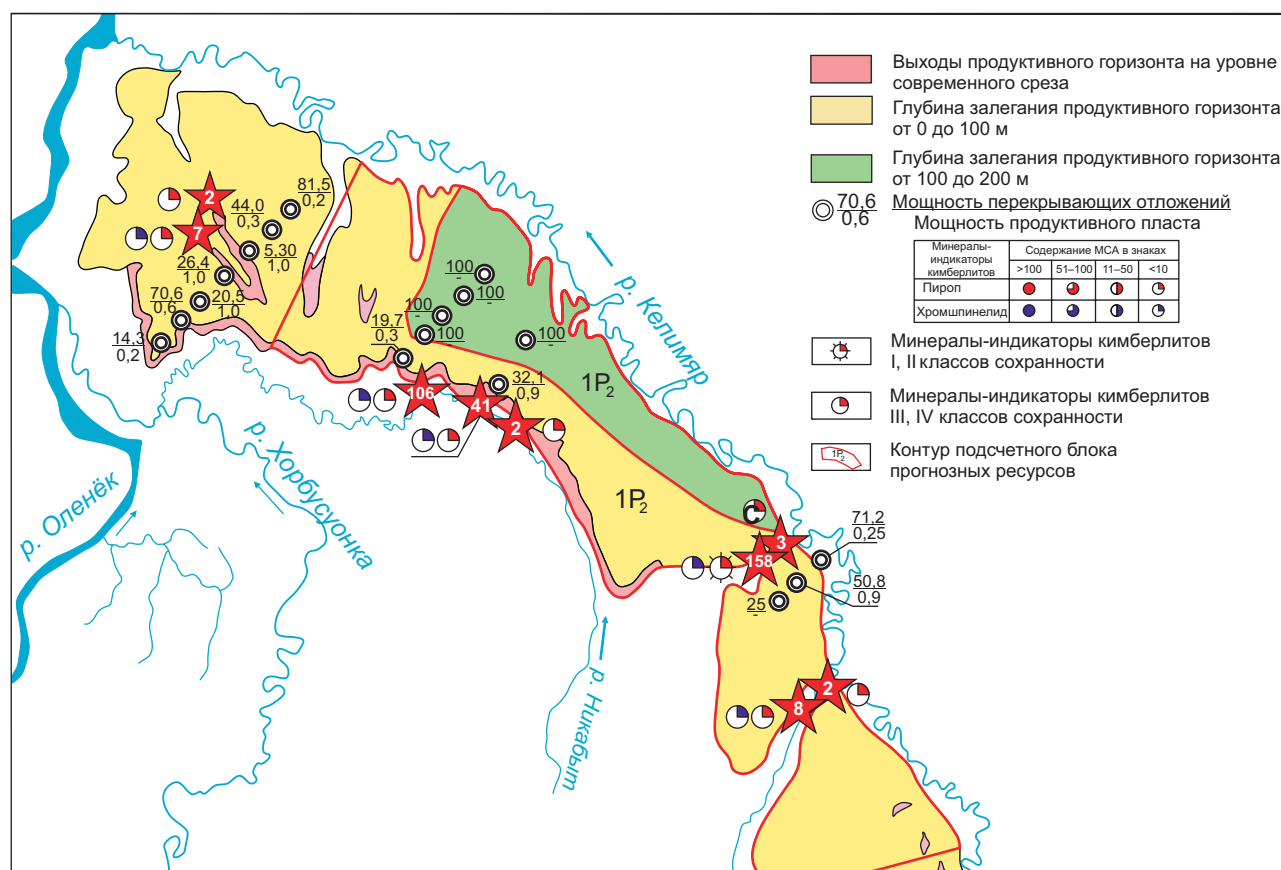


Рис. 9. Развитие алмазоносных отложений булунканской свиты на северном склоне Оленёкского поднятия [8]

ных горизонтов выделяются повышенной крупностью, что свидетельствует об их гранулометрической сортировке при формировании прибрежно-морской россыпи. Среди пиропов преобладают красновато-фиолетовые разности (85,2%), реже встречаются красные (7,8%) и оранжевые (7,0%) зерна. Исследования химического состава пиропов из карнийского и рэтского ярусов показало близость распределений их основных характеристик в сравниваемых объектах. В обоих случаях доминируют пиропы лерцолитового парагенезиса, а пиропы алмазной ассоциации отсутствуют или составляют первые проценты от общего количества исследованных гранатов.

Для представительного опробования рэтских россыпей на алмазы в бассейнах рек Келимьяр и Никабыт ОАО «Нижне-Ленское» были пройдены каналы для вскрытия продуктивных отложений. На участке Келимьяр наработана представительная проба конгломератов – 40,0 м³, а на участке Никабыт – 7,5 м³. В результате валового опробования конгломератов на участке Келимьяр было извлечено 158 кристаллов алмазов, а на участке Никабыт – 40 шт. Среднее содержание алмазов в рэтских отложениях на участке Келимьяр составило 0,57 кар/м³ при максимальных значениях по рядовым пробам до 2,30 кар/м³, а на участке Никабыт – 0,91 кар/м³. Опробование позволило определить прогнозный потенциал алмазов рэтской россыпи. Полученные параметры алмазо-

носности рэтской россыпи выдвинули данный объект в разряд уникальных по ресурсному потенциалу, перспективных для геологоразведочных работ и последующего промышленного освоения.

Изучение типоморфных особенностей алмазов из рэтских отложений позволило установить, что при сходстве кристалломорфологических особенностей алмазов из карнийских и рэтских россыпей последние отличаются повышенным средним весом, пониженным содержанием мелких классов, что обусловлено их сортировкой в прибрежно-морских условиях. Кристалломорфологический облик алмазов рэтских россыпей аналогичен карнийскому и отличается от морфологического спектра алмазов из палеозойских кимберлитов (табл. 6).

Промышленные неогеновые россыпи Лено-Анабарской субпровинции. На северо-востоке Сибирской платформы неогеновые алмазоносные образования (эбеляхская, беенчиминская и толща водораздельных галечников [38]) сохранились в эрозионно-карстовых депрессиях и на плоских водораздельных поверхностях с абс. отм. от 120 до 160 м. Эти отложения включают высокие концентрации алмазов и минералов-индикаторов кимберлитов. Они закартированы в Анабарском, Куонамском, Приморском, Нижне-Оленёкском, Приленском и Муно-Тюнгском алмазоносных районах. Наиболее масштабное месторождение – реликтовая (эрозионно-карстовая) залежь **Верхний Биллях**

расположена в верхнем течении р. Биллях в Анабарском алмазоносном районе на правом склоне долины четвертичной россыпи Биллях. Россыпь к настоящему времени отработана. Месторождение детально описано [39].

Можно предположить, что в неогене в связи с эпохой тектонической активизации и интенсивного расчленения древних поверхностей выравнивания произошло заложение древней эрозионной сети, которая частично была унаследована современной гидросетью. В это время происходил интенсивный размыв палеогеновых и раннеогеновых кор выветривания, развитых на вторичных коллекторах, и в результате огромное количество алмазов попало в неогеновую гидросеть, а современная гидросеть частично унаследовала неогеновую.

Уровень алмазоносности неогеновых осадков различен. Высокими концентрациями алмазов выделяется Эбеляхская алмазоносная площадь [39], где ураганные ($22,8 \text{ кар/м}^3$) содержания алмазов по отдельным пробам установлены в реликтовой залежи **Верхний Биллях** (рис. 2, 8). В настоящее время разведочные работы на неогеновых россыпях проводит АК «Алмазы Анабара» на левобережье р. Анабар в истоках р. Кычкин, где открыты эрозионно-карстовые депрессии, заполненные мощным неогеновым аллювием (рис. 2, 8).

Часто фрагменты неогеновых россыпей с очень высокими концентрациями алмазов фиксировались в днищах четвертичных промышленных россыпей Биллях, Гусиная, Холомолох, Куман и др.

(рис. 10). В этом случае проводилась их совместная разведка и отработка.

Промышленный неогеновый аллювий этих россыпей имеет красновато-коричневый и желтовато-коричневый цвет. Он представлен галечно-гравийно-песчаным материалом с примесью валунов и глины. Контакты с подстилающими и перекрывающими породами четкие. Среди гальки преобладают местные породы – доломиты, известняки, кремни. Примесь экзотических образований не превышает первых процентов. Осадки интенсивно ожелезнены, встречаются галька и гравий, покрытые пленкой гидроокислов железа и отмечаются стяжения лимонита. Сильное ожелезнение обуславливается минеральным составом, поскольку 29,8% тяжелой фракции составляет лимонит, скорее всего аутигенного происхождения. Для неогеновых осадков характерна альмандин-ильменит-лимонитовая ассоциация в долине руч. Гусиный и пироксен-ильменит-альмандиновая ассоциация с амфиболом и эпидотом в бассейне руч. Холомолоох. Для осадков типично высокое содержание минералов-индикаторов кимберлитов. Содержание пикроильменита в продуктивном аллювии долины руч. Холомолоох составляет 5,2%, а в долине руч. Гусиный – 54,6%. Выход тяжелой фракции достигает $11,4 \text{ кг/м}^3$ при среднем значении $3,9 \text{ кг/м}^3$. В долине руч. Холомолоох мощность неогеновых отложений варьирует от 0,3 до 3,5 м при среднем значении 1,6 м. Максимальная мощность этих отложений в долине руч. Гусиный составляет 8 м (рис. 10). Неогеновые осадки в долине руч. Гуси-

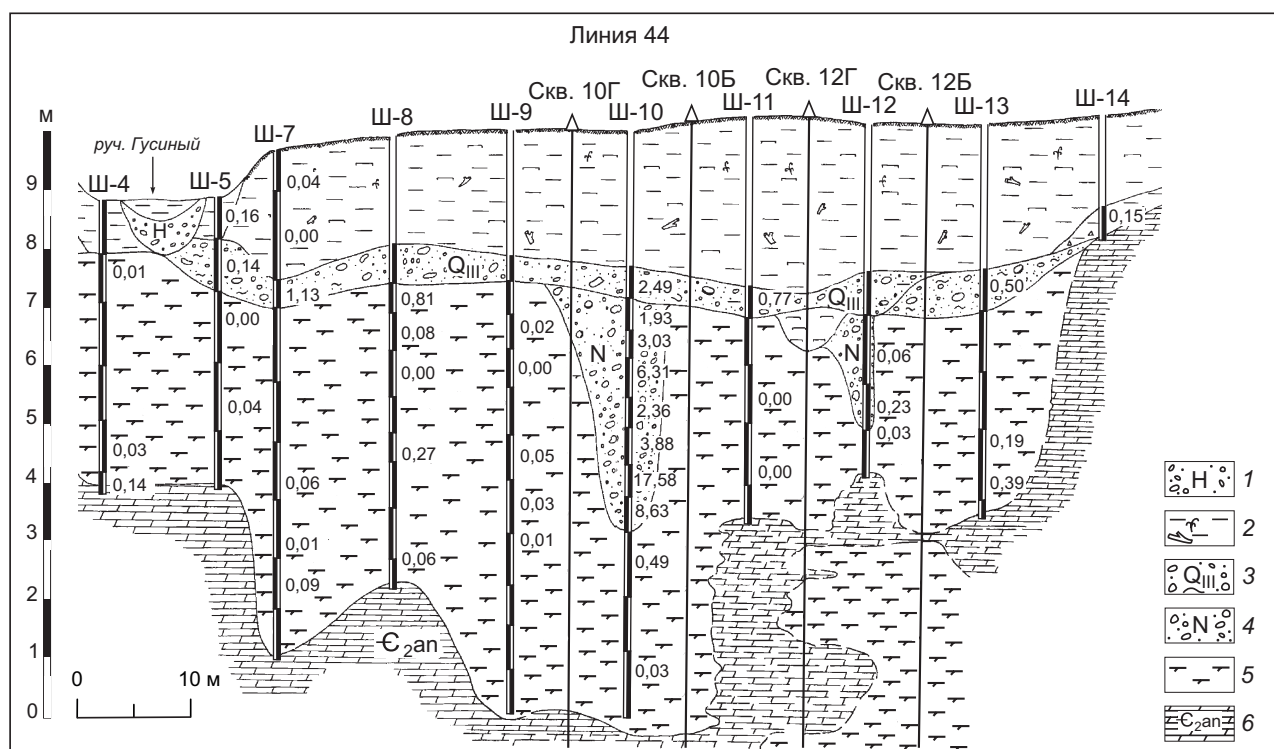


Рис. 10. Геологический разрез россыпи руч. Гусиный [39]

1 – современный аллювий; 2 – пойменная фация; 3 – аллювий погребенной долины; промышленный пласт четвертичной россыпи; 4 – неогеновый аллювий; 5 – кора выветривания; 6 – доломиты анабарской свиты кембрия

ный характеризуются ураганной алмазоносностью, содержание алмазов по отдельным пробам достигает десятки каратов в одном кубическом метре. Достаточно высокие концентрации алмазов установлены в долине р. Холомолоох. По этим россыпям неогеновые осадки детально разведаны совместно с русловыми, и долинными россыпями и суммарные запасы по ним утверждены в ГКЗ РФ и РКЗ РС (Я).

Средний вес одного алмаза из неогеновых осадков также варьирует в широких пределах, достигая 35,8 мг в долине р. Холомолоох и постепенно снижаясь на восток: руч. Гусиный – 17,2 мг, Верхний Биллях – 10,9 мг, бассейн рек Беенчимэ–Уджи – 7,8 мг. Повышенный средний вес алмазов в долине р. Холомолоох вызван тем, что там основную весовую долю играют классы –8+4 и –4+2 мг, 13,5 и 68,4% соответственно. В россыпи Верхний Биллях средний вес существенно ниже за счет большой доли алмазов классов –2+1 и –1+0,5 мм [39].

Кристалломорфологические особенности алмазов из неогеновых осадков изучены в трех пунктах: Верхний Биллях, руч. Гусиный и с бассейна рек Беенчимэ–Борго–Токур [39]. По этим трем опорным точкам мы видим явное сходство алмазов россыпи Верхний Биллях и бассейнов Беенчимэ–Борго–Токур, а также их явное отличие от алмазов из бассейна руч. Гусиный, хотя последние расположены ближе к россыпи Верхний Биллях. Сумма алмазов I разновидности по первым двум участкам изменяется на десятки доли процентов – 76,3 и 75,9%, а изменения содержания суммы алмазов V и VII разновидностей разнятся лишь на первые проценты – 19,7% против 17,2%. Существенное отличие мы видим только от участков руч. Гусиный, где доля алмазов первой разновидности составляет 55,5%, а сумма пятой и седьмой разновидностей достигает 41,6%. Средний вес алмазов уральского типа несколько выше. По степени механического износа алмазы всех типов из неогеновых россыпей Анабарского района изношены.

В неогеновых осадках впервые появляются алмазы импактного генезиса, что хорошо согласуется с палеогеновым возрастом Попигайской астроблемы [39].

Неогеновые россыпные месторождения Урала. Большую роль в образовании промышленных россыпей Урала сыграли эрозионно-структурные и более локальные эрозионно-карстовые депрессии, осложняющие западный склон Уральской складчатой системы. Образование и роль этих депрессий в россыпной алмазоносности детально освещены в трудах уральских геологов: А. П. Сигова, И. С. Степанова, В. А. Ветчанинова, Л. Е. Стороженко, Г. Н. Сычкина [2; 42; 43; 48–50]. Преимущественно эрозионно-карстовые депрессии развиты на контакте древних терригенных и карбонатных толщ, где активные карстовые процессы привели к образованию полостей глубиной от 5 до 106 м (по Г. Н. Сычкину). Карстовые поло-

сти заполнены аллювиально-делювиально-пролювиальными отложениями неогенового и четвертичного возраста. Минеральный состав глинистых минералов и тяжелой фракции указывает на большую роль в формировании отложений древних кор выветривания. Безусловно, продуктивность депрессий обусловлена уровнем алмазоносности такатинской свиты. На участке от юга Северного Урала до северной части Среднего Урала (от р. Колва до р. Чусовая) в настоящее время выявлены несколько десятков эрозионно-карстовых депрессий, в которых мощность потенциально продуктивных на алмазы отложений составляет от первых метров до 106 м. По нашему представлению, основной россыпной потенциал алмазов Северного и Среднего Урала сконцентрирован в эрозионно-карстовых депрессиях: Рассольнинской, Вогульской, Илья-Вожской, Ачимской, Чикман и многих других. Изученность депрессий слабая.

Рассольнинская депрессия. Россыпное месторождение алмазов Рассольнинская депрессия расположена в Красновишерском районе Пермской области в 30 км от г. Красновишерск, оно разведано Г. Д. Мусихиным и В. А. Кирилловым (Вишерская экспедиция) и передано в промышленное освоение НП «Уралалмаз».

Эрозионно-карстовая депрессия сформировалась на контакте колчимской свиты силура и алмазоносных базальных горизонтов такатинской свиты девона. Развитию карста способствовало наличие хорошо карстующихся доломитов колчимской свиты. Положительным фактором карстования послужила повышенная трещиноватость карбонатной пачки этой свиты и ее крутопадающий контакт с терригенными породами такатинской свиты. Депрессия имеет мезозойский возраст, ее заполняют остаточные и переотложенные коры выветривания мезозойского возраста, аллювиально-делювиально-пролювиальные отложения неогенового и четвертичного возраста. Протяженность депрессии – 3 км, средняя ширина составляет 200 м. В разрезе продуктивных отложений Рассольнинской депрессии выделяются три пачки: две нижние имеют неогеновый, верхняя – четвертичный возраст (табл. 7).

Продуктивные неогеновые отложения Рассольнинской депрессии существенно глинистые. Промывистость песков трудная. В составе глинистых минералов неогеновых отложений преобладают каолинит и гидрослюда. В пачках озерно-болотных отложений присутствует монтмориллонит. Содержание каолинита растёт вниз по разрезу, по мере приближения к остаточным и переотложенным корам выветривания. Среди грубообломочного материала неогеновых и четвертичных отложений Рассольнинской депрессии преобладают песчаники и конгломераты, гравийные зерна преимущественно кварцевого состава. Много обломков покрыто пленкой гидроокислов железа и марганца. Среди минералов тяжелой фракции отложений депрессии преобладают: лимонит – 52–80%,

Таблица 7

Усредненный разрез продуктивных отложений Рассольнинской депрессии (по данным Г. Д. Мусихина, Вишерская экспедиция)

Возраст	Наименование пачек	Мощность, м	Описание пород	Алмазоносность, мг/м ³
Четвертичный	Верхний плейстоцен	2	Глины делювиальные коричневые	до 1
		1	Галечники аллювиальные серые	до 1
		2	Глины озерно-болотные, в основании с галькой	до 1
		7	Глины делювиально-солифлюкционные коричневые с валунами	до 1
		8	Глины делювиальные желтовато-коричневые со щебнем	до 1
		5	Галечники аллювиальные буровато-серые, участками омарганцованные, с валунами	до 42
	Нижний плейстоцен	1	Глины озерно-болотные табачные со щебнем и конкрециями сидерита	до 1
Неогеновый	Плиоцен	7	Глины делювиальные песчанистые светло-серые со щебнем и галькой	12-16
		7	Глины делювиально-пролювиальные песчанистые красновато-коричневые со щебнем и галькой и стяжениями гидроокислов Fe и Mn	от 1–2 до 9
	Миоцен	10	Глины делювиально-пролювиальные желтовато-коричневые со щебнем и стяжениями гидроокислов Fe и Mn	от 1–3 до 8
		5–12	Отложения карстовых озер. Глины с прослоями галечников с рыхлыми сажистыми и плотными стяжениями гидроокислов Fe и Mn	от 15–20 до 30–40
		5	Галечники бурые, очень плотные, сильно ожелезненные	до 150
	Мезозой		Коры выветривания. Глины и пески пятнистые с обломками песчаников	до 1

циркон – 7,7–36,6%, лейкоксен – 1,0–3,1%, рутил – 0,6–2,2%. Реже встречаются магнетит, турмалин, анатаз и эпидот. Выход тяжелой фракции четвертичных отложений составляет 50–200 г/м³, а в неогеновых достигает 600 г/м³. Из минералов-индикаторов кимберлитов установлены единичные зерна пиропов.

Продуктивные отложения Рассольнинской депрессии характеризуются гнездовидным распределением алмазов. Их максимальные содержания характерны для нижней части разреза данных отложений, сложенных миоценовым аллювием. В этих образованиях уровень алмазоносности достигает 0,75 кар/м³ при среднем по месторождению 0,10 кар/м³ [2]. Нижние горизонты верхнечетвертичных отложений также характеризуются повышенной алмазоносностью, которая достига-

ет 0,21 кар/м³. В целом содержание алмазов и их крупность увеличивается сверху вниз продуктивного горизонта. Средний вес кристаллов Рассольнинской депрессии составляет 155,0 мг. По количеству преобладают алмазы класса –4+2 мм, а по весу –8+4 мм (табл. 8).

Среди алмазов преобладают целые кристаллы (69,5%), доля обломков и осколков составляет 30,5%. На кристаллах фиксируется механический износ – 8,4% [23; 29].

По кристалломорфологическим особенностям среди кристаллов преобладают додекаэдриды «уральского» типа (90,4%) и переходные формы октаэдр–додекаэдр (7,2%). Окраска алмазов самая разнообразная, но преобладают бесцветные (88,9%) и дымчатые (9,7%) индивиды [29]. Доминируют кристаллы со слабым зеленоватым

Таблица 8

**Гранулометрический состав алмазов россыпи
Рассольнинская депрессия (данные Вишерской экспедиции)**

Классы крупности, мм	Количество алмазов, %	Вес алмазов, %
–16+8	1,22	8,55
–8+4	38,35	71,80
–4+2	45,05	18,23
–2+1	15,38	1,42

или желтоватым надцветом. На поверхности многих алмазов наблюдаются пятна пигментации (40,3%) зеленого, реже бурого цвета. Иногда пятна располагаются на поверхности сколов, что позволяет считать их вторичными образованиями. Около половины кристаллов содержат в себе включения графита, граната и оливина. Алмазы Рассольнинской депрессии имеют большое сходство с кристаллами древней девонской россыпи Ишковского участка [29]. Это вполне естественно, так как оба месторождения расположены в непосредственной близости и формирование первого, более молодого месторождения, происходило за счет размыва второго.

В результате изучения алмазоносности Рассольнинской депрессии уральские геологи В. А. Ветчанинов и Г. Д. Мусихин пришли к следующим выводам [2].

1. Путь алмазов в россыпи был сложным, прямое поступление алмазов из коренного источника не происходило.

2. Алмазы такатинской свиты, судя по наличию значительных концентраций пиропов, стоят ближе к первоисточнику, чем кристаллы Рассольнинской депрессии. Однако, учитывая, что окатывание алмазов происходило в такатинское или дотакатинское время, можно сделать вывод, что их путь из коренного источника до такатинской свиты был еще более сложным, чем путь от такатинской свиты до россыпей кайнозоя.

3. Изучение минералогии отложений депрессии говорит о большой роли в россыпеобразовании предтакатинских и мезозойских кор химического выветривания.

4. Алмазоносные породы Рассольнинской депрессии, хотя и стратифицированы, но по существу являются промежуточными образованиями между корами выветривания и осадками, то есть депрессию слагают разновозрастные делювиально-пролювиальные отложения, питающиеся за счет одних, более древних кор выветривания.

5. По степени сортировки алмазы из четвертичных россыпей района стоят на одном уровне с кристаллами из древних такатинских россыпей и мезо-кайнозойских месторождений эрозионно-карстовых депрессий. Это свидетельствует о том, что мезо-кайнозойские перемены практически не повлияли на типоморфные особенности

алмазов, в принципе наблюдается полное сходство алмазов такатинской свиты с более молодыми россыпями. В свою очередь, сравнение гранулометрического состава алмазов такатинской свиты и известных коренных источников мира свидетельствует о большой разнице между ними, что еще раз доказывает сложность пути, по которому пришли алмазы в такатинскую свиту.

Заключение. 1. В Сибирской алмазоносной провинции открыты уникальные россыпные месторождения алмазов мезозойского возраста. Это промышленные россыпи Нюрбинская и Ботуобинская Накынского кимберлитового поля. По параметрам алмазоносности они превосходят крупнейшие россыпи алмазов мира. Формирование россыпей связано с триасовой (ладинской) эпохой корообразования, по завершению которой масса продуктивного материала сформировала конус выноса от коренных месторождений алмазов, заполнив эрозионно-карстовые депрессии и образовав мощный выдержанный пласт в основании юрских осадков.

2. На северо-востоке Сибирской платформы оценены с большим прогнозированным потенциалом карнийское вулканогенно-осадочное проявление Булкур и прибрежно-морская рэтская залежь Никабыт. По прогнозному потенциалу алмазов их можно отнести к уникальным и крупным россыпным объектам. Их участки, характеризующиеся небольшой мощностью перекрывающих пород и повышенной алмазоносностью, перспективны для постановки геологоразведочных и последующих добычных работ.

3. На Северном и Среднем Урале перспективы алмазодобычи можно связать с разведкой эрозионно-карстовых депрессий, где неогеновые образования выделяются повышенной алмазоносностью и большими запасами песков. Учитывая логистические особенности этого региона по сравнению с якутскими месторождениями, крупные и средние объекты с традиционно высокой стоимостью сырья, но пониженной алмазоносностью будут рентабельны для разработки.

4. С 1996 г. нет значимых открытий коренных месторождений алмазов в Российской Федерации, а основные объекты коренной алмазодобычи: Интернациональная, Мир, Айхал, Удачная, а в ближайшей перспективе Юбилейная и Нюрбинская переведены на подземный способ отработки, что повлекло за собой сокращение добычи алмазов в России. Для сокращения этого разрыва необходимо интенсифицировать геологоразведочные работы на крупных древних россыпных проявлениях для промышленного освоения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ван А. В., Казанский Ю. П. Вулканокластический материал в осадках и осадочных породах. – Новосибирск : Наука, 1985. – 126 с.
2. Ветчанинов В. А. Промышленные типы россыпей алмазов Вишерского района Урала, условия их формирования и перспективная оценка // Автореф. дисс. канд. геол.-минерал. наук. – Пермь, 1974. – 24 с.

3. Ветчанинов В. А., Конев П. Н. Условия образования такатинской свиты западной части Красновишерского района и предварительные данные об ее алмазности // Геология и условия образования алмазных месторождений. – Пермь, 1970. – С. 224–231.
4. Галабала Р. О. Пограничные триасово-юрские отложения восточной части Лено-Анабарского прогиба / Р. О. Галабала, В. Г. Данилов, И. В. Полуботко, Ю. С. Репин // Изв. АН СССР. Сер. геол. – М., 1989. – № 6. – С. 128–132.
5. Голобурдина М. Н., Граханов С. А., Проскурнин В. Ф. Особенности петрографического состава алмазоносных карнийских образований Булкурской антиклинали северо-востока Сибирской платформы // Литосфера. – 2023. – Т. 23, № 4. – С. 654–671.
6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Лаптево-Сибироморская. Лист S-51,52 – дельта р. Лена. Объяснительная записка / науч. ред. В. Ф. Проскурнин, С. И. Шкарубо. – СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. – 274 с. + 9 вкл. (Роснедра, ОАО «МАГЭ», ГУП «ВСЕГЕИ»).
7. Граханов С. А. Алмазоносные туфогенно-осадочные породы триаса арктической зоны Сибири / С. А. Граханов, В. Ф. Проскурнин, О. В. Петров, Н. В. Соболев // Геология и геофизика. – 2022. – Т. 63, № 4. – С. 550–578.
8. Граханов С. А. Алмазоносные юрские отложения северо-востока Сибирской платформы / С. А. Граханов, А. П. Смелов, Б. С. Помазанский, К. Н. Егоров // Отечественная геология. – 2013. – № 5. – С. 73–80.
9. Граханов С. А. Минералого-петрографическая характеристика алмазоносных образований Булкурской антиклинали, Республика Саха (Якутия) / С. А. Граханов, М. Н. Голобурдина, А. С. Иванов, И. В. Ащепков // Региональная геология и металлогения. – 2024. – № 98. – С. 41–63.
10. Граханов С. А. Осадочно-вулканогенная природа основания карнийского яруса – источника алмазов северо-востока Сибирской платформы / С. А. Граханов, А. П. Смелов, К. Н. Егоров, Ю. К. Голубев // Отечественная геология. – 2010. – № 5. – С. 3–12.
11. Граханов С. А. Открытие верхнетриасовых россыпей алмазов в акватории Оленекского залива моря Лаптевых / С. А. Граханов, А. О. Зарукин, И. Н. Богуш, А. В. Ядренкин // Отечественная геология. – 2009. – № 1. – С. 53–61.
12. Граханов С. А. Рэтские россыпи алмазов Сибири / С. А. Граханов, Ю. А. Маланин, В. И. Павлов, В. П. Афанасьев, Н. П. Похиленко, А. В. Герасимчук, А. Н. Липашова // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 1. – С. 160–170.
13. Граханов С. А. Типоморфизм и изотопия алмазов триасовых туфитов Булкурской антиклинали / С. А. Граханов, А. Е. Молотков, О. Б. Олейников, А. Д. Павлушин // Отечественная геология. – 2015. – № 5. – С. 16–22.
14. Граханов С. А. Формирование алмазоносной россыпи р. Большая Куонамка (север Сибирской платформы) // Отечественная геология. – 2016. – № 6. – С. 1–8.
15. Граханов С. А., Зинчук Н. Н., Соболев Н. В. Возраст прогнозируемых коренных источников алмазов на Северо-Востоке Сибирской платформы // Докл. РАН. – 2015. – Т. 465, № 6. – С. 715–719.
16. Граханов С. А., Коптиль В. И. Триасовые палеороссыпи алмазов северо-востока Сибирской платформы // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44, № 11. – С. 1191–1201.
17. Граханов С. А., Митюхин С. И. Гранулометрический состав алмазов в россыпях как поисковый признак коренных источников // Известия вузов. Геология и разведка. – 2003. – № 1. – С. 48–51.
18. Граханов С. А., Смелов А. П. Возраст прогнозируемых коренных источников алмазов на севере Якутии // Отечественная геология. – 2011. – № 5. – С. 56–64.
19. Докембрийские алмазоносные провинции мира / М. П. Метелкина, Б. И. Прокопчук, О. В. Суходольская, Е. В. Францессон. – М. : Недра, 1976. – 134 с.
20. Дэвис Г. Л., Соболев Н. В., Харьков А. Д. Новые данные о возрасте кимберлитов Якутии, полученные уран-свинцовым методом по цирконам // ДАН СССР. – 1980. – Т. 254, № 1. – С. 175–179.
21. Егоров К. Н., Зинчук Н. Н., Мишенин С. Г. Перспективы коренной и россыпной алмазности юго-западной части Сибирской платформы // Геологические аспекты минерально-сырьевой базы Акционерной компании «АЛРОСА». – Мирный, 2003. – С. 50–83.
22. Зезекало М. Ю., Антонова Т. А. Особенности кимберлитов и гранатов трубки Нюрбинская // Материалы Российского минералогического общества. Т. 1. – СПб., 2010. – С. 54–56.
23. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм алмазов из пород Рассольнинской Депрессии (Урал) в связи с проблемой их первоисточников // Алмазы и алмазность Тимано-Уральского региона. – Сыктывкар : Изд-во «Геопринт», 2001. – С. 146–147.
24. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. – М. : Недра, 2003. – 603 с.
25. Ишков А. Д. Источники алмазов уральских россыпей // Геология и условия образования алмазных месторождений. – Пермь, 1970. – С. 219–223.
26. Константинов А. Г., Соболев Е. С., Ядренкин А. В. Детальная биостратиграфия триасовых отложений нижнего течения р. Лена (север Якутии) // Геология и геофизика. – 2007. – Т. 48, № 9. – С. 934–949.
27. Коптиль В. И. Типоморфизм алмазов северо-востока Сибирской платформы в связи с проблемой прогнозирования и поисков алмазных месторождений // Автореф. дисс. канд. геол.-минерал. наук. – Новосибирск, 1994. – 34 с.
28. Коренные источники алмазов Западно-Русской кимберлитовой субпровинции (Ленинградская область) / М. В. Михайлов, Г. А. Беляев, Т. С. Кузьмина и др. // Алмазы и алмазность Тимано-Уральского региона. – Сыктывкар, 2001. – С. 125–127.
29. Месторождения алмазов СССР. Методика поисков и разведки / Б. М. Владимиров, Ю. М. Дауев, Б. М. Зубарев, Ф. В. Каминский, В. Е. Минорин, Б. И. Прокопчук, Н. В. Соболев, Е. В. Соболев, А. Д. Харьков, Е. Д. Черный. – М. : ЦНИГРИ, 1984. – 435 с.
30. Метелкина М. П., Прокопчук Б. И. Верхнепротерозойские конгломераты северо-востока Сибирской платформы // Литология и полезные ископаемые. – 1976. – № 4. – С. 75–83.
31. Натапов Л. М., Гогина Н. И., Сибирцев Ю. М. Новый промежуточный коллектор минералов-спутников алмаза на Сибирской платформе // Кимберлитовый и базитовый магматизм района Оленекского поднятия. – Якутск : Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1980. – С. 67–73.
32. Находки алмазов III разновидности в карнийских туфах Булкурской антиклинали / А. Д. Павлушин, С. А. Граханов, О. Б. Олейников, А. Н. Новгородов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Якутск : Издательский дом СВФУ, 2016. – С. 255–258.
33. Николенко Е. И. Ассоциация хромшпинелидов из верхнетриасовых гравелитов северо-востока Сибирской платформы / Е. И. Николенко, А. М. Логвинова, А. Э. Изох, В. П. Афанасьев, О. Б. Олейников, А. Я. Биллер // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59, № 10. – С. 1680–1701.
34. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза. 2-е изд. – М. : Наука, 1984. – 264 с.
35. Особенности геологического строения и алмазность россыпного месторождения Солур-Восточная (Мало-Ботуобинский алмазоносный район) / В. В. Бочаров, В. С. Григорьев, Д. Н. Гречишников, В. К. Лозовик, А. В. Толстов, А. Ф. Трофимов, В. И. Шаталов, В. Е. Якутин // Россыпи и месторождения кор выветривания: факты, проблемы, решения. Матер. XIII между-

нар. совещ. по геологии россыпей и местор. кор выветривания. – Пермь : Изд-во Пермского университета, 2005. – С. 15–17.

36. Павлушин А. Д., Граханов С. А., Смелов А. П. Парагенетические ассоциации минералов на поверхности кристаллов алмаза из отложений карнийского яруса северо-востока Сибирской платформы // Отечественная геология. – 2010. – № 5. – С. 45–51.

37. Проскурнин В. Ф. Признаки explosивнообломочного генезиса алмазоносного карнийского горизонта Усть-Оленекского района (петрографо-геохимические данные) / В. Ф. Проскурнин, Н. П. Виноградова, А. В. Гавриш, М. В. Наумов // Геология и геофизика. – 2012. – Т. 53, № 6. – С. 698–711.

38. Региональная стратиграфическая схема палеогеновых и неогеновых отложений востока Сибирской платформы / О. В. Гриненко, В. А. Камалетдинов, Г. В. Иваненко, А. И. Сергиенко, А. Ф. Фрадкина, Н. Г. Патык-Кара. – Якутск : Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2005. – 22 с.

39. Россыпи алмазов России / С. А. Граханов, В. И. Шаталов, В. А. Штыров, В. Р. Кычкин, А. М. Сулейманов. – Новосибирск : Изд-во «Гео», 2007. – 420 с.

40. Секерин А. П., Меньшагин Ю. В., Лашенков В. А. Докембрийские лампроиты Присаянья // Докл. РАН. – 1993. – Т. 329, № 3. – С. 328–331.

41. Селиванова В. В. Типоморфизм алмаза и его минералов-спутников из прибрежно-морских триасовых россыпей северного Верхоянья // Автореф. дисс. канд. геол.-минерал. наук. – М., 1991. – 20 с.

42. Сигов А. П. Условия образования полезных ископаемых и металлогенетические эпохи мезозоя и кайнозоя Урала // Материалы по геоморфологии Урала. – М. : Недра, 1971. – С. 117–125.

43. Сигов В. А., Стороженко Л. Е. Основные этапы геоморфологического развития Вишерского алмазоносного района // Геология и условия образования алмазных месторождений. Тр. II Всесоюз. совещ. по геологии алмазных месторождений. – Перм. книжн. изд., 1970. – С. 256–263.

44. Соболев Н. В. Минералогические критерии алмазоносности верхнетриасовых россыпей северо-восточной окраины Сибирской платформы / Н. В. Соболев, А. М. Логвинова, Е. И. Николенин, С. С. Лобанов // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54, № 8. – С. 1162–1178.

45. Соболев Н. В. О минералогических критериях алмазоносности кимберлитов // Геология и геофизика. – 1971. – № 3. – С. 70–80.

46. Соболев Н. В., Логвинова А. М., Ефимова Э. С. Включения эклогитовых гранатов, обогащенных марганцем, в алмазах: свидетельство рециклирования земной коры // Докл. РАН. – 2013. – Т. 453, № 3. – С. 326–328.

47. Сочнева Э. Г., Метелкина М. П. Типоморфные минералы терригенных алмазоносных формаций докембрия // Геология и методы прогнозирования алмазных месторождений. Труды ЦНИГРИ. – 1981. – Вып. 156. – С. 15–21.

48. Степанов И. С. Роль карста в формировании россыпей (на примере западного склона Среднего и Северного Урала) // Изв. ВГО. – 1974. – Т. 106, вып. 3. – С. 242–245.

49. Степанов И. С., Сычкин Г. Н. К вопросу об алмазоносности такатинской свиты среднего девона Урала // Геология и геофизика. – 1983. – № 11. – С. 129–133.

50. Стороженко Л. Е. Геоморфологические условия пространственного размещения россыпей Урала // Материалы по геоморфологии Урала. – М. : Недра, 1971. – С. 126–130.

51. Такатинская свита Вишерско-Чусовского Урала и ее алмазоносность / О. А. Щербаков, В. И. Дурикин, О. В. Соколов, В. И. Галкин, В. А. Кириллов. – Пермь : ПГУ, 1994. – 105 с.

52. Шаталов В. И. Геологическое строение и алмазоносность древних россыпей алмазов Накынского кимберлитового поля Якутской алмазоносной провинции /

В. И. Шаталов, С. А. Граханов, А. Н. Егоров, Ю. В. Сафьянников // Вестник Воронежского университета. Сер. геол. – Воронеж, 2002. – № 1. – С. 185–201.

53. Шаталов В. И. Новый промышленный тип россыпей алмазов в Якутской алмазоносной провинции / В. И. Шаталов, С. А. Граханов, А. Н. Егоров, Ю. В. Сафьянников // Отечественная геология. – 2002. – № 4. – С. 15–19.

54. Gurney J. J., Zweistra P. The interpretation of the major element compositions of mantle minerals in diamond exploration // Journal of Geochemical Exploration. – 1995. – No. 53. – Pp. 293–309.

55. Palache C., Berman H., Frondel C. Dana's system of mineralogy, (7th edition), John Wiley & Sons, Inc. – New York, 1962. – Vol. II. – Pp. 523–527.

56. U-Pb and Lu-Hf isotopic systems in zircons and Hf-Nd isotopic systematization of the Kimozero kimberlites (Karelia) / K. I. Lokhov, E. N. Lepekhina, I. N. Kapitonov, Yu. S. Polekhovskiy, E. S. Bogomolov, S. A. Sergeev // Papers from the 10th International Kimberlite Conference. – Bangalore, India, 2012.

REFERENCES

1. Van A. V., Kazanskiy Yu. P. Vulkanoklasticheskiy material v osadkakh i osadochnykh porodakh. Novosibirsk, Nauka, 1985, 126 p.
2. Vetchaninov V. A. Promyshlennyye tipy rossypey almazov Visherskogo rayona Urala, usloviya ikh formirovaniya i perspektivnaya otsenka. Avtoref. diss. kand. geol.-mineral. nauk. Perm', 1974, 24 p.
3. Vetchaninov V. A., Konev P. N. Usloviya obrazovaniya takatinskoy svity zapadnoy chasti Krasnovisherskogo rayona i predvaritel'nye dannye ob ee almazonosnosti. *Geologiya i usloviya obrazovaniya almaznykh mestorozhdeniy*. Perm', 1970, pp. 224–231.
4. Galabala R. O., Danilov V. G., Polubotko I. V., Repin Yu. S. Pogranichnye triasovo-yurskie otlozheniya vostochnoy chasti Leno-Anabarskogo progiba. *Izv. AN SSSR. Ser. geol.* Moscow, 1989, no. 6, pp. 128–132.
5. Goloburdina M. N., Grakhanov S. A., Proskurnin V. F. Osobennosti petrograficheskogo sostava almazonosnykh karniyskikh obrazovaniy Bulkurskoy antiklinali severo-vostoka Sibirskoy platformy. *Litosfera*, 2023, vol. 23, no. 4, pp. 654–671.
6. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Mashtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Laptevo-Sibiromorskaya. List S-51,52 – del'ta r. Lena. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1 : 1,000,000 (third generation). Laptevo-Sibiromorskaya series. Sheet S-51,52 – del'ta r. Lena. Explanatory note]. Eds.: V. F. Proskurnin, S. I. Shkarubo. St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2014, 274 p., 9 vkl. (Rosnedra, OAO «MAGE», FGUP «VSEGEI»).
7. Grakhanov S. A., Proskurnin V. F., Petrov O. V., Sobolev N. V. Almazonosnye tufogenno-osadochnye porody triasa arkticheskoy zony Sibiri. *Geologiya i geofizika*, 2022, vol. 63, no. 4, pp. 550–578.
8. Grakhanov S. A., Smelov A. P., Pomazanskiy B. S., Egorov K. N. Almazonosnye yurskie otlozheniya severo-vostoka Sibirskoy platformy. *Otechestvennaya geologiya*, 2013, no. 5, pp. 73–80.
9. Grakhanov S. A., Goloburdina M. N., Ivanov A. S., Ashchepkov I. V. Mineralogo-petrograficheskaya kharakteristika almazonosnykh obrazovaniy Bulkurskoy antiklinali, Respublika Sakha (Yakutiya). *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, 2024, no. 98, pp. 41–63.
10. Grakhanov S. A., Smelov A. P., Egorov K. N., Golubev Yu. K. Osadochno-vulkanogennaya priroda osnovaniya karniyskogo yarusa – istochnika almazov severo-vostoka Sibirskoy platformy. *Otechestvennaya geologiya*, 2010, no. 5, pp. 3–12.

11. Grakhanov S. A., Zarukin A. O., Bogush I. N., Yadrenkin A. V. Otkrytie verkhnetriasovykh rossypey almazov v akvatorii Olenekskogo zaliva morya Laptevyykh. *Otechestvennaya geologiya*, 2009, no. 1, pp. 53–61.
12. Grakhanov S. A., Malanin Yu. A., Pavlov V. I., Afanas'ev V. P., Pokhilenko N. P., Gerasimchuk A. V., Lipashova A. N. Retskie rossypi almazov Sibiri. *Geologiya i geofizika*, 2010, vol. 51, no. 1, pp. 160–170.
13. Grakhanov S. A., Molotkov A. E., Oleynikov O. B., Pavlushin A. D. Tipomorfizm i izotopiya almazov triasovykh tuffitov Bulkurskoy antiklinali. *Otechestvennaya geologiya*, 2015, no. 5, pp. 16–22.
14. Grakhanov S. A. Formirovanie amazonosnoy rossypi r. Bol'shaya Kuonamka (sever Sibirskoy platformy). *Otechestvennaya geologiya*, 2016, no. 6, pp. 1–8.
15. Grakhanov S. A., Zinchuk N. N., Sobolev N. V. Vozrast prognoziруemykh korennykh istochnikov almazov na Severo-Vostoke Sibirskoy platformy. *Dokl. RAN*, 2015, vol. 465, no. 6, pp. 715–719.
16. Grakhanov S. A., Koptil' V. I. Triasovye paleorossypi almazov severo-vostoka Sibirskoy platformy. *Geologiya i geofizika*, 2003, vol. 44, no. 11, pp. 1191–1201.
17. Grakhanov S. A., Mityukhin S. I. Granulometricheskii sostav almazov v rossypakh kak poiskovyy priznak korennykh istochnikov. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*, 2003, no. 1, pp. 48–51.
18. Grakhanov S. A., Smelov A. P. Vozrast prognoziруemykh korennykh istochnikov almazov na severe Yakutii. *Otechestvennaya geologiya*, 2011, no. 5, pp. 56–64.
19. Metelkina M. P., Prokopchuk B. I., Sukhodol'skaya O. V., Frantsesson E. V. Dokembriyskie amazonosnye provintsii mira. Moscow, Nedra, 1976, 134 p.
20. Devis G. L., Sobolev N. V., Khar'kiv A. D. Novye dannye o vozraste kimberlitov Yakutii, poluchennyye uransvintsovym metodom po tsirkonam. *DAN SSSR*, 1980, vol. 254, no. 1, pp. 175–179.
21. Egorov K. N., Zinchuk N. N., Mishenin S. G. Perspektivy korennoy i rossypnoy amazonosnosti yugo-zapadnoy chasti Sibirskoy platformy. *Geologicheskie aspekty mineral'no-syr'evoy bazy Aktsionerney kompanii «ALROSA»*. Mirnyy, 2003, pp. 50–83.
22. Zezekalo M. Yu., Antonova T. A. Osobennosti kimberlitov i granatov trubki Nyurbinskaya. *Materialy Rossiyskogo mineralogicheskogo obshchestva. Vol. 1*. St. Petersburg, 2010, pp. 54–56.
23. Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Tipomorfizm almazov iz porod Rassol'ninskoy depressii (Ural) v svyazi s problemoy ikh pervoistochnikov. *Almazы i amazonosnost' Timano-Ural'skogo regiona*. Syktyvkar, Izd-vo «Geoprint», 2001, pp. 146–147.
24. Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Tipomorfizm almazov Sibirskoy platformy. Moscow, Nedra, 2003, 603 p.
25. Ishkov A. D. Istochniki almazov ural'skikh rossypey. *Geologiya i usloviya obrazovaniya almaznykh mestorozhdeniy*. Perm', 1970, pp. 219–223.
26. Konstantinov A. G., Sobolev E. S., Yadrenkin A. V. Detal'naya biostratigrafiya triasovykh otlozheniy nizhnego techeniya r. Lena (sever Yakutii). *Geologiya i geofizika*, 2007, vol. 48, no. 9, pp. 934–949.
27. Koptil' V. I. Tipomorfizm almazov severo-vostoka Sibirskoy platformy v svyazi s problemoy prognozirovaniya i poiskov almaznykh mestorozhdeniy. *Avtoref. diss. kand. geol.-mineral. nauk*. Novosibirsk, 1994, 34 p.
28. Mikhaylov M. V., Belyaev G. A., Kuz'mina T. S. et al. Korennye istochniki almazov Zapadno-Russkoy kimberlitovoy subprovintsii (Leningradskaya oblast'). *Almazы i amazonosnost' Timano-Ural'skogo regiona*. Syktyvkar, 2001, pp. 125–127.
29. Vladimirov B. M., Dauyev Yu. M., Zubarev B. M., Kaminskiy F. V., Minorin V. E., Prokopchuk B. I., Sobolev N. V., Sobolev E. V., Khar'kiv A. D., Chernyy E. D. Mestorozhdeniya almazov SSSR. Metodika poiskov i razvedki. Moscow, TsNIGRI, 1984, 435 p.
30. Metelkina M. P., Prokopchuk B. I. Verkhneproterozoyiskie konglomeraty severo-vostoka Sibirskoy platformy. *Litologiya i poleznye iskopaemye*, 1976, no. 4, pp. 75–83.
31. Natapov L. M., Gogina N. I., Sibirtsev Yu. M. Novyy promezhutochnyy kollekto mineralov-sputnikov almaza na Sibirskoy platforme. *Kimberlitovyy i bazitovyy magmatizm rayona Olenekskogo podnyatiya*. Yakutsk, Izd-vo YaF SO AN SSSR, 1980, pp. 67–73.
32. Pavlushin A. D., Grakhanov S. A., Oleynikov O. B., Novgorodov A. N. Nakhodki almazov III raznovidnosti v karniyskikh tufakh Bulkurskoy antiklinali. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Yakutsk, Izdatel'skiy dom SVFU, 2016, pp. 255–258.
33. Nikolenko E. I., Logvinova A. M., Izokh A. E., Afanas'ev V. P., Oleynikov O. B., Biller A. Ya. Assotsiatsiya khromshpinelidov iz verkhnetriasovykh gravelitov severo-vostoka Sibirskoy platformy. *Geologiya i geofizika*, 2018, vol. 59, no. 10, pp. 1680–1701.
34. Orlov Yu. L. Mineralogiya almaza. 2-e izd. Moscow, Nauka, 1984, 264 p.
35. Bocharov V. V., Grigor'ev V. S., Grechishnikov D. N., Lozovik V. K., Tolstov A. V., Trofimov A. F., Shatalov V. I., Yakutin V. E. Osobennosti geologicheskogo stroeniya i amazonosnosti rossypnogo mestorozhdeniya Solur-Vostochnaya (Malo-Botuobinskiy amazonosnyy rayon). *Rossypi i mestorozhdeniya kor vyvetrivaniya: fakty, problemy, resheniya. Mater. XIII mezhdunar. soveshch. po geologii rossypey i mestor. kor vyvetrivaniya*. Perm', Izd-vo Permskogo universiteta, 2005, pp. 15–17.
36. Pavlushin A. D., Grakhanov S. A., Smelov A. P. Parageneticheskie assotsiatsii mineralov na poverkhnosti kristallov almaza iz otlozheniy karniyskogo yarusa severo-vostoka Sibirskoy platformy. *Otechestvennaya geologiya*, 2010, no. 5, pp. 45–51.
37. Proskurnin V. F., Vinogradova N. P., Gavrish A. V., Naumov M. V. Priznaki eksplozivnooblomochnogo genezisa amazonosnogo karniyskogo gorizonta Ust'-Olenekskogo rayona (petrografo-geokhimicheskie dannye). *Geologiya i geofizika*, 2012, vol. 53, no. 6, pp. 698–711.
38. Grinenko O. V., Kamaletdinov V. A., Ivanenko G. V., Sergienko A. I., Fradkina A. F., Patyk-Kara N. G. Regional'naya stratigraficheskaya skhema paleogenovykh i neogenovykh otlozheniy vostochnykh Sibirskoy platformy. Yakutsk, Izd-vo YANTs SO RAN, 2005, 22 p.
39. Grakhanov S. A., Shatalov V. I., Shtyrov V. A., Kychkin V. R., Suleymanov A. M. Rossypi almazov Rossii. Novosibirsk, Izd-vo «Geo», 2007, 420 p.
40. Sekerin A. P., Men'shagin Yu. V., Lashchenov V. A. Dokembriyskie lamproity Prisayan'ya. *Dokl. RAN*, 1993, vol. 329, no. 3, pp. 328–331.
41. Selivanova V. V. Tipomorfizm almaza i ego mineralov-sputnikov iz pribrezhno-morskikh triasovykh rossypey severnogo Verkhoyan'ya. *Avtoref. diss. kand. geol.-mineral. nauk*. Moscow, 1991, 20 p.
42. Sigov A. P. Usloviya obrazovaniya poleznykh iskopayemykh i metallogenicheskie epokhi mezozoya i kaynozoya Urala. *Materialy po geomorfologii Urala*. Moscow, Nedra, 1971, pp. 117–125.
43. Sigov V. A., Storozhenko L. E. Osnovnye etapy geomorfologicheskogo razvitiya Visherskogo amazonosnogo rayona. *Geologiya i usloviya obrazovaniya almaznykh mestorozhdeniy. Tr. II Vsesoyuz. soveshch. po geologii almaznykh mestorozhdeniy*. Perm. knizhn. izd., 1970, pp. 256–263.
44. Sobolev N. V., Logvinova A. M., Nikolenko E. I., Lobanov S. S. Mineralogicheskie kriterii amazonosnosti verkhnetriasovykh rossypey severo-vostochnoy okrainy Sibirskoy platformy. *Geologiya i geofizika*, 2013, vol. 54, no. 8, pp. 1162–1178.
45. Sobolev N. V. O mineralogicheskikh kriteriyakh amazonosnosti kimberlitov. *Geologiya i geofizika*, 1971, no. 3, pp. 70–80.
46. Sobolev N. V., Logvinova A. M., Efimova E. S. Vklucheniya eklogitovykh granatov, obogashchennykh mar-

gantsem, v almazakh: svidetel'stvo retsiklirovaniya zemnoy kory. *Dokl. RAN*, 2013, vol. 453, no. 3, pp. 326–328.

47. Sochneva E. G., Metelkina M. P. Tipomorfnye mineraly terrigennykh almazonosnykh formatsiy dokembriya. *Geologiya i metody prognozirovaniya almaznykh mestorozhdeniy. Trudy TsNIGRI*, 1981, iss. 156, pp. 15–21.

48. Stepanov I. S. Rol' karsta v formirovaniі rossypey (na primere zapadnogo sklona Srednego i Severnogo Urala). *Izv. VGO*, 1974, vol. 106, iss. 3, pp. 242–245.

49. Stepanov I. S., Sychkin G. N. K voprosu ob almazonosnosti takatinskoy svity srednego devona Urala. *Geologiya i geofizika*, 1983, no. 11, pp. 129–133.

50. Storozhenko L. E. Geomorfologicheskie usloviya prostranstvennogo razmeshcheniya rossypey Urala. *Materialy po geomorfologii Urala*. Moscow, Nedra, 1971, pp. 126–130.

51. Shcherbakov O. A., Dumikin V. I., Sokolov O. V., Galkin V. I., Kirillov V. A. Takatinskaya svita Vishersko-Chusovskogo Urala i ee almazonosnost'. Perm', PGU, 1994, 105 p.

52. Shatalov V. I., Grakhanov S. A., Egorov A. N., Saf'yannikov Yu. V. Geologicheskoe stroenie i almazonosnost'

drevnikh rossypey almazov Nakynskogo kimberlitovogo polya Yakutskoy almazonosnoy provintsii. *Vestnik Voronezhskogo universiteta. Ser. geol.* Voronezh, 2002, no. 1, pp. 185–201.

53. Shatalov V. I., Grakhanov S. A., Egorov A. N., Saf'yannikov Yu. V. Novyy promyshlennyy tip rossypey almazov v Yakutskoy almazonosnoy provintsii. *Otechestvennaya geologiya*, 2002, no. 4, pp. 15–19.

54. Gurney J. J., Zweistra P. The interpretation of the major element compositions of mantle minerals in diamond exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 1995, no. 53, pp. 293–309.

55. Palache C., Berman H., Frondel C. Dana's system of mineralogy, (7th edition), John Wiley & Sons, Inc. New York, 1962, vol. II, pp. 523–527.

56. Lokhov K. I., Lepekhina E. N., Kapitonov I. N., Polekhovskiy Yu. S., Bogomolov E. S., Sergeev S. A. U-Pb and Lu-Hf isotopic systems in zircons and Hf-Nd isotopic systematization of the Kimozero kimberlites (Karelia). *Papers from the 10th International Kimberlite Conference*. Bangalore, India, 2012.

Граханов Сергей Александрович – доктор геол.-минерал. наук, гл. геолог, ПАО «АЛМАР – Алмазы Арктики»¹, вед. науч. сотрудник, Институт Карпинского². <s.grakhanov@yandex.ru>

Голобурдина Марина Николаевна – вед. геолог, Институт Карпинского². <Marina_Goloburdina@karpinskyinstitute.ru>

Grakhanov Sergey Aleksandrovich – DSc (Geology and Mineralogy), Chief Geologist, PJSC «ALMAR Arctic Diamonds»¹, Leading Researcher, Karpinsky Institute². <s.grakhanov@yandex.ru>

Goloburdina Marina Nikolaevna – Leading Geologist, Karpinsky Institute². <Marina_Goloburdina@karpinskyinstitute.ru>

¹ ПАО «АЛМАР – Алмазы Арктики» (ПАО «АЛМАР»). Ул. Чернышевского, 8/2, Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия, 677000.

PJSC «ALMAR Arctic Diamonds» (PJSC «ALMAR»). 8/2 Ul. Chernyshevskogo, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia, 677000.

² Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (Институт Карпинского). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, Россия, 199106.

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky (Karpinsky Institute). 74 Sredny Pr., St. Petersburg, Russia, 199106.