

К вопросу об эрозионном срезе кимберлитов Алакит-Мархинского рудного поля

Н.И. Горев^{1*}, Н.К. Шахурдина¹, Р.Ф. Салихов², Е.В. Проценко¹

¹Научно-исследовательское геологическое предприятие (НИГП) АК «АЛРОСА» (ПАО), Мирный, Россия

²Вилуйская геологоразведочная экспедиция (ВГРЭ) АК «АЛРОСА» (ПАО), п. Айхал,
Республика Саха (Якутия), Россия

*GorevNI@alrosa.ru

Аннотация. Эрозионный срез кимберлитовых тел и вмещающих пород является одним из прогностико-поисковых критериев коренных месторождений алмазов Западной Якутии. Глубина размытия и интенсивность процессов выветривания кимберлитов определяют масштабы и качество россыпной алмазности и контрастность ореолов минералов-спутников – прямых поисковых признаков месторождений. Материалом для ретроспективного анализа Алакит-Мархинского рудного поля послужила имеющаяся информация по геологии района: стратиграфии, тектонике, палеогеографии, изотопному и палеонтологическому датированию кимберлитов, каротажным исследованиям и др. Рассмотрена методика исследований и анализа специализированных тектонических карт и схем, позволяющих определять величину эрозионного среза погребенных кимберлитовых полей и месторождений. Показано, что палеогеологические реконструкции, реализованные на основе крупномасштабных картографических материалов с использованием данных каротажа, позволяют с точностью от ± 5 до ± 100 м (до 10–20 % величины денудации) вычислять уровень эрозионного среза кимберлитов и вмещающих пород. Установлено, что эрозионный срез Алакит-Мархинского рудного поля увеличивается в восточном направлении от 325 до 500 м. Подтверждается существование в среднем палеозое двух эпох кимберлитового магматизма, при этом позднедевонско-раннекаменноугольные кимберлиты отличаются от позднесилурийско-раннедевонских большей величиной денудации, сравнимой с реконструированной мощностью отложений девона.

Ключевые слова: кимберлит, Западная Якутия, палеотектоника, эрозионный срез, ксенолит, критерии и признаки, месторождение, алмаз.

Введение

Прогнозирование и поиски коренных месторождений алмазов в «закрытых» районах Западной Якутии базируются преимущественно на эмпирическом подходе, основанном на выявлении разноранговых алмазоносных объектов по комплексу признаков и предпосылок [1–3]. Немаловажная роль при этом принадлежит тектоническим критериям. К их числу относятся не только рудовмещающие и рудоконтролирующие структуры и их парагенезисы, но и величина денудации кимберлитовых тел, влияющая на их размеры, а также на объем и качество минералов-спутников алмаза (МСА).

Методы исследований

Уровень эрозионного среза кимберлитовых тел определяется различными методами – морфогенетическим анализом диатрем, изменением не-

которых особенностей их вещественного состава с глубиной и пр. Наиболее точным для среднепалеозойских кимберлитов Западной Якутии считается метод палеогеологических (палеотектонических) реконструкций.

На первом этапе палеотектонические исследования осуществлялись в региональном масштабе с целью определения величины денудации кимберлитов и отражали лишь общие тенденции в изменении уровня эрозионного среза либо проводились для отдельных трубок и характеризовали усредненную величину их денудации. При этом тренд в изменении былой мощности перекрывающих пород по латерали зачастую не учитывался, а точность стратиграфической привязки поверхности кимберлитовых тел по вертикали определялась мощностью вмещающих свит, составляющей десятки метров.

Новые данные по геологии Далдыно-Алакитского алмазонасного района (ДААР), полученные при проведении алмазопроисковых работ в последнее десятилетие, позволяют нам избавиться от многих перечисленных недостатков и внести необходимые коррективы в расчеты и построения. Следует также иметь в виду, что эрозионный срез кимберлитовых тел не всегда сопоставим с полной реконструированной мощностью рудовмещающих пород по следующим причинам:

1) кимберлитовые тела и их отдельные фазы могли внедряться в разное время (в несколько циклов), когда средне- и нижнепалеозойские отложения были уже в той или иной мере разрушены и эродированы;

2) одновременно внедрившиеся кимберлитовые тела при расчлененном рельефе имели различный гипсометрический уровень поверхности. Одни располагались в долинах рек и в низинах,

другие – на водоразделах, а следовательно, срезались на разную величину;

3) нижнепалеозойские (ордовикские и силурийские), как и среднепалеозойские кимберлиты ранней эпохи (позднесилурийско-раннедевонские) могли быть погребены под ниже- и среднепалеозойскими отложениями, которые являются по отношению к ним перекрывающими, и, следовательно, их мощность не следует учитывать при расчете величины размыва кимберлитов. То есть эрозионный срез конкретного кимберлитового тела правомерно отождествлять с реконструированной мощностью отложений, ксенолиты которых оно содержит.

Оценка величины денудационного среза различных регионов Западной Якутии, включая территории расположения кимберлитовых полей, по мелкомасштабным геологическим, тектоническим картам и схемам проводилась ранее (табл. 1). Существенные расхождения в оценке

Таблица 1

Денудационный срез кимберлитовых полей ЯАП из разных источников

Table 1

Denudation section of kimberlite fields of the YaDP from different sources

Источник сведений	Кимберлитовое поле							
	Мирнинское (Малоалобитовское)	Алакит-Мархинское (Алакитское)	Далдыноское	Верхнемунское	Чомурдахское	Зап.-Укуйское, Вост.-Укуйское, Огонер-Юряхское	Мерчимденское	Толуопское, Куойско-Молодинское
Брахфогель Ф.Ф., 1984 [4]	300 ±50	650 ±50	950 ±70	1300 ±200	1600 ±300	1600 ±300	1700 ±350	1900 ±350
Алмазные месторождения... 1959 [5]	100–150	Сотни метров	–	–	–	–	–	–
Михайлов М.В., Гридасов Н.В., 1963 [6]	500–600	Сотни метров	–	–	–	–	–	–
Рожков И.С., 1964 [7]	200–350	200	500	Возрастание				1500–2000
Милашев В.А., 1965 [8]		300	До 680		150–350		–	–
Леонов Б.Н. и др., 1966 [9]	–	–	–	200–300	200–300	100–300	200–300	500–700
Алмазонасные россыпи..., 1967 [10]	325	–	–	200–300	200–300	100–300	200–300	–
Отнюков Н.И., 1971 [11]	80–120	270–310	580–600	–	–	–	–	–
Данные Михайлова М.В., Харьюзова Л.С.	500–600	400		250	800		700	450

эрозионного среза отдельных кимберлитовых полей обусловлены, в основном, эпохами их формирования, принимаемыми авторами. Среднепалеозойские поля, как правило, размыты значительно, чем мезозойские, хотя бывают и исключения.

В данной работе выполнены детальные реконструкции величины эрозионного среза центральной, преимущественно закрытой, части Алаakit-Мархинского кимберлитового поля (АМКП). Для установления величины размыва кимберлитовых тел необходимы сведения об их возрасте и мощности эродированных (реконструированных) рудовмещающих пород.

Возраст кимберлитов

В палеозойской истории Центрально-Сибирской алмазоносной субпровинции кимберлитовый магматизм приурочен к трем палеотектоническим нишам: 1 – поздний ордовик; 2 – поздний силур–ранний девон; 3 – поздний девон–ранний карбон. Палеотектонические ниши – это эпохи длительного устойчивого воздымания обширных участков древних платформ, которым соответствуют периоды активизации кимберлитового магматизма [12–16]. Нижние алмазоносные ниши подтверждаются перерывами в осадконакоплении, установленными по геолого-стратиграфии.

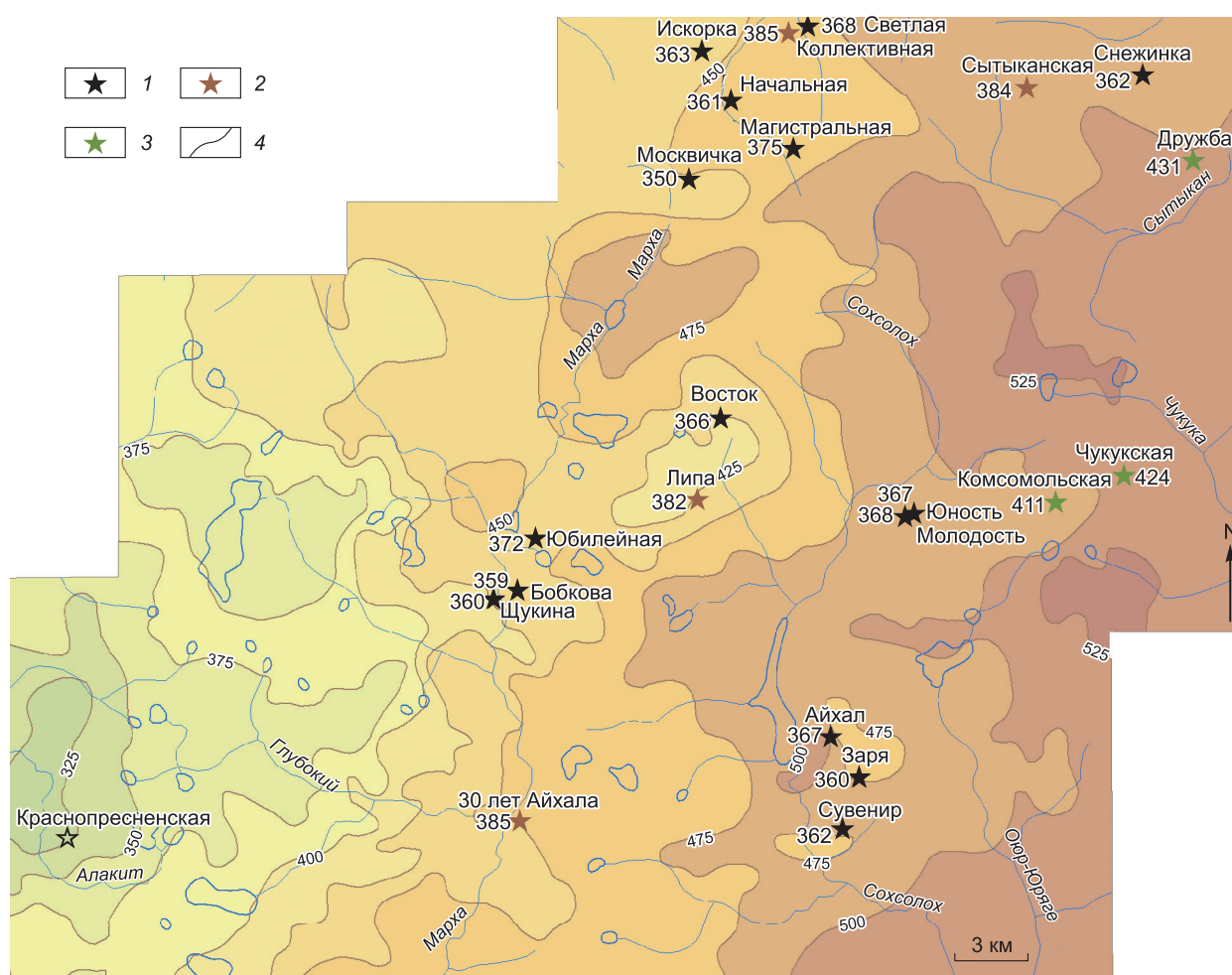


Рис. 1. Схема эрозионного среза рудовмещающих отложений центральной части Алаakit-Мархинского кимберлитового поля.

1–3 – коренные месторождения алмазов и кимберлитовые трубки, их названия: 1 – позднедевонско-раннекаменноугольного возраста, 2 – среднедевонского возраста, 3 – позднесилурийско-раннедевонского возраста; 4 – изопахиты эродированных рудовмещающих отложений и кимберлитовых тел позднедевонско-раннекаменноугольной эпохи, м.

Fig. 1. Scheme of erosion section of ore-bearing deposits of central part of the Alakit-Marxinsky kimberlite field.

1–3 – primary diamond deposits and kimberlite pipes, names: 1 – Late Devonian-Early Carboniferous, 2 – Middle Devonian, 3 – Late Silurian-Early Devonian; 4 – isopachs of eroded ore-bearing deposits and kimberlite bodies of the Late Devonian-Early Carboniferous era, m.

ческим данным, а их потенциальная алмазоносность – немногочисленными абсолютными датировками отдельных кимберлитовых тел. Верхняя, позднедевонско-раннекаменноугольная ниша является наиболее масштабной и достоверной, подтвержденной не только многочисленными датировками кимберлитовых тел соответствующего возраста, но и продуктами их разрушения.

Геологический возраст кимберлитовых тел определяется по комплексу данных. При этом наиболее важную роль играет их стратиграфическое положение. Точность метода зависит от полноты разреза рудовмещающих и перекрывающих пород, а также от детальности их расчленения. Стратиграфический возраст кимберлитовых тел АМКП, исходя из того, что они прорывают отложения ордовика и нижнего силура, а их большая часть перекрыта отложениями среднего–верхнего карбона, определяется в интервале нижний силур–средний карбон. При слабой геологической изученности, отсутствии отложений, близсинхронных кимберлитам, что не позволяет с требуемой точностью определить их возрастную принадлежность, она устанавливается другими способами. К наиболее распространенным относятся абсолютное (радиологическое) датирование кимберлитовых пород и палеонтологическое изучение ксенолитов из кимберлитов.

Изотопное датирование кимберлитов. В настоящее время наиболее полная информация по абсолютному возрасту кимберлитов ЯАП собрана в цифровой базе данных НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО), в которой имеются материалы по 962 кимберлитовым телам. Все изотопные методы датирования кимберлитовых и родственных им пород обладают как достоинствами, так и недостатками. Главный их недостаток – не всегда геологически достоверный возраст, зачастую варьирующий в широком диапазоне. Наиболее надежными для кимберлитов считаются радиологические Rb–Sr и U–Pb-датировки.

Анализ радиологического датирования 23 кимберлитовых тел АМКП, включая месторождения трубок Юбилейная, Айхал, Сытыканская и Комсомольская показал, что поле в целом относится к среднепалеозойской эпохе. Основная масса изотопных данных приходится на интервал 350–385 млн лет. Наиболее древние датировки, отвечающие раннему девону – силуру, имеют трубки Комсомольская – 411 млн лет, Чукукская – 424 млн лет, Дружба – 431 млн лет [13, 17] (рис. 1).

Ксенолиты осадочных пород в кимберлитовых телах также являются возрастным репером.

Они встречаются достаточно часто, хотя в последние десятилетия объем этих исследований заметно сократился. Следует отметить высокую информативность микрофауны и особенно конодонтов [18, 19]. При определении границ систем, отделов и ярусов, корреляции толщ и решении других вопросов стратиграфии палеозоя (от среднего кембрия до среднего карбона) конодонты являются руководящей группой.

Анализ материала позволяет относить АМКП к полихронным полям, формировавшимся в основном в позднедевонско-раннекаменноугольную эпоху, но однозначно, по мнению Э.А. Шамшиной [12], имеющим тела позднесилурийской–раннедевонской эпохи. Полихронность кимберлитовых тел в отдельных полях поддерживается многими исследователями [4, 13, 20].

Реконструкция разреза кимберлитовмещающих отложений

Наиболее полная палеонтологически подтвержденная реконструкция средне-нижнепалеозойских пород, вмещающих среднепалеозойские кимберлиты ЯАП, выполнена Ф.Ф. Брахфогелем [4]. В пределах АМКП, учитывая быстрое развитие отложений ордовика, силура и девона, установленных в ксенолитах из кимберлитов, их мощность оценивалась в 650 ± 50 м. Основанием для уточнения эрозионного среза АМКП послужили следующие причины. Эрозионный срез кимберлитовых полей ЯАП по разным источникам существенно различается (см. табл. 1). Кроме того, для корректного определения уровня денудации конкретного кимберлитового тела требуется непрерывная (площадная) информация о ее величине в пределах поля, которая в настоящее время отсутствует. К примеру, мощность размытых отложений нижнего силура и, как следствие, эрозионный срез кимберлитов на западной и восточной окраинах АМКП различается приблизительно на 200 м. Уничтоженные эрозией толщи по надежности и точности реконструкций разделены на два типа: достоверные и низко достоверные (рис. 2).

Достоверные реконструкции (ближняя корреляция разрезов) выполнены по детально изученным разрезам ордовика и нижнего силура, сохранившимся в пределах АМКП и участка Среднеморкокинский (см. рис. 2). Точность таких реконструкций составляет ± 5 м, а с учетом интерполяции, суммирования и осреднения мощностей может снижаться до ± 25 м. Высокая достоверность реконструкций отложений ордовика и

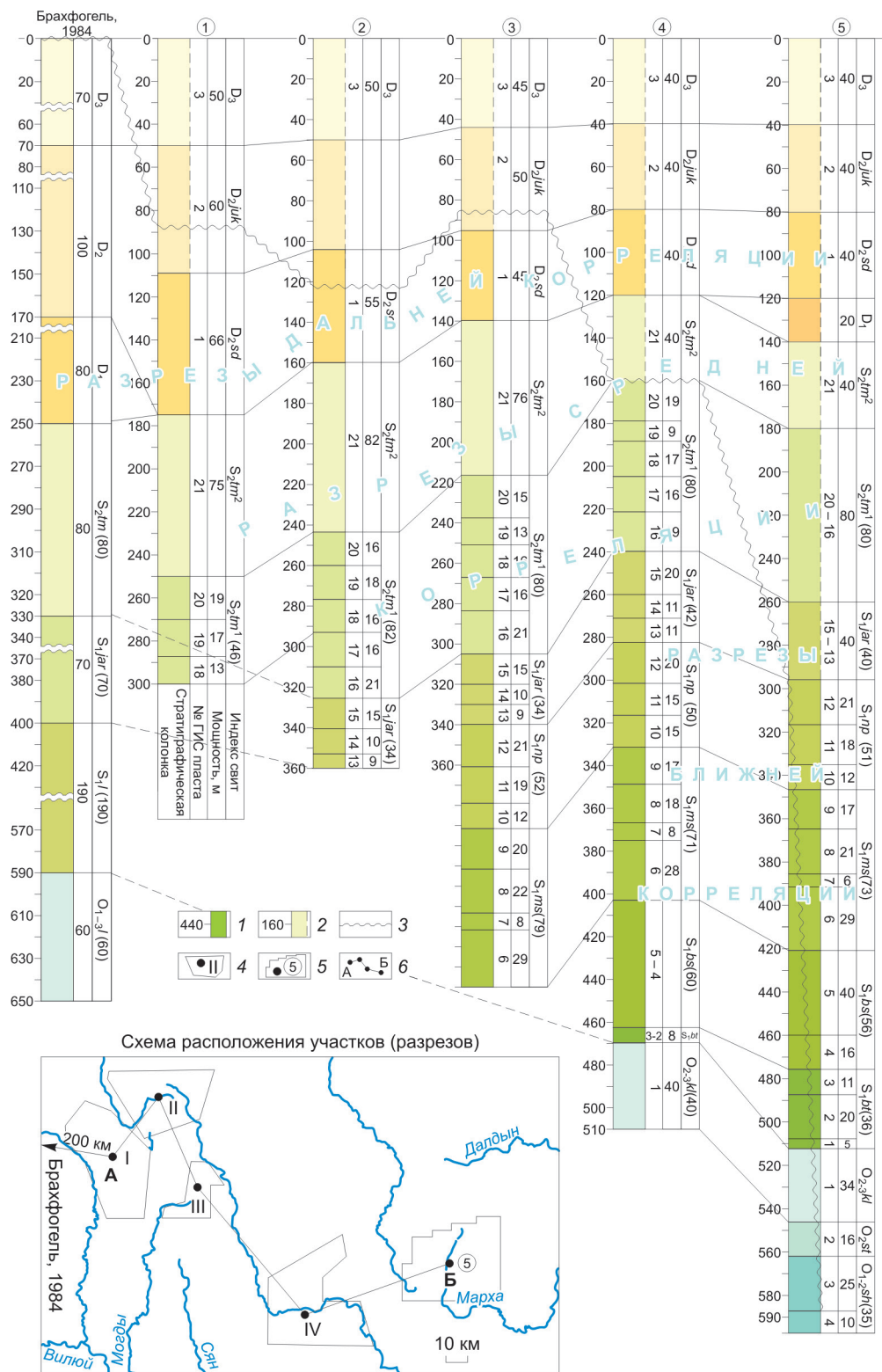


Рис. 2. Корреляция разрезов нижнего и среднего палеозоя Далдыно-Алакитского алмазоносного района и реконструкция рудовмещающих отложений Алакит-Мархинского кимберлитового поля.

1, 2 – разрезы: 1 – вскрытые скважинами; 2 – реконструированные; 3 – современное положение верхнепалеозойской поверхности несогласия.

На врезке схема расположения участков (разрезов): 4 – контуры участков, изученных в последние десятилетия бурением в комплексе с ГИС (I – Могдинский, II – Верхне-Томбинский, III – Верхнеморкокинский, IV – Среднеморкокинский); 5 –

центральная, преимущественно погребенная часть Алаakit-Мархинского кимберлитового поля; 6 – линия палеогеологического профиля А-Б.

Fig. 2. Correlation of sections of the Lower and Middle Paleozoic of the Daldyno-Alakitsky diamondiferous region and reconstruction of ore-bearing deposits of the Alakit-Markhinsky kimberlite field.

1, 2 – sections: 1 – opened by boreholes, 2 – reconstructed; 3 – current position of the Upper Paleozoic surface of dissonant. Sidebar. Layout of sites (sections): 4 – contours of sites studied in recent decades by drilling in complex with GRB: I – Mogdinsky, II – Verkhne-Tombinsky, III – Verkhnemorkokinsky, IV – Srednemorkokinsky; 5 – central mostly buried part of the Alakit-Markhinsky kimberlite field; 6 – line of paleogeological profile A-B.

силура в пределах поля достигается благодаря их детальному стратиграфическому расчленению с использованием геофизических исследований скважин (ГИС) на пачки (пласты) мощностью первые десятки метров, с точностью до 1 м.

Кимберлитовмещающие породы на площади АМКП, выходящие на поверхность несогласия с перекрывающими верхнепалеозойскими отложениями, представлены четырьмя свитами нижнего силура (снизу вверх): байтахской, башенной, машковской и непперендинской, расчлененными на 12 ГИС-пластов, детализирующих их строение (см. рис. 2). Отложения ордовика представлены тремя свитами (сверху вниз): кылахской, сытыканской и, частично, сохолоохской, отвечающими трем ГИС-пластам. Суммарная мощность перечисленных выше свит ордовика и силура определяет величину эродированной нижней части рудовмещающих отложений. В пределах АМКП она составляет порядка 280 м, из которых около 210 м приходится на нижний силур, а 70 м – на отложения ордовика (см. рис. 2). Наиболее полные разрезы кимберлитовмещающих отложений вскрыты в западной части поля, а минимальные – в восточной.

К достоверным реконструкциям относятся также разрезы яральинской свиты нижнего силура, отсутствующие на площади АМКП, но имеющие широкое распространение на сопредельном участке Среднеморкокинский и к западу от него, где они детально изучены поисково-картировочными скважинами в комплексе с ГИС. Яральинская свита, венчающая разрез нижнего силура, представлена 13–15 ГИС-пластами общей мощностью 34–42 м. Учитывая близкую мощность разрезов свиты на площади ДААР, а также то, что на территории АМКП и Среднеморкокинской площади все свиты нижнего силура, за исключением нижней – байтахской, характеризуются близкими параметрами (см. рис. 2), мощность яральинской свиты для АМКП принимается 40 м, а нижнего силура в целом 250 м.

Следует отметить, что вскрытая скважинами полная мощность отдельных свит ордовика и ни-

жнего силура варьирует по латерали в достаточно широких пределах, как правило, в сторону уменьшения, но обычно укладывается в ± 25 м. Явных закономерностей в изменении каких-либо параметров этих свит в плане не наблюдается, хотя отмечается тенденция сокращения мощности некоторых из них в восточном и северном направлениях. Принимая во внимание, что ошибки при низкоинформативных реконструкциях могут достигать 100 м и более, полная мощность нижнего силура (ГИС-пласты 1–15) принята в целом для АМКП единой, равной 250 м, а ордовика (ГИС-пласты 1–3) – 70 м (см. рис. 2).

Низкодостоверные реконструкции эрозийного среза (разрезы, удаленные на десятки км) относятся к разрезам томбинской свиты верхнего силура, отсутствующим на площади АМКП. Они имеют широкое распространение на сопредельных участках Нижнетомбинский и Могдинский, а также в бассейне среднего–верхнего течения р. Моркока, где детально изучены поисково-картировочными скважинами в комплексе с ГИС. Отложения силура на западе ДААР расчленены по данным каротажа на 21 пласт (с 1 по 21) мощностью до 30 м и лишь пласт 21, представляющий верхнетомбинскую подсвиту, имеет мощность порядка 80 м (см. рис. 2). Отложения нижнетомбинской подсвиты залегают согласно на подстилающих отложениях яральинской свиты. Мощность подсвиты на изученных участках составляет 80–87 м. Она расчленена на 5 ГИС-пластов с 16 по 20, мощностью от 13 до 21 м каждый. На расстоянии более 70 км нижнетомбинская подсвита не испытывает заметных изменений, поэтому для АМКП ее мощность при реконструкциях принята в 80 м (см. рис. 2).

Верхнетомбинской подсвите соответствует пласт 21 ГИС. Ее мощность составляет 75–82 м, каких-либо изменений по латерали не наблюдается (см. рис. 2). На Среднеморкокинском участке верхнетомбинская подсвита либо не накапливалась, либо была размыва в жединском веке, когда происходило внедрение позднесилурийско-раннедевонских кимберлитов. В связи с этим на

площади АМКП мощность отложений верхне-томбинской подсвиты оценивается в половину ее максимального значения, т. е. в 40 м. Верхний силур, исходя из вышеизложенного, принимается для реконструкций в объеме 120 м, а силур в целом – в 370 м.

Сравнение восстановленной мощности силура (370 м) с ранее полученными значениями [4], по которым на площади АМКП она составляет 340 м, показывает вполне сопоставимые результаты. Разница в 30 м обусловлена, в основном, разночтениями в мощностях томбинской свиты – 120 м по сравнению с ранее предполагаемой 80 м [4].

К низкодостоверным реконструкциям (зона дальней корреляции разрезов – десятки–сотни километров) отнесены также разрезы девона, известные на смежных площадях. Ориентировочная точность, оцениваемая в ± 50 –100 м, связана с ограниченным распространением, меньшей мощностью и слабой изученностью. Отложения девона на территории ДААР не расчленены на ГИС-пласты, поскольку данных для этого не достаточно. В современном разрезе АМКП они отсутствуют, а установлены на западной окраине ДААР в объеме сиденской (полный разрез) и юктинской (фрагмент подошвенной части) свит, относящихся к эйфельскому и живетскому ярусам среднего девона. Более широко в возрастном отношении – всеми отделами девона, разрез представлен датированными ксенолитами из кимберлитов АМКП.

По данным ГРР, выполненных в последние десятилетия АК «АЛРОСА» на западе ДААР, отложения нижнего девона из разреза выпадают. Рассматривая особенности их распространения с позиции наличия датированных ксенолитов в кимберлитах, есть основание полагать, что кратковременные трансгрессии достигали в зегинском веке площади АМКП. На этих основаниях мощность отложений нижнего девона для АМКП принимается в 20 м.

Отложения среднего девона представлены на сопредельных площадях северо-востока Тунгусской синеклизы образованиями сиденской и юктинской свит. Полная мощность среднего девона оценивается в 20–80 м [4] или до 30 м [21]. Существование юктинской свиты на площади АМКП в момент внедрения кимберлитов подтверждается находками ксенолитов с обильной фауной живетского яруса. Исходя из этого, в

пределах поля мощность юктинской свиты реконструируется в 40 м, а средний девон, в составе сиденской и юктинской свит, – в объеме 80 м.

Верхний девон на рассматриваемых площадях реконструирован в составе накахозской и каларгонской свит в объеме 20–57 м [21], а по [4] – в 70 м. Нами мощность верхнего девона в пределах АМКП оценивается в 40 м.

Восстановленная мощность отложений нижнего, среднего и верхнего девона в пределах АМКП составляла, по нашим оценкам: 20, 80 и 40 м соответственно, а в сумме 140 м (см. рис. 2). Мощность девона в условиях ограниченного объема фактических данных и фрагментарности развития, при отмеченной выше точности реконструкций (± 100 м) для всей площади АМКП принята единой.

Ф.Ф. Брахфогелем [4] в пределах АМКП отложения нижнего, среднего и верхнего отделов девона реконструированы в 80, 100 и 70 м соответственно, а в сумме 250 м.

Значительное сокращение мощности (на 110 м) обусловлено, в основном, отсутствием в разрезах ДААР отложений нижнего девона. Исходя из наличия ксенолитов в кимберлитах с фауной зегинского яруса, он оценен для АМКП в 20 м, против 80 м у Ф.Ф. Брахфогеля [4]. Меньшие значения установлены и для других отделов девона. Принятая в данной работе мощность ближе к предполагаемой Р.Г. Матухиным [21], хотя достоверность как тех, так и других реконструкций невысокая.

Нижекаменноугольные отложения турнейского яруса нижнего карбона, которые на Сибирской платформе относятся к среднепалеозойскому тектономагматическому этапу, на площади ДААР не установлены.

Таким образом, максимальный размыв рудовмещающих отложений, отмечаемый на восточной периферии АМКП, реконструирован в следующем виде: ордовик – 70 м; силур – 370 м; девон – 140 м. Всего – 580 м (см. рис. 2).

По данным Ф.Ф. Брахфогеля [4] (см. таблицу), денудационный срез кимберлитов АМКП оценивается в 650 ± 50 м. Он включает отложения: ордовика – 60 м, силура – 340 м, девона – 250 м. Разница выполненных и ранее полученных расчетов максимальной мощности эродированных рудовмещающих толщ в пределах АМКП составляет 70 м, что сопоставимо с принятой погрешностью реконструкций.

Эрозионный срез кимберлитов и вмещающих пород

Основной задачей исследований является определение уровня эрозионного среза рудовмещающих пород и кимберлитовых тел АМКП. Различные участки поля, как было отмечено выше, различаются уровнем денудации, а выполненными выше реконструкциями установлено лишь ее максимальное значение. Непрерывную (площадную) оценку уровня денудации наиболее точно отображает карта (схема) остаточной мощности, на которой в изопактах показана мощность сохранившихся от размыва нижнепалеозойских отложений [22]. Палеотектонические карты подобного типа широко используются при проведении алмазопромысловых работ в Западной Якутии. К сожалению, они позволяют судить лишь об относительной величине размыва изучаемых толщ. Абсолютные значения уровня денудации вмещающих пород и кимберлитовых трубок отражают схемы эрозионного среза. Фактическим материалом для проведения реконструкций послужили результаты, изложенные в поисковых отчетах ГРК АК «АЛРОСА» (ПАО) и других геологических организаций, а также литературные источники, приведенные в списке.

Схема эрозионного среза Алаakit-Мархинского поля, полученная как разность восстановленной толщи кимберлитовмещающих отложений и мощности сохранившейся от размыва, позволяет уточнить уровень денудации кимберлитовмещающих

пород и, соответственно, конкретных кимберлитовых тел АМКП (табл. 2, см. рис. 1).

Эрозионный срез кимберлитовмещающих отложений в центральной части АМКП изменяется от 320 м на западе до 530 м на востоке. Минимальный срез отмечается в районе трубки Краснопресненская (~325 м), а максимальный – трубка Айхал, Заря, Сытыканская и Комсомольская (480–500 м). Трубка Комсомольская является, по видимому, менее денудированной, поскольку, согласно изотопным датировкам, относится к позднесилурийско-раннедевонской эпохе кимберлитообразования. Ее срез меньше на величину мощности девонских отложений, т. е. на 140 м, поскольку они для данной диаграммы являются перекрывающими. Однако, в эти расчеты необходимо внести поправку. Учитывая, что раннедевонская деструктивная стадия сопровождалась в жединском веке частичным размывом отложений томбинской свиты, оцениваемым в 40 м, разница в эрозионном срезе трубки Комсомольская составит не 140, а 100 м, т. е. ее эрозионный срез составит ~390 м. Хотя и эти расчеты могут содержать ошибки, поскольку как наиболее древние, так и более молодые трубки, внедрившиеся, соответственно, до формирования отложений верхнего девона либо уже после их размыва, также не будут содержать ксенолитов этих пород. Так, например, тр. Сытыканская, которая судя по разным абсолютным датировкам – 384 ± 14 и 344 млн лет, могла внедриться как в

Таблица 2

Эрозионный срез кимберлитов Алаakit-Мархинского рудного поля и вмещающих пород

Table 2

Erosion section of kimberlites of the Alakit-Markhinsky ore field and host rocks

Название трубок – месторождений	Эрозионный срез рудовмещающих пород, м	Эрозионный срез месторождений, м		Возраст кимберлитовых трубок	
		Достоверный	Предполагаемый	Датированные ксенолиты	Абс. возраст, млн лет
Краснопресненская	325		До 100		
Юбилейная	450	450		O ₁ ar–D ₃ fr	341–354 и 366
Айхал	500	500		D ₃ fr	344–384±24
Заря	480		100–480		360
Комсомольская	490	390			409, 419 и 422
Сытыканская	490		100–490	O ₁ tr–S ₁ l	384±14 и 344

Примечание. Данные из источников: [4, 13, 17, 20, 23, 24] и др.

Note. Data from sources: [4, 13, 17, 20, 24], etc.

раннем карбоне (после завершения процессов денудации), так и до образования отложений среднего–верхнего девона.

Точность относительной величины денудации палеонтологически датированных кимберлитовых тел при высокодостоверных реконструкциях оценивается в ± 25 м. Косвенным доказательством правомерности принятой в расчетах ошибки и, как следствие, корректности выполненных реконструкций является то, что разница среза кимберлитовмещающих толщ и кимберлитов АМКП, установленная в настоящей работе и предшественниками [4], составляет 60 м ($\sim 10\%$), т. е. укладывается в обозначенный коридор ± 100 м.

Выполненные палеотектонические исследования могут использоваться при палеогеологическом и палеотектоническом анализе кимберлитовых полей и других площадей, изученных бурением в комплексе с ГИС. Представленная схема эрозионного среза однозначно указывает, что максимальная денудация восточной части поля АМКП обусловлена тектонической составляющей – региональным воздыманием ее в позднем девоне–раннем карбоне. Среднемасштабные и локальные структуры на схеме (см. рис. 1) имеют как эрозионный, так и тектонический генезис. Более детальный анализ при палеогеографических и палеотектонических реконструкциях выполняется с помощью комплекта карт (схем), включающих, кроме выше охарактеризованной, схему погребенного рельефа нижнепалеозойской поверхности и структурно-тектоническую карту кимберлитовмещающих пород. Комплекс тектонических схем дает возможность осуществлять морфогенетический анализ погребенной нижнепалеозойской поверхности (воссоздать историю его формирования и развития), а также выделять и проследивать разновозрастные разрывные нарушения и пликативные дислокации [22, 25].

Заключение

1. Историко-геологический анализ Алакит-Мархинского кимберлитового поля, выполненный на основе палеотектонических карт и схем, геопрофилей, результатов датирования кимберлитов и прочих геолого-геофизических данных, позволяет более детально и обоснованно подойти к решению проблемы эрозионно-денудационного среза кимберлитовых тел и вмещающих пород.

2. Эрозионный срез средне- и нижнепалеозойских пород центральной части Алакит-Мархинского кимберлитового поля изменяется от 320 до

530 м, а кимберлитовых тел, содержащих ксенолиты из кимберлитов с достоверно определенной фауной верхнего девона, – от 325 м до 500 м.

3. Учитывая высокую точность определения микрофауны и, особенно, конодонтов, по которым в настоящее время для Сибири разработаны детальные зональные шкалы, необходимо провести опробование ксенолитов осадочных пород из кимберлитовых трубок для определения их ярусной принадлежности, с целью уточнения эрозионного среза.

4. Апробированная методика определения эрозионного среза Алакит-Мархинского рудного поля, с определенными коррективами, может использоваться для других кимберлитовых полей Западной Якутии.

Литература

1. Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. М.: Недра, 1998. 555 с.
2. Подчасов В.М., Минорин В.Е., Богатых И.Я., Голубев Ю.К., Граханов С.А., Кривonos В.Ф., Подвысоцкий В.Т., Харьков А.Д., Эринчек Ю.М., Ягнышев Б.С. Геология, прогнозирование, методика поисков, оценки и разведки коренных месторождений алмазов. Кн. 1. Коренные месторождения. Якутск: ЯФ ГУ «Издательство СО РАН», 2004. 548 с.
3. Горев Н.И. Тектонические исследования при прогнозировании коренных источников алмазов // Алмазная геология в АК «АЛРОСА» – настоящее и будущее. Воронеж, ВГУ, 2005. С. 1175–1202.
4. Брахфогель Ф.Ф. Геологические аспекты кимберлитового магматизма северо-востока Сибирской платформы. Якутск, 1984. 128 с.
5. Алмазные месторождения Якутии / Бобриневич А.П., Бондаренко М.Н., Гневушев М.А. и др. М.: Госгеолтехиздат, 1959. 527 с.
6. Михайлов М.В., Гридасов Н.В. К вопросу о возрасте кимберлитовой трубки Мир // Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР. Вып. 11. Якутск, 1963. С. 64–70.
7. Рожков И.С. Закономерности размещения россыпей и их коренных источников на территории Якутии // Геология россыпей Якутии. М., 1964. С. 5–43.
8. Милашев В.А. Петрохимия кимберлитов Якутии и факторы их алмазности. Л.: Недра, 1965. 160 с. (Труды НИИГА; Т. 139).
9. Леонов Б.Н., Прокопчук В.И., Орлов Ю.Л. Алмазы Приленской области. М.: Недра, 1966. 279 с.
10. Алмазные россыпи Западной Якутии / Рожков И.С., Михалев Г.П., Прокопчук Б.И., Шамшина Э.А. М.: Наука, 1967. 280 с.
11. Отнюков Н.И. Новые данные о глубине денудационного среза кимберлитовых трубок Мало-Бо-

- туобинского района // Геология и геофизика. 1971. № 4. С. 143–147.
12. Брахфогель Ф.Ф., Зайцев А.И., Шамина Э.А. Возраст кимберлитовых магматитов – основа прогнозирования алмазности территорий // Советская геология. 1977. № 9. С. 20–24.
13. Зайцев А.И., Смелов А.П. Изотопная геохронология пород кимберлитовой формации Якутской провинции / ИГАБМ СО РАН. Якутск, 2010. 108 с.
14. Кривонос В.Ф., Прокопчук Б.И. Эпохи кимберлитового вулканизма на северо-востоке Сибирской платформы // Советская геология. 1973. № 3. С. 11–20.
15. Зинчук Н.Н., Савко А.Д., Шевырев Л.Т. О количестве эпох мощного корообразования и кимберлитового магматизма в неогее Земли // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков алмазных месторождений. Мирный, 1998. С. 48–51.
16. Савко А.Д., Шевырев Л.Т., Зинчук Н.Н. Эпохи мощного корообразования и алмазного магматизма в истории Земли. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1999. 102 с.
17. Jing Sun, Chuan-Zhou Liu, Tappe S., Kostrovitsky S.I., Fu-Yuan Wu, Yakovlev D., Yue-Heng Yang, Jin-Hui Yang. Repeated kimberlite magmatism beneath Yakutia and its relationship to Siberian flood volcanism: Insights from in situ U-Pb and Sr-Nd perovskite isotope analysis // Earth and Planetary Science Letters. 2014. No 404. P. 283–295.
18. Тарабукин В.П. Конодонты из ксенолитов осадочных пород в кимберлитовых трубках Далдыно-Алакитского района (восточная часть Сибирской платформы) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2003. № 2. С. 102–112.
19. Тарабукин В.П., Каныгин А.В., Смирнов Д.Л. и др. Находки палеозойских конодонтов в ксенолитах кимберлитовых трубок Сибирской платформы // Геология и геофизика, 1999. Т. 40, № 6. С. 834–842.
20. Девис Г.Л., Соболев Н.В., Харькив А.Д. Новые данные о возрасте кимберлитов Якутии, полученные уран-свинцовым методом по цирконам // Докл. АН СССР. 1980. Т. 254, № 1. С. 175–179.
21. Матухин Р.Г. Девон и нижний карбон Сибирской платформы (состав, условия осадконакопления, минерогения). Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1991. 164 с.
22. Горев Н.И., Герасимчук А.В. Специализированные тектонические карты при прогнозировании коренных месторождений алмазов на Сибирской платформе: методика составления и анализа // Руды и металлы. 2017. № 4. С. 25–41.
23. Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Геолого-генетические основы шлихо-минералогического метода поисков алмазных месторождений. М.: Недра, 1995. 348 с.
24. Афанасьев В.П., Агашев А.М., Похиленко Н.П. Основные черты истории и условий формирования ореолов индикаторных минералов кимберлитов Сибирской платформы // Геология рудных месторождений. 2013. Т. 55, № 4. С. 295–304.
25. Горев Н.И., Манаков А.В., Эринчек Ю.М., Гарат М.Н. Особенности строения осадочного чехла Малоботуобинского алмазного района Якутии по данным палеоструктурного анализа // Региональная геология и металлогения. 1994. № 2. С. 132–144.

Поступила в редакцию 04.12.2019

Принята к публикации 17.02.2020

Об авторах

ГОРЕВ Николай Иванович, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Научно-исследовательское геологическое предприятие (НИГП) АК «АЛРОСА» (ПАО), Россия, 678174, Мирный, Чернышевское шоссе, 16, GorevNI@alrosa.ru;

ШАХУРДИНА Надежда Константиновна, старший научный сотрудник, Научно-исследовательское геологическое предприятие (НИГП) АК «АЛРОСА» (ПАО), Россия, 678174, Мирный, Чернышевское шоссе, 16, ShakhurdinaNK@alrosa.ru;

САЛИХОВ Равиль Фанисович, главный специалист, Вилуйская геологоразведочная экспедиция (ВГРЭ) АК «АЛРОСА» (ПАО), Россия, 678190, Республика Саха (Якутия), п. Айхал, ул. Первооткрывателей, 1, SalikhovRF@alrosa.ru;

ПРОЦЕНКО Елена Викторовна, заведующий отделом, Научно-исследовательское геологическое предприятие (НИГП) АК «АЛРОСА» (ПАО), Россия, 678174, Мирный, Чернышевское шоссе, 16, ProtsenkoEV@alrosa.ru.

Горев Н.И., Шахурдина Н.К., Салихов Р.Ф., Проценко Е.В. К вопросу об эрозионном срезе кимберлитов Алаakit-Мархинского рудного поля // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2020, Т. 25, № 1. С. 20–31. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2020-25-1-2>

DOI 10.31242/2618-9712-2020-25-1-2

To the question concerning the erosion section of kimberlites of the Alakit-Markhinsky ore field

N.I. Gorev^{1*}, N.K. Shakhurdina¹, R.F. Salikhov², E.V. Protsenko¹

¹Geo-Scientific Research Enterprise ALROSA (PJSC), Mirny, Russia

²Vilyui Exploration Expedition ALROSA (PJSC), Aykhal, Republic of Sakha (Yakutia), Russia

*GorevNI@alrosa.ru

Abstract. Erosion section of kimberlite bodies and host rocks is one of the prognostic and search criteria of the primary diamond deposits of Western Yakutia. The depth of erosion and the intensity of kimberlite weathering determine the scale and quality of placer diamondiferousness and the contrast of the halos of satellite minerals – direct exploratory signs of deposits. The material for the retrospective analysis of the Alakit-Markhinsky ore field was the available information on the geology of the area: stratigraphy, tectonics, paleogeography, isotopic and paleontological dating of kimberlites, well logging etc. The procedure of investigations and analysis of specialized tectonic maps and schemes is considered, allowing determination of erosion section of buried kimberlite fields and deposits. It is shown that paleogeological reconstructions based on large-scale cartographic materials using logging data make it possible to calculate the level of erosion cut of kimberlites and host rocks with an accuracy of ± 5 to ± 100 m (up to 10–20 % of the denudation value). As a result of investigation, it was found that the kimberlite bodies of the Alakit-Markhinsky ore field are eroded to a depth of 325 to 500 m, increasing eastward. The existence of two epochs of kimberlite magmatism in the Middle Paleozoic is confirmed, while the Late Devonian-Early Carboniferous kimberlites differ from Late Silurian-Early Devonian ones in larger denudation comparable with the reconstructed thickness of the Devonian deposits..

Key words: kimberlite, Western Yakutia, paleotectonics, erosion section, xenolith, criteria and signs, deposit, diamond.

References

1. Khar'kiv A.D., Zinchuk N.N., Kryuchkov A.I. Korennyye mestorozhdeniya almazov mira. M.: Nedra, 1998. 555 p.
2. Podchasov V.M., Minorin V.Ye., Bogatykh I.Ya., Golubev Yu.K., Grakhanov S.A., Krivonos V.F., Podvysotskiy V.T., Khar'kiv A.D., Erinchek Yu.M., Yagnyshev B.S. Geologiya, prognozirovaniye, metodika poiskov, otsenki i razvedki korennykh mestorozhdeniy almazov. Kniga 1. Korennyye mestorozhdeniya. Yakutsk: YAF GU «Izdatel'stvo SO RAN», 2004. 548 p.
3. Gorev N.I. Tektonicheskiye issledovaniya pri prognozirovanii korennykh istochnikov almazov // Almaznaya geologiya v AK «ALROSA» – nastoyashcheye i budushcheye». Voronezh: VGU, 2005. P. 1175–1202.
4. Brakhfogel' F.F. Geologicheskiye aspekty kimberlitovogo magmatizma severo-vostoka Sibirskoy platformy. Yakutsk, 1984. 128 p.
5. Almaznyye mestorozhdeniya Yakutii / Bobriyevich A.P., Bondarenko M.N., Gnevushev M.A. i dr. M.: Gosgeoltekhizdat, 1959. 527 p.
6. Mikhaylov M.V., Gridasov N.V. K voprosu o vozraste kimberlitovoy trubki Mir // Materialy po geologii i poleznym iskopayemym Yakutskoy ASSR. Iss. 11. Yakutsk, 1963. P. 64–70.
7. Rozhkov I.S. Zakonomernosti razmeshcheniya rossypey i ikh korennykh istochnikov na territorii Yakutii // Geologiya rossypey Yakutii. M., 1964. P. 5–43.
8. Milashev V.A. Petrokhimiya kimberlitov Yakutii i faktory ikh almazonosnosti. L.: Nedra, 1965. 160 p. (Trudy NIIGA; Vol. 139).

9. Leonov B.N., Prokopchuk V.I., Orlov Yu.L. Almazy Prilenskoy oblasti. M., Nedra, 1966. 279 p.
10. *Almazonosnyye rossypi Zapadnoy Yakutii* / Rozhkov I.S., Mikhalev G.P., Prokopchuk B.I., Shamshina E.A. M.: Nauka, 1967. 280 p.
11. Otnyukov N.I. Novyye dannyye o glubine denudatsionnogo sreza kimberlitovykh trubok Malo-Botuobinskogo rayona // *Geologiya i geofizika*. 1971. No. 4. P. 143–147.
12. Brakhfogel' F.F., Zaytsev A.I., Shamshina E.A. Vozrast kimberlitovykh magmatitov – osnova prognozirovaniya almazonosnosti territorii // *Sovetskaya geologiya*. 1977. No. 9. P. 20–24.
13. Zaytsev A.I., Smelov A.P. Izotopnaya geokhronologiya porod kimberlitovoy formatsii Yakutskoy provintsii / IGABM SO RAN. Yakutsk, 2010. 108 p.
14. Krivonos V.F., Prokopchuk B.I. Epokhi kimberlitovogo vulkanizma na severo-vostoke Sibirskoy platformy // *Sovetskaya geologiya*. 1973. No. 3. P. 11–20.
15. Zinchuk N.N., Savko A.D., Shevyrev L.T. O kolichestve epokh moshchnogo koroobrazovaniya i kimberlitovogo magmatizma v neogeey Zemli // *Geologiya, zakonovernosti razmeshcheniya, metody prognozirovaniya i poiskov almaznykh mestorozhdeniy*. Mirnyy, 1998. P. 48–51.
16. Savko A.D., Shevyrev L.T., Zinchuk N.N. Epokhi moshchnogo koroobrazovaniya i almazonosnogo magmatizma v istorii Zemli. Voronezh: Izd-vo VGU, 1999. 102 p.
17. Jing Sun, Chuan-Zhou Liu, Tappe S., Kostrovitsky S.I., Fu-Yuan Wu, Yakovlev D., Yue-Heng Yang, Jin-Hui Yang. Repeated kimberlite magmatism beneath Yakutia and its relationship to Siberian flood volcanism: Insights from in situ U-Pb and Sr-Nd perovskite isotope analysis // *Earth and Planetary Science Letters*. 2014. No. 404. P. 283–295.
18. Tarabukin V.P. Konodonty iz ksenolitov osadochnykh porod v kimberlitovykh trubkakh Daldyno-Alakitskogo rayona (vostochnaya chast' Sibirskoy platformy) // *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya*. 2003. No. 2. P. 102–112.
19. Tarabukin V.P., Kanygin A.V., Smirnov D.L. i dr. Nakhodki paleozoyskikh konodontov v ksenolitakh kimberlitovykh trubok Sibirskoy platformy // *Geologiya i geofizika*, 1999. Vol. 40. No. 6. P. 834–842.
20. Devis G.L., Sobolev N.V., Khar'kov A.D. Novyye dannyye o vozraste kimberlitov Yakutii, poluchennyye uran-svintsovyim metodom po tsirkonam // *Dokl. AN SSSR*. 1980. Vol. 254, No. 1. P. 175–179.
21. Matukhin R.G. Devon i nizhniy karbon Sibirskoy platformy (sostav, usloviya osadkonakopleniya, mineralogeniya). Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-niye, 1991. 164 p.
22. Gorev N.I., Gerasimchuk A.V. Spetsializirovannyye tektonicheskiye karty pri prognozirovanii kornykh mestorozhdeniy almazov na Sibirskoy platforme: metodika sostavleniya i analiza // *Rudy i metally*. 2017. No. 4. P. 25–41.
23. Khar'kov A.D., Zinchuk N.N., Kryuchkov A.I. Geologo-geneticheskie osnovy shliho-mineralogicheskogo metoda poiskov almaznykh mestorozhdeniy. M.: Nedra, 1995. 348 p.
24. Afanas'yev V.P., Agashev A.M., Pokhilenko N.P. Osnovnyye cherty istorii i usloviy formirovaniya oreolov indikatornykh mineralov kimberlitov Sibirskoy platformy // *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*. 2013. Vol. 55, No. 4. P. 295–304.
25. Gorev N.I., Manakov A.V., Erinchek Yu.M., Garat M.N. Osobennosti stroyeniya osadochnogo chekhla Malobotuobinskogo almazonosnogo rayona Yakutii po dannym paleostrukturnogo analiza // *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 1994. No. 2. P. 132–144.

About the authors

GOREV Nikolai Ivanovich, candidate of Science in Geology and Mineralogy, leading researcher, Geo-Scientific Research Enterprise, Public Joint Stock Company «ALROSA», 16 Chernyshevskoe sh., Mirny, GorevNI@alrosa.ru;

SHAKHURDINA Nadezhda Konstantinovna, senior researcher, Geo-Scientific Research Enterprise, Public Joint Stock Company «ALROSA», 16 Chernyshevskoe sh., Mirny, ShakhurdinaNK@alrosa.ru;

SALIKHOV Ravil Fanisovich, chief specialist, Vilyui Exploration Expedition, Public Joint Stock Company «ALROSA», 1 ul. Pervootkryvateley, Aykhal, Republic of Sakha (Yakutia), Russia, SalikhovRF@alrosa.ru;

PROTSENKO Elena Viktorovna, head of department, Geo-Scientific Research Enterprise, Public Joint Stock Company «ALROSA», 16 Chernyshevskoe sh., Mirny, ProtsenkoEV@alrosa.ru.

Citation

Gorev N.I., Shakhurdina N.K., Salikhov R.F., Protsenko E.V. To the question of the erosion section of kimberlites of the Alakit-Markhinsky ore field // *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2020, Vol. 25, N 1. P. 20–31. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2020-25-1-2>