



НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ОБРАЗОВАНИЕ АЛМАЗОНОСНЫХ «ВОДОРАЗДЕЛЬНЫХ ГАЛЕЧНИКОВ» И ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ПОИСКА ПОГРЕБЕННЫХ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ

В. А. Епифанов, Ю. И. Лоскутов, В. А. Минин

Рассмотрена история исследования проблемы «водораздельных (реликтовых, ожелезненных и пр.) галечников» – алмазonoсных несортированных и не охарактеризованных палеонтологически отложений, широко распространенных на северо-востоке Сибирской платформы. Галечники имеют неоген-четвертичный возраст, образуют покровы, часто встречаются в виде карстовых залежей, и обычно описываются как отложения «неясного генезиса» с признаками аллювиального либо ледникового накопления обломочного материала юрских терригенных пород. По мнению авторов, водораздельные галечники могли сформироваться при напорных газовых («сухих») и газовой-водных (блоуаутинг) выбросах горных пород из земных глубин на дневную поверхность. В результате этого в неогеновые и современные россыпи вместе с материалом перекрывающих юрских терригенных осадков могли попадать алмазы, вынесенные из околотрубного пространства погребенных среднепалеозойских кимберлитовых тел. Описан механизм вертикального продвижения флюидогенерирующих очагов с образованием на современной поверхности кольцевых структур, контролируемых зоны и участки разгрузки флюидов, выраженные дугообразными элементами речных долин, озерами и болотами. На примере выявленных особенностей строения «эталонного» Накынского поля прослежена пространственная связь древних кимберлитовых тел с молодой кольцевой структурой, обусловившей формирование толщ алмазonoсных галечников. Сделан вывод о необходимости постановки специальных научно-исследовательских работ в статусе целевой программы по изучению кайнозойских отложений с которыми связаны россыпи различных полезных ископаемых.

Ключевые слова: водораздельные галечники, алмазonoнность, погребенные кимберлиты, моделирование, кольцевые структуры, напорная дегазация, блоуаутинг, углекислые воды, инновации, поисковые методики.

A NEW APPROACH TO FORMATION OF DIAMOND-BEARING “WATERSHED PEBBLES” AND INNOVATIVE METHOD OF SEARCH FOR BURIED KIMBERLITE BODIES

V. A. Epifanov, Yu. I. Loskutov, V. A. Minin

The paper deals with “watershed (relict, rusty etc.) pebbles”, which are a type of unsorted and undefined diamond-bearing paleontological bodies widely spread within the Siberian Platform. The pebbles are Neogene-Quaternary and form covers. They also often occur as karst deposits. The pebbles pertain to rocks of “unclear genesis” with alluvial or glacial accumulation signatures. They contain the Jurassic terrigenous rock material. The paper justifies that the deposits could form due to pressure gas (“dry” outburst) and gas-water (“blowouting”) rock outbursts to the daylight surface. As the result the diamonds that were ejected from the near-pipe area of buried Middle Paleozoic kimberlite bodies could get to the Neogene and current placers together with overlying Jurassic terrigenous deposits. The way of vertical movement of fluid-generating sources with concurrent formation of ring structures at the modern daylight is described in the paper. These structures control zones of fluid discharge that represent the arched elements of river valleys, lakes and swamps. The paper briefly examines the history of study of the “relict pebbles” in the Yakut diamond-bearing subprovince. It is shown that their detailed study in the early 1960s at the Markha-Tyung interstream area enabled the accurate prediction of the Narykinskoye kimberlite field with high diamond content. But the kimberlites themselves were discovered only a few decades later. Drawing on the example of the discovered features of the “reference” Nakynskoye field structure, there is a spatial connection of ancient kimberlite bodies with young ring structure that controlled the formation of the diamond-bearing pebbles strata. Within the territory covered by the Jurassic rocks, at the continuation of ore-controlling Vilyui-Markha zone of fracturing, there is a briefly described diamond-bearing site with “reference object” indications. The study of the Tyung River basin is estimated as promising in relation to “blowouting”. The authors mention importance of refining of the suggested innovative search method. The authors consider it to be essential to develop a special program to study the Cenozoic deposits, which host placers of various minerals in different regions of Russia.

Keywords: watershed pebbles, diamond content, buried kimberlites, modeling, ring structures, pressure outgassing, blowouting, acidulous waters, innovations, search methods.

Непременным условием научно-технического прогресса (инновационного развития) является разработка и внедрение новых идей и технологий. В геологии инновации заключаются в *создании и апробации новых* концептуальных и генетических моделей,

поисковых и оценочных методик, видов и способов дистанционного изучения и аналитических исследований, позволяющих нестандартными способами решать уже известные задачи и ставить новые, определяющие вектор ее дальнейшего развития.

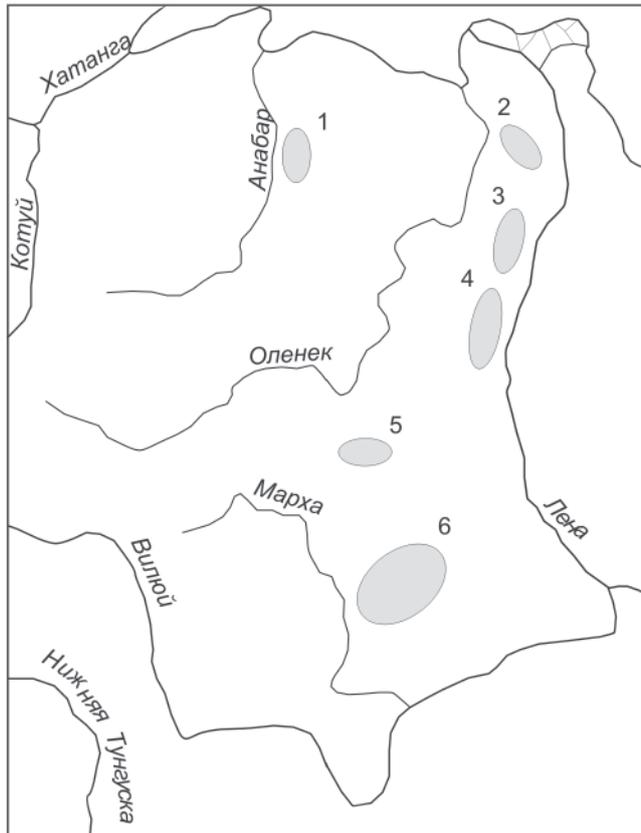


Рис. 1. Схема распространения основных полей алмазонасных «древних» галечников на северо-востоке Сибирской платформы

Поля распространения галечников: 1 – Эбеляхское; 2 – Келимярское; 3 – Эйекит-Молодинское; 4 – Сюнгюдинское; 5 – Верхнемунское; 6 – Марха-Тюнгское

Актуальность научных исследований резко возрастает при выработке ресурсов прежних методических приемов и смене геологических условий ведения работ. Такая ситуация возникла в Сибирской алмазонасной провинции на территории деятельности предприятий ОАО «АК «АПРОСА». Здесь ресурс «открытых» территорий уже практически выработан, и поиски концентрируются главным образом в районах, «закрытых» мезозойскими отложениями. Отмечено, что «Программа воспроизводства минерально-сырьевой базы на рассматриваемый период находится под угрозой. Выходом из складывающейся тревожной ситуации является существенное повышение наукоемкости поискового процесса...» [25, с. 462]. При президенте компании создан экспертный совет по инновациям [25].

В связи с этим мы в очередной раз обращаем внимание геологов-алмазников на неоднократно поднимавшиеся нами проблемы «алмазонасных водораздельных галечников» и «ледниковых отложений».

Перспективность изучения подобных пород хорошо видна на примере высокоалмазонасного Накынского кимберлитового поля, «предсказанного» еще в начале 1960-х гг. и открытого в 1995 г.

Уже на первых стадиях поисков кимберлитов геологи столкнулись с алмазонасностью древних

галечников, по геоморфологической позиции условно названных водораздельными галечниками. Их также называли «верхние галечники», «реликтовые галечники», «карстовые галечники», «железистые галечники», «железистые конгломераты» и т. д. Впервые такие породы были обнаружены на водоразделах рр. Марха, Тюнг и Муна в 1952 г. Вилюйской экспедицией ВАГТ.

В 1956 г. алмазонасные «реликтовые галечники» были установлены в долине нижнего течения р. Улах-Муна в небольших депрессиях (14 мелких магнитных аномалий) в непосредственной близости от Верхнемунского кимберлитового поля. При геологической съемке м-ба 1:50 000 в 1957–1959 гг. эти породы были изучены и названы железистыми конгломератами, а депрессии – придолинным карстом. Максимальная вскрытая мощность галечников составила 11 м (по устному сообщению коллег из Амакинской ГРЭ, при бурении карста на строительные материалы в 2001 г. мощность вскрытых отложений достигала 40 м). Время формирования карста было определено как юрско-четвертичное, а в качестве поставщика заполняющего его песчано-гравийно-галечного материала рассматривались юрские терригенные породы. На соседних территориях подобные карстовые железистые конгломераты были выявлены на водоразделах и их склонах.

В ходе геолого-съемочных работ на севере Сибирской платформы аналогичные ожелезненные породы, часто содержащие алмазы и (или) их минералы-спутники (МСА), были встречены и в других регионах (рис. 1). Наряду с «карстовыми галечниками» были обнаружены и «покровные ожелезненные галечники», развитые как в полях выходов кембрийских карбонатных пород, так и на юрских терригенных отложениях.

Уже в начале 1960-х г. было отмечено [16], что в разрезах отложений верхних галечников изменения гранулометрии обломочного материала в вертикальном направлении отсутствуют, а отличительными особенностями пород являются крайняя бедность органическими остатками, слабая сортировка и отсутствие ясной слоистости. Возраст изученных авторами покровных галечников был определен как раннечетвертичный, время образования – как непродолжительное, а генезис – как аллювиальное осадконакопление в блуждающих водных потоках обширных равнин. Предполагалось также, что в формировании осадков принимали участие талые воды ледников, поскольку для формирования обширных покровов необходимо интенсивное развитие процессов размыва и переноса материала. В качестве основного источника – поставщика алмазов рассматривались юрские терригенные отложения, в которых уже были известны находки кристаллов.

В середине 1960-х гг. было установлено, что водораздельные галечники, называемые иногда табагинскими, дискретно распространены в виде



протяженной субмеридиональной полосы. Была выделена Приленская область, протягивающаяся от нижнего течения р. Муна через долины рр. Моторчуна и Сянгюде до р. Молодо, а затем через долины рр. Буор-Экит и Келимяр до нижнего течения р. Оленек.

По преобладающему петрографическому составу галек и минеральным ассоциациям в области были выделены три провинции [15].

Южная провинция охватывает бассейны рр. Муна, Моторчуна и Сянгюде. Здесь преобладает (более 50 %) галька разноцветных кремней, присутствует материал местных пород, в том числе черных битуминозных сланцев кембрия, а характерными минералами тяжелой фракции являются кианит (дистен) – до 16–20 % и циркон – до 8–30 %. *Центральная провинция* располагается в среднем и нижнем течении р. Молодо. Здесь доминирует (до 50–80 %) галька местных черных битуминозных сланцев кембрия, в тяжелой фракции – гранат (40–60 %), характерны пироксены и роговая обманка, циркона мало. *Северная провинция* включает бассейны рр. Буор-Экит и Келимяр. Состав галечников и минеральные ассоциации в целом близки к подобным отложениям южной провинции, но здесь несколько больше материала черных битуминозных известняков и сланцев кембрия, а в тяжелой фракции содержится много меньше кианита (около 4 %) и циркона (до 6 %), но возрастает доля гранатов (20–40 %). Авторами, как и их предшественниками, был сделан вывод о поступлении обломочного материала из промежуточных коллекторов юрских отложений.

В конце 1970-х гг. было уделено внимание определению возраста водораздельных галечников Центральной провинции [19]. На основе палеоботанических спектров, выделенных из шурфа, пройденного на V надпойменной террасе в левобережье р. Молодо, установлено существование климатического оптимума, что позволило авторам датировать время формирования галечников как ранний плиоцен.

На основании обнаружения переотложенных спорово-пыльцевых комплексов водный размыв юрских отложений считается причиной алмазности *эйкских* покровных отложений Тюнг-Тюкянского междуречья. Возраст их оценивается как средне-верхнечетвертичный на основании залегания *эйкских* пород на верхних галечниках раннечетвертичного возраста (нижняя граница) и разрушения залежей в современную эпоху (верхняя граница). В строении *эйкской* свиты значительное место занимают темно-серые илистые толщи, местами чередующиеся со слоями содержащих гальку глин. На этом основании реконструируется обстановка длительного формирования отложений в равнинных условиях обширной периодически размываемой и вновь затопляемой заозеренной и заболоченной страны. Пресноводный и холодно-

водный типы затоплений устанавливаются по комплексам диатомей.

Эйкским отложениям Приленской области близки по возрасту и характеру накопления илистые отложения *маятской* свиты, широко распространенные в северо-восточном Прианабарье. Здесь в ряде случаев (например, на участке «Реликтовый» в верховьях р. Биллях) тоже наблюдается залегание илистых толщ (мощностью до 10 м и более) на алмазносных реликтовых галечниках. Это позволяет отметить определенную закономерность: вслед за формированием залежей алмазносных галечников наблюдается их частичный размыв, а затем захоронение под илистыми осадками обширных длительно существовавших холодноводных бассейнов.

Таким образом, в результате изучения водораздельных галечников в бассейнах рр. Виллюй, Лена и Анабар еще в 1950–1970-х гг. сложилось представление о *неоген-четвертичном времени и озерно-аллювиальном характере их накопления в результате размыва и переотложения содержащих алмазы юрских терригенных пород*, базальные горизонты которых содержат обильную «кремниевую экзотику».

Это мнение является общепринятым до сих пор, но для всех ли известных проявлений алмазносных железистых галечников оно верно?

В *коренном залегании* реликтовые галечники представляют собой весьма специфические породы, имеющие вид «промытых» сопочных брекчий грязевых вулканов. Общим для них является отсутствие сортировки по крупности и степени окатанности материала, палинологическая, фаунистическая и флористическая «немота», ожелезнение (часто), обогащенность кремнистой «экзотикой» (до 85 % обломочного материала) и включения местных пород, а также непостоянная мощность (до 20 м и более).

Пока известен лишь один случай пространственной сопряженности кимберлитового поля и реликтовых галечников – это Верхнемунский рудно-россыпной район. Обнаруженные здесь так называемые железистые конгломераты представляют собой песчано-галечниковую породу, участками крепко сцементированную и превращенную в монолит, состоящую из гальки экзотических пород (кремней, кварца, халцедона, кварцитов, кварцитовидных песчаников и др.) и цемента (плотной глины красно-бурого или охристо-желтого цвета, местами с бурыми окислами железа). Галька и гравий часто хорошо окатаны, имеют овальную, иногда уплощенную форму.

В 2010 г. полевым отрядом СНИИГГиМС было проведено крупнообъемное опробование косы «Аэродромная», расположенной на р. Муна в месте впадения в нее р. Улах-Муна. Результаты работ показали, что в составе МСА и среди алмазов присутствует значительное количество разновидностей, нехарактерных для трубок Верхнемунского кимбер-



Рис. 2. Ожелезненные галечники из залежи «Реликтовая» в верховьях р. Биллях. Северо-восточное Прианабарье, Эбеляхское поле алмазоносных галечников. Фото В. А. Епифанова, апрель 2007 г.

литового поля. В 2011 г. нашими опытно-рекогносцировочными работами была обоснована вероятность массового поступления в мунские россыпи алмазов и МСА из местных железистых конгломератов. Но поскольку полной информации по характеристикам

алмазов и МСА из верхнемунских железистых конгломератов до сих пор не имеется, то прямо связывать формирование промышленных россыпей с размывом галечников пока нет оснований.

Однако такие основания есть для уникальных алмазных россыпей р. Биллях (правый приток р. Анабар), в верховьях которой в правом борту располагается придолинная эрозионно-карстовая залежь ожелезненных алмазоносных галечников (участок «Реликтовый»). Эти железистые галечники в целом подобны верхнемунским железистым конгломератам. Мощность залежи непостоянна и местами превышает 20 м. Типоморфизм алмазов из аллювиальных россыпей и из реликтовых галечников един.

В 2007 г. нами был описан разрез одного из шурфов, вскрывших галечники на глубину 20 м, но анализы проведены не были. На рис. 2 показано распределение обломочного материала в штуфе породы, на рис. 3, а–г – его облик и гранулометрия.

Отсутствие какой-либо заметной сортировки обломочного материала в коренной части разреза, его изобилие и сугубо кварцево-кремнистый состав, а также высокая железистость отложений

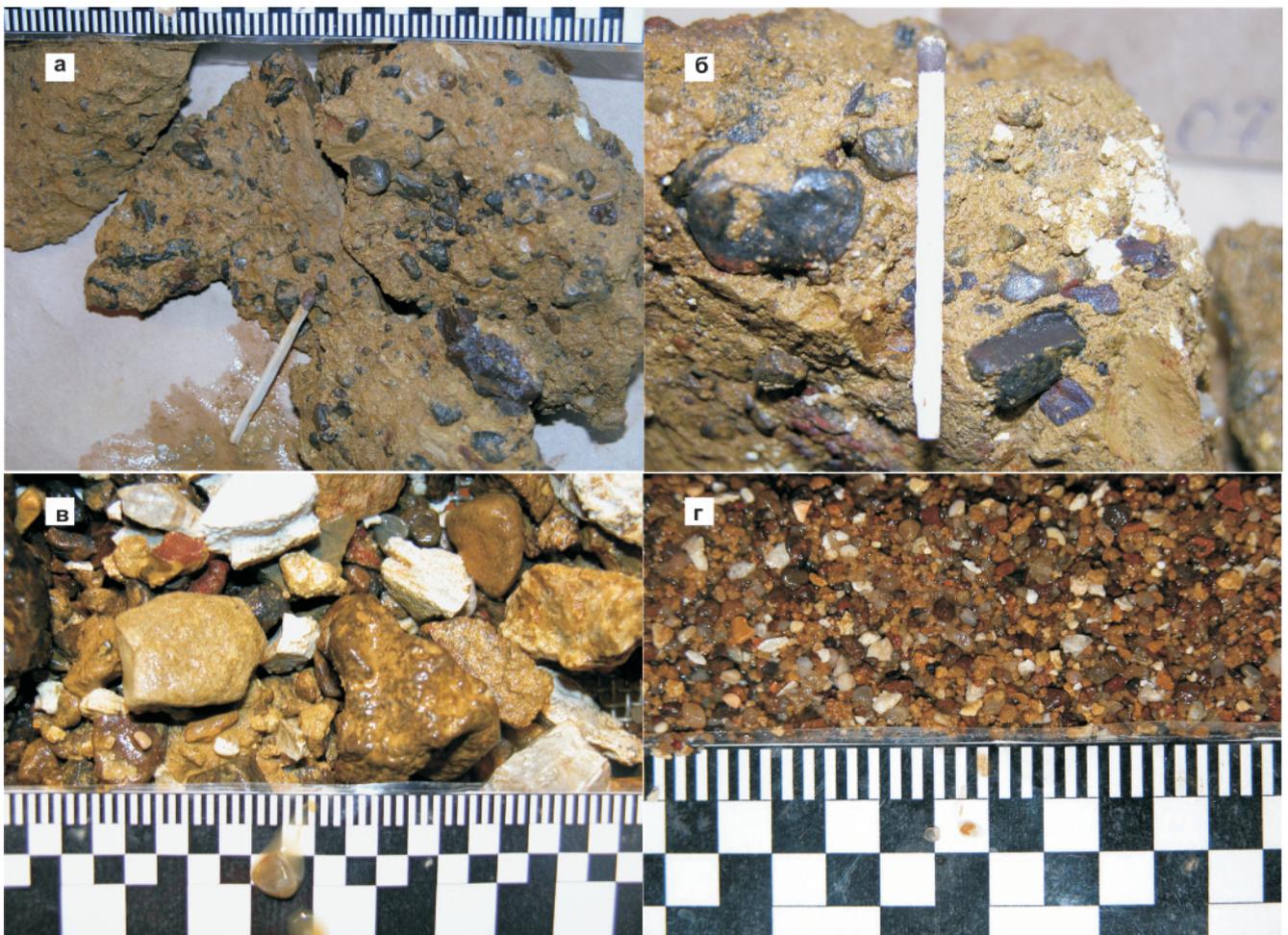


Рис. 3. Ожелезненные галечники «придолинно-карстовой» залежи участка «Реликтовый», верхнее течение р. Биллях (Эбеляхский алмазоносный район), шурф БШ1-07 (гл. 20 м). Фото В. А. Епифанова, апрель 2007 г.

а, б – образцы реликтовых галечников с глубины 16,0 и 13,5 м; в, г – промытый отсев материала галечников с гл. 13,5 м (малые деления на мерных линейках равны 1 мм)



Рис. 4. Фрагменты разреза ожелезненных галечников шурфа БШ1-07 (уч. «Реликтовый»). Фото В. А. Епифанова, апрель 2007 г.

а – глубина 19,0 м. Светлое – прожилки льда, буро-красное – следы («железистая черта») отбойного молотка; б – глубина 6 м; граница илов маятской свиты (вверху) и галечников *in situ*; в зоне контакта прослой (0,5 м), включающий обломки разрушенных галечников и карбонатных пород, вмещающих реликтовую россыпь

(рис. 4, а), наряду с отсутствием органических остатков и спорово-пыльцевых комплексов, не позволяют отнести реликтовые галечники к обычным породам. Лишь верхние 6 м разреза представлены типичными осадочными отложениями – слоистыми илами маятской свиты, в подошвенной части содержащими прослой мелкообломочного материала размытых галечников и более крупных обломков вмещающих кембрийских карбонатных пород (см. рис. 4, б).

К настоящему времени в результате геологосъемочных, алмазопоисковых и тематических работ установлено, что в неоген-четвертичное время на Сибирской платформе активно формировались многочисленные алмазоносные россыпи. Основные промышленные объекты часто не имеют установленных коренных источников питания, но, как правило, пространственно сопряжены с районами распространения алмазоносных ожелезненных реликтовых галечников, толщи которых формировались примерно в этот же временной интервал. Галечники *in situ* обычно приурочены к полям карстования кембрийских карбонатных пород и развиты в долинах рек, на водоразделах и их склонах. В пределах водораздельных поверхностей железистые галечники иногда образуют покровы, не сплошные, но обширные. В ряде случаев такие покровы подстилаются маломощным чехлом юрских терригенных отложений, ниже которых залегают палеозойские карбонатные породы (например, на междуречье Марха – Тюнг).

Одни исследователи связывали накопление галечников с вялотекущими блуждающими водотоками, другие указывали на вероятность их ледникового (флювиогляциального) генезиса, третьи отмечали, что они внешне напоминают селевые отложения, которые могли либо образоваться в ре-

зультате вулканических выбросов (типа «палящих туч»), либо накопиться при фреатомагматических извержениях и иметь туфовую и туффизитовую природу [4, 11, 15, 20 и др.].

Доказанной генетической модели формирования этих пород пока не существует, имеются лишь более или менее аргументированные мнения специалистов о конкретных объектах. До сих пор достоверно не определен и их возраст. Представительные спорово-пыльцевые комплексы в непереотложенных галечниках пока выделить не удалось, не обнаружено и остатков фауны и флоры.

Отсутствие какой-либо сортировки в *коренных залежах галечников*, их биологическая «немота», а также характер залегания и дискретное размещение – все это в совокупности позволяет утверждать, что водораздельные железистые галечники не могли формироваться как нормальный, классический аллювий. Следует предполагать, что они образовались вследствие неких катастрофических явлений, которые связаны с активным движением обильных водных потоков, переносящих массу обломочного материала. Такие процессы были разрознены в пространстве, но тяготели к определенным зонам и районам, как правило, алмазоносным.

Поскольку время формирования галечных отложений относится к неотектоническому этапу и в целом совпадает со временем глобального похолодания, некоторые исследователи связывают образование водораздельных галечников с процессами, сопровождающими развитие и деградацию оледенений.

В разных регионах Сибирской платформы в составе четвертичных отложений принято выделять следы нескольких плейстоценовых оледенений.

Как и реликтовые галечники, ледниковые отложения здесь тоже изучены крайне слабо. По со-



Масштаб 1:500 000

№ 4(20) ♦ 2014

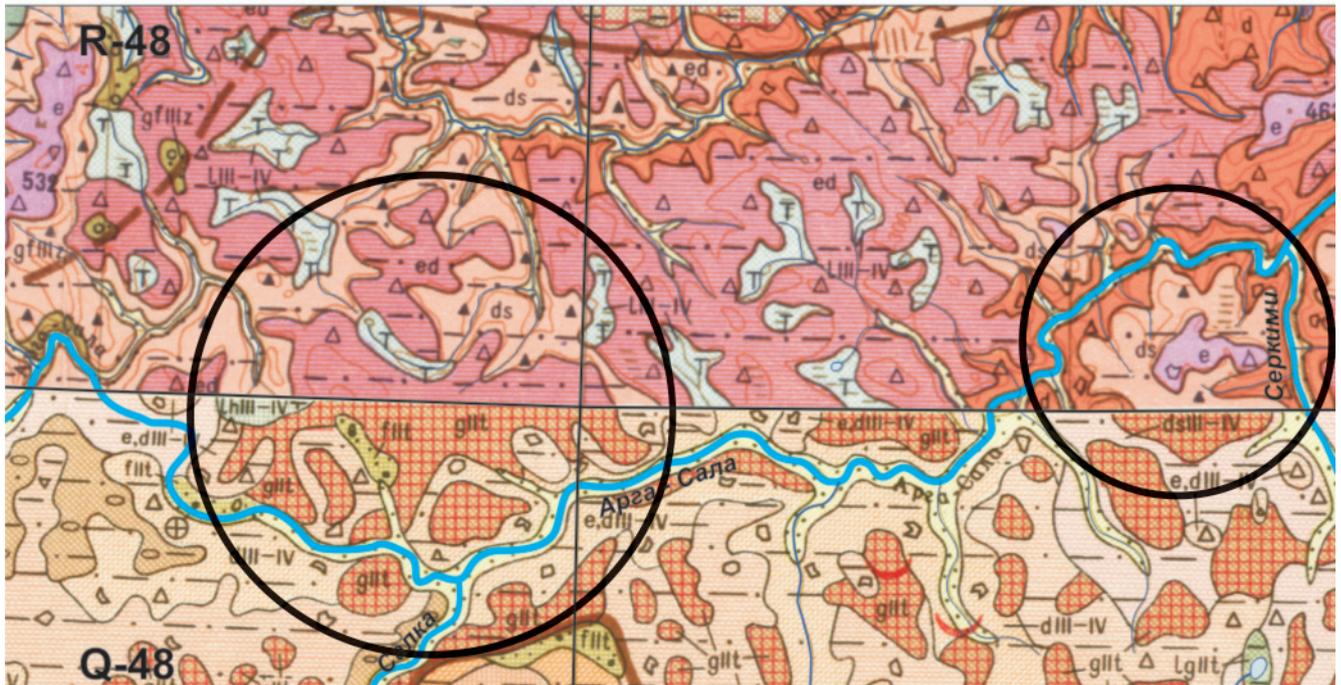


Рис. 5. Пример результата «сбивки» фрагментов карт четвертичных отложений м-ба 1:1 000 000 (увеличено в 2 раза), составленных при геологической съемке 1:1 000 000 первого поколения в разные годы разными авторскими коллективами разных геологических предприятий. Окружностями отмечены участки с относительно хорошо совпадающими контурами поверхностных геологических тел, отнесенных одними исследователями к отложениям конечных морен (лист Q-48), а другими (на листе R-48) – к элювиально-делювиальным и делювиально-солифлюкционным

ставу осадков и морфологии сформированного ими микрорельефа ледниковые отложения обычно относят к флювиогляциалам, реже они картируются в виде мореноподобных и моренных образований. На юго-западной и южной периферии Анабарского кристаллического щита в пределах Муруктинской и Аганыйлийской впадин мощность ледниковых отложений достигает десятков метров. Принято считать, что накопление гляциальных осадков происходило в течение нескольких ледниковых эпох, а обломочный материал периодически поставлялся сюда в результате экзарационной деятельности («выпахивания») ледниками, двигавшимися с плато Путорана и с Анабарского щита.

Насколько слабо в этом регионе изучены четвертичные отложения, можно судить на примере «сбивки» листов карт четвертичных отложений м-ба 1:1 000 000 R-48 и Q-48, изданных в 1979 и 1985 г. (рис. 5).

В 2010 г. в пределах показанной на рис. 5 территории нами были проведены рекогносцировочные работы. На основе полевых наблюдений сделаны выводы о том, что отображенная на картах роль ледников в формировании рельефа явно преувеличена, а отложения, относенные к ледниковым, при ревизии нескольких объектов оказались иного происхождения. В частности было отмечено: «1) В районе устья р. Далдын на правом и левом берегах р Арга-Сала вместо „краевых моренных гряд и холмов“ находятся коренные развалы глыб (курум) кембрийских доломитов. 2). На правом бе-

регу р. Арга-Сала от руч. Прав. Безымянного и до р. Кюэнеликян на карте показаны ледниковые моренные отложения ($gQ_{II,t}$), а на самом деле здесь располагается склон долины, перекрытый элювиально-делювиальными отложениями. 3). В левом борту долины р. Арга-Сала напротив устья р. Безымянка показаны флювиогляциальные отложения тазовского оледенения ($fQ_{II,t}$). По нашим же наблюдениям – это типичный аллювий надпойменных террас – I ($h = 4$ м), II ($h = 4,5-5$ м), III ($h = 9-10$ м) – разделенных между собой уступами» [21, с. 199].

Следует отметить, что и другие основные алмазоносные территории России (Урал, Архангельская область, Костомукша) располагаются в высоких широтах, в областях развития многолетнемерзлых пород и массового распространения четвертичных ледниковых отложений. С подобным типом отложений связана алмазоносность и на других стратиграфических уровнях. Так, сопряженность алмазоносных россыпей с вендскими тиллитами была отмечена на Урале. Некоторые авторы допускают, что рудный материал мог сюда переноситься ледниками с северо-запада, из наиболее близких по возрасту известных алмазоносных объектов (1231–1241 млн лет), расположенных на расстоянии 1,5–2 тыс км (!) – в Финляндии и Костомукше [18].

Заметим, что ледниковое происхождение этих тиллитов в настоящее время подвергается аргументированной критике [13].

Вместе с тем подобные осадочные образования могут быть связаны не только с ледниковыми



покровами и их экзарационной деятельностью. Достаточно хорошо известны случаи вертикального переноса обломочного материала грязевыми вулканами. И если вынесенный на дневную поверхность материал содержит алмазы и их спутники, то очевидно, что первоисточник его следует искать не на стороне (порой за сотни и тысячи километров), а на глубине вблизи канала фонтанирования такого «вулкана».

Теме вертикальной транспортировки обломочного материала из земных глубин на дневную поверхность нами была посвящена серия докладов, представленных на нескольких всероссийских и международных совещаниях и конференциях [6, 8, 9 и др.]. Показано, что в результате напорных газовых и газовой-водных выбросов (гидровулканизма – блоуаутинга) может формироваться микро- и мезорельеф, практически неотличимый от «классического ледникового». Образующиеся при этом осадки изначально не сортированы по granulometрии и степени окатанности, могут формировать скопления наподобие морен, камов, озов и содержат обломки экзотических для района горных пород и минералов (иногда рудных), вынесенных из земных недр из разных литологических горизонтов различных стратиграфических уровней. Наряду с этим обильно-водный процесс напорного фонтанирования часто приводит к размыву выброшенного материала и формирует осадки, аналогичные типичным флювиогляциальным.

Очевидно, что массовая реализация подобных процессов – природный катаклизм, который может быть назван гидросферной катастрофой. Обильно-водный характер плейстоценовых катастрофических событий отмечается многими исследователями. Наиболее масштабно и полно он описан в работах [3, 26]. Резкие изменения климата и ландшафтов происходили во все ледниковые эпохи. В частности, отмечается: «В позднем неоплейстоцене природные условия менялись весьма часто и носили катастрофический характер. Особенно это касается времени последнего ледникового максимума, который продолжался первые тысячи лет и коренным образом изменил ландшафтный облик региона» [5, с. 196].

Такой взгляд на проблему ледниковых отложений крайне важен не только для геоэкологии и палеоклиматических реконструкций. *Применение подобного моделирования в алмазопроисковой геологии может существенно изменить перспективную оценку обширных территорий, а в их пределах – спрогнозировать новые алмазоносные районы и даже локализовать объекты в ранге кустов рудоносных кимберлитовых тел.* Очевидно, что в этом случае изменятся прогнозно-поисковые методы, появятся новации в методиках и видах опробования.

Практически прямое подтверждение реальности существования в природе модели блоуаутинга

и перспективности ее использования при поисках среднепалеозойских (D_3-C_1) кимберлитовых тел на «закрытых» территориях дает анализ особенностей геолого-геоморфологического строения Накынского поля.

Ярким, но пока единственным примером перспективности и эффективности изучения древних водораздельных галечников является прогноз, сделанный группой сотрудников ВСЕГЕИ на Марха-Тюнгском междуречье в результате специализированных тематических работ, выполненных в конце 1950-х гг. [20, 23]. Как и другие исследователи водораздельных галечников, эта группа работала в рамках классических представлений о латеральном переносе и накопления вещества обломочных толщ и о связи признаков химического выветривания горных пород *исключительно с климатом.*

В итоге они пришли к заключению о том, что относимые к водораздельным галечникам покровные отложения формировались на протяжении всего кайнозоя (от позднего мела – палеогена до среднего плейстоцена – голоцена) в результате длительного озерно-аллювиального накопления. При этом указывалось, что петрографический состав «экзотики» галечников всегда оставался однороден, в основном был представлен кремнями и окремненными известняками, кварцитом, кварцем и халцедоном, лишь изредка встречался обломочный материал туфогенных пород и траппов. Отмечено, что в поле развития «реликтовых галечников» в псаммитовой фракции рыхлых осадков доминирует ассоциация гранат (альмандин+гроссуляр) – кианит – ильменит. Целенаправленное изучение кианитов из галечников позволило выявить ряд их особенностей и сопоставить с кианитами из юрских отложений и из включений в кимберлитах Далдын-Алакитского района. В результате был сделан вывод о принципиальном их отличии от «юрских» и близком подобии «кимберлитовым». На этом основании и с учетом обилия и повышенной крупности кианитов предполагалось, что их источником могли быть либо выходы кристаллического фундамента, располагавшегося к северо-востоку от междуречья (в настоящее время известно, что таких объектов поблизости нет), либо расположенные рядом кимберлитовые тела.

По спорово-пыльцевым комплексам в подстилающих «белоцветках» возраст был определен как позднеолигоценый, а перекрывающих «красноцветных ожелезненных галечников» – как плиоценовый. Галечные отложения шестой террасы р. Марха были датированы как нижнечетвертичные – верхнетретичные и отнесены к продуктам размыва и переотложения водораздельных галечников. Содержание тяжелой фракции в них снижается. Светлая окраска олигоценых осадков, обусловленная развитием маломощных каолиновых глин, связывалась с химическим выветриванием подстилающих верхнемеловых – палеогеновых пород.

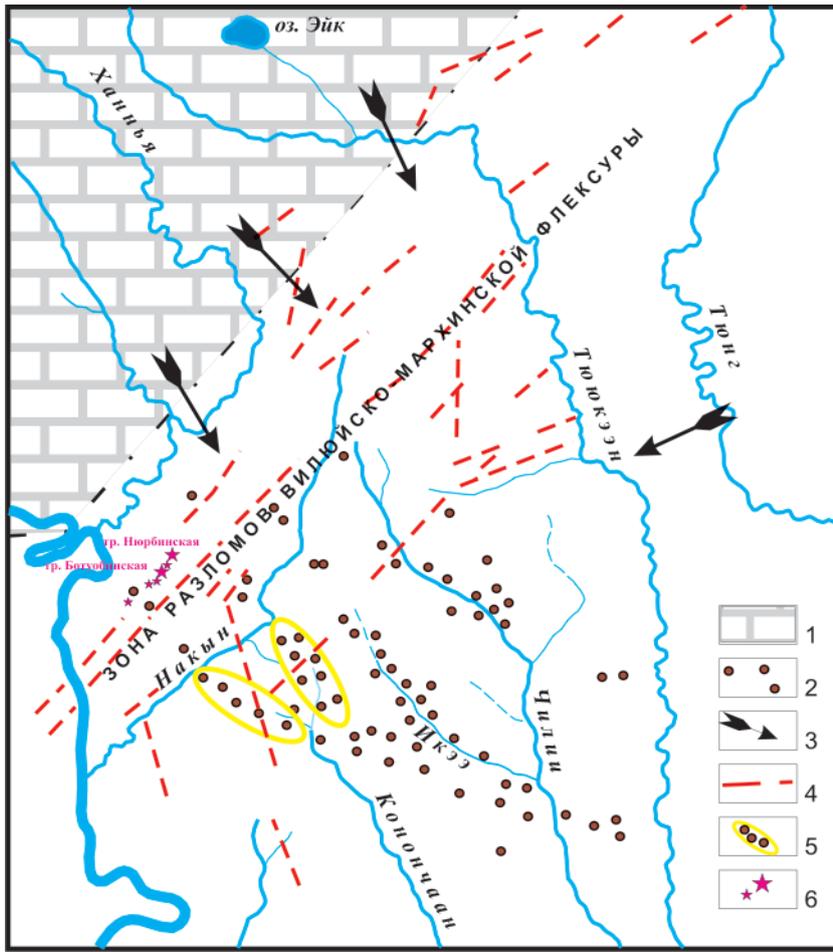


Рис. 6. Фрагмент палеогеографической схемы размещения «водораздельных галечников» в плиоцен-раннеплейстоценовую эпоху (дано по фиг. 4 из [23]) и место расположения тел кимберлитов Накынского поля, погребенных под триас-юрскими отложениями (50–100 м)

1 – плато на нижнепалеозойских карбонатных породах; 2 – галечники; 3 – основные направления сноса; 4 – основные направления разломов; 5 – участок максимальных концентраций МСА в районе верховьев р. Конончан и на водоразделе рр. Конончан и Накын; 6 – тела кимберлитов

По мнению исследователей, основные области питания древней озерно-аллювиальной равнины располагались к северо-западу, северу, и востоку от Марха-Тюнгского междуречья (рис. 6). Поскольку на протяжении всего кайнозоя уклон территории был южным, направленным в сторону развивавшейся Виллюйской синеклизы, то общее смещение перемывавшегося водными потоками материала происходило именно в этом направлении. По реконструкциям этих авторов, в течение неотектонического этапа дискретно-последовательно в конце олигоцена, в неогене и в среднем плейстоцене в периоды тектонических активизаций закладывается и развивается гидросеть, в плейстоцене уже близкая к современной по конфигурации.

В поле развития галечных отложений в верховьях р. Конончан и на водоразделе рр. Конончан и Накын М. И. Плотниковой с коллегами был выделен участок с высокой концентрацией и повышенной крупностью МСА (пироба и пикроильменита) и находками алмазов. На рис. 6 это поле нами разделено на два компактных участка распространения галечников (окоптурены желтыми овалами).

На основе характера распространения минеральных ассоциаций (с акцентом на составе, размерности и содержании кианита и МСА с учетом находок алмазов) исследователями было указано место вероятного расположения кимберлитовых

тел. В частности, отмечалось, что выполненные исследования позволили «...обосновать предположение о наличии местных первоисточников алмаза – кимберлитовых трубок, приуроченных, вероятно, к зоне разломов Виллюйско-Мархинской флексуры. Судя по распределению минералов-спутников алмаза, в районе имеются две группы трубок (или две трубки), которые следует искать на пересечении северо-западных продолжений Конончанского и Чилии-Тюкээнского участков максимальных концентраций минералов-спутников с зоной разломов» [23, с. 140–141] (курсив наш. – Авт.).

Именно на северо-западном продолжении Конончанского участка спустя десятилетия под 70-метровой толщей юрских отложений в ходе бурения по сети было обнаружено первое высокоалмазное кимберлитовое тело (трубка Ботубинская), а позднее выделено Накынное поле, включающее в себя в настоящее время две трубки, два жильных и два дайковидных алмазоносных среднепалеозойских кимберлитовых тела (рис. 7).

Таким образом, при комплексном изучении водораздельных галечников на «закрытой» территории Марха-Тюнгского междуречья был создан прецедент успешного прогнозирования места расположения нового кимберлитового поля.

Не делая акцента на вопросе о времени образования первоисточников алмазов и, так сказать, идя от фактуры, авторы практически точно опреде-

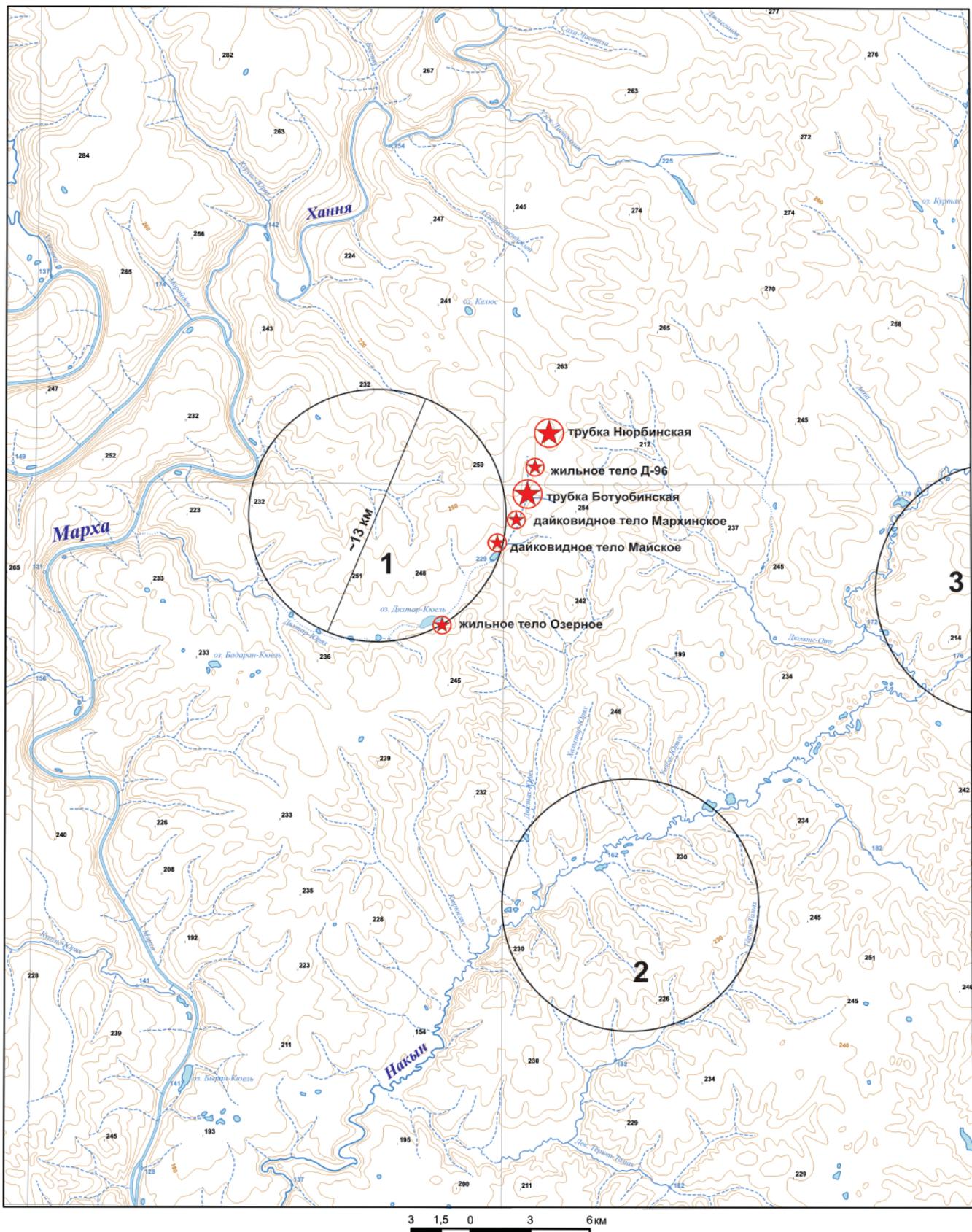


Рис. 7. Рудные тела и выраженные в элементах строения гидросети кольцевые структуры Накынского кимберлитового поля

лили местоположение будущего высокоалмазного куста кимберлитовых тел. Полагая, что в неотектонический этап коренные источники выходили на дневную поверхность и питали древние галечники алмазами, авторы помещали спрогнозирован-

ные кимберлиты в область развития юрских отложений на значительном удалении от поля выходов палеозойских карбонатных пород (см. рис. 6). Отсюда следовало, что питающие галечники алмазами кимберлиты могут иметь мезозойский возраст.



Возможно, что именно этим и была обусловлена последующая попытка поиска здесь кимберлитов в породах мезозойского чехла.

Однако в кайнозойские рудные тела на поверхность не выходили; как и ныне, они были погребены на глубинах 50–100 м под юрскими (триас-юрскими) терригенными отложениями дяктарской свиты. И в то же время они оказались именно в том месте, которое было предсказано!

Итак, очевидно, что поступление продуктов разрушения погребенных на десятки метров кимберлитов и их накопление в водораздельных галечниках Марха-Тюнгского междуречья *не может быть объяснено ни с классических позиций аллювиального разноса, ни с позиций транспортировки и отложения ледниками.*

Единственным реальным процессом, объясняющим поступление рудного материала снизу (от кимберлитовых тел) вверх (на дневную поверхность) через 100-метровую толщу юрских осадочных пород (в настоящее время мерзлых), является блоуаутинг. Именно напорным выносом алмазов из околотрубочного пространства вместе с материалом базальных горизонтов юры можно объяснить рудоносность и насыщенность «экзотикой» отложений водораздельных галечников. И происходило это в неотектонический этап оживления структур Сибирской платформы, сопровождавшийся заложением и перестройкой местной гидросети.

При анализе конфигурации долин водотоков и особенностей размещения озер Накынского кимберлитового поля выявляются признаки существования нескольких кольцевых структур диаметром около 13 км (см. рис. 7). Нами ранее уже отмечалось, что с кольцевыми формами именно такого диаметра в пределах Сибирской алмазоносной

провинции могут быть связаны кусты кимберлитовых тел [10]. Как видно из рис. 7, со структурой 1 пространственно сопряжены все шесть известных кимберлитовых тел. Эта кольцевая форма уверенно выделяется по конфигурации долины руч. Дяктар-Юрх и серии расположенных в его русле озер. Алмазоносности ряда кольцевых структур была посвящена другая наша статья [17], в которой отмечалось, что целый ряд рудных объектов Сибирской провинции объективно отражен на изданной в 1984 г. «Космогеологической карте СССР» м-ба 1:2 500 000 [14].

В связи с этим необходимо кратко рассмотреть возможный путь формирования подобных структур и наглядно отобразить его на принципиальной схеме (рис. 8).

У любой магматической породы до момента ее внедрения существовал глубинный очаг, в котором достаточно длительное время генерировался первоначальный расплав. Такой очаг представляет собой энергетический центр, в котором осуществляются термобарохимические преобразования вещества. Жизнь и развитие энергетического центра сопровождается сейсмической активностью (ударами), закономерно приводящей к импульсно-волновому разрушению горнопородной массы.

Как отмечает И. Л. Жуланова, ссылаясь на эксперименты со стальными пластинами, в результате воздействия ударных волн снизу напряжения в горных породах распределяются вверх (по перевернутому конусу) и по горизонтали, в результате чего возникают три главные системы сколов [12]. На рис. 8, а эти системы нами показаны как ослабленные проницаемые зоны деструкции. Две системы по отношению к энергетическому центру ориентированы вертикально вверх и под углом

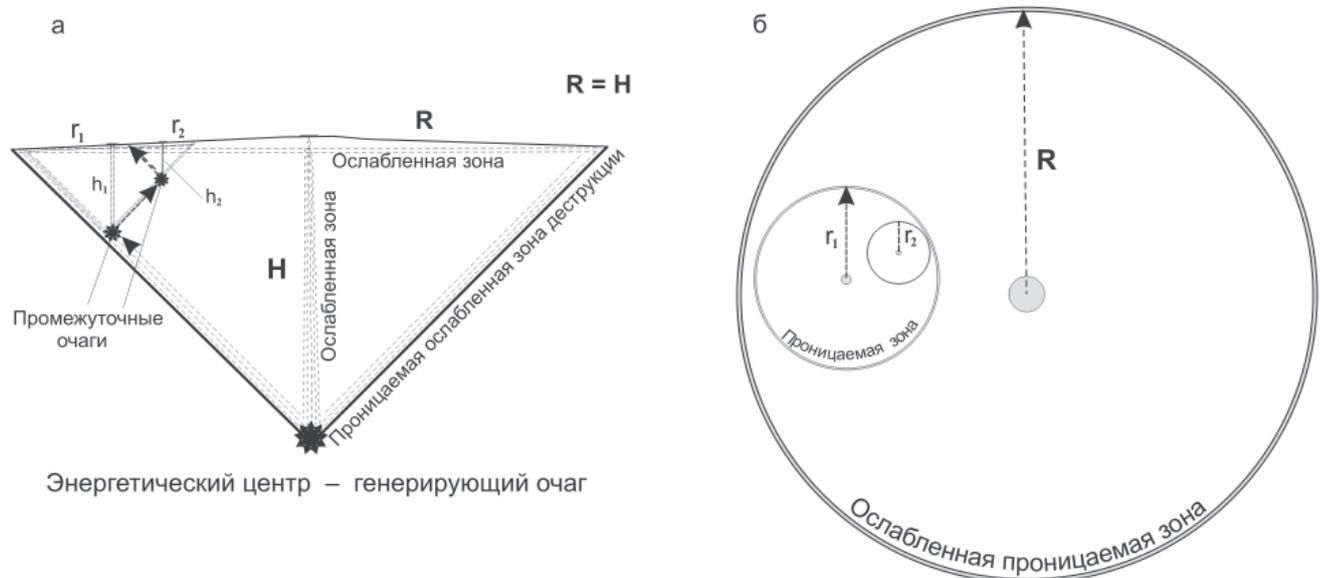


Рис. 8. Принципиальная схема формирования поверхностных кольцевых структур над глубинным энергетическим центром – очагом «родоначальных» волновых импульсов: а – разрез (показаны вертикальные, наклонные (45°) и горизонтальные зоны разуплотнения горнопородной массы и принцип формирования промежуточных очагов разных рангов); б – план (показан один из возможных вариантов размещения вложенных кольцевых структур)



45°, а третья – горизонтально, располагаясь субпараллельно земной поверхности. Очевидно, что по мере создания комфортных условий проницаемости насыщенный флюидами расплав будет периодически прорываться вверх по зонам и образовывать промежуточные магматические (энергетические) очаги. Эти очаги, в свою очередь, будут формировать собственные системы зон деструкции горных пород, в пределах которых могут образоваться еще более мелкофокусные энергетические центры и т. д.

На дневной поверхности наклонные ослабленные зоны отобразятся в виде фрагментов кольцевых структур, выделенных в рельефе развитием водно-эрозионных процессов. На рис. 8, б нами показан один из возможных вариантов сочетания

кольцевых структур, обусловленных последовательным формированием разноглубинных энергетических очагов. При этом радиусы окружностей равны глубине залегания обуславливающих их центров [2, 10].

В качестве примера подобного сочетания разномасштабных кольцевых структур рассмотрим Тюнг-Юлэгиирский участок (рис. 9). Мы уже отметили, что этот перспективный район располагается в северо-восточном продолжении рудоконтролирующей Вилуйско-Мархинской зоны разломов на удалении 200 км от Накынского и 500 км от Мирнинского кимберлитовых полей [17]. На рис. 9 видны три вложенные одна в другую кольцевые структуры, выделенные по дуговым элементам гидросети. В структуру диаметром 26 км (верхо-

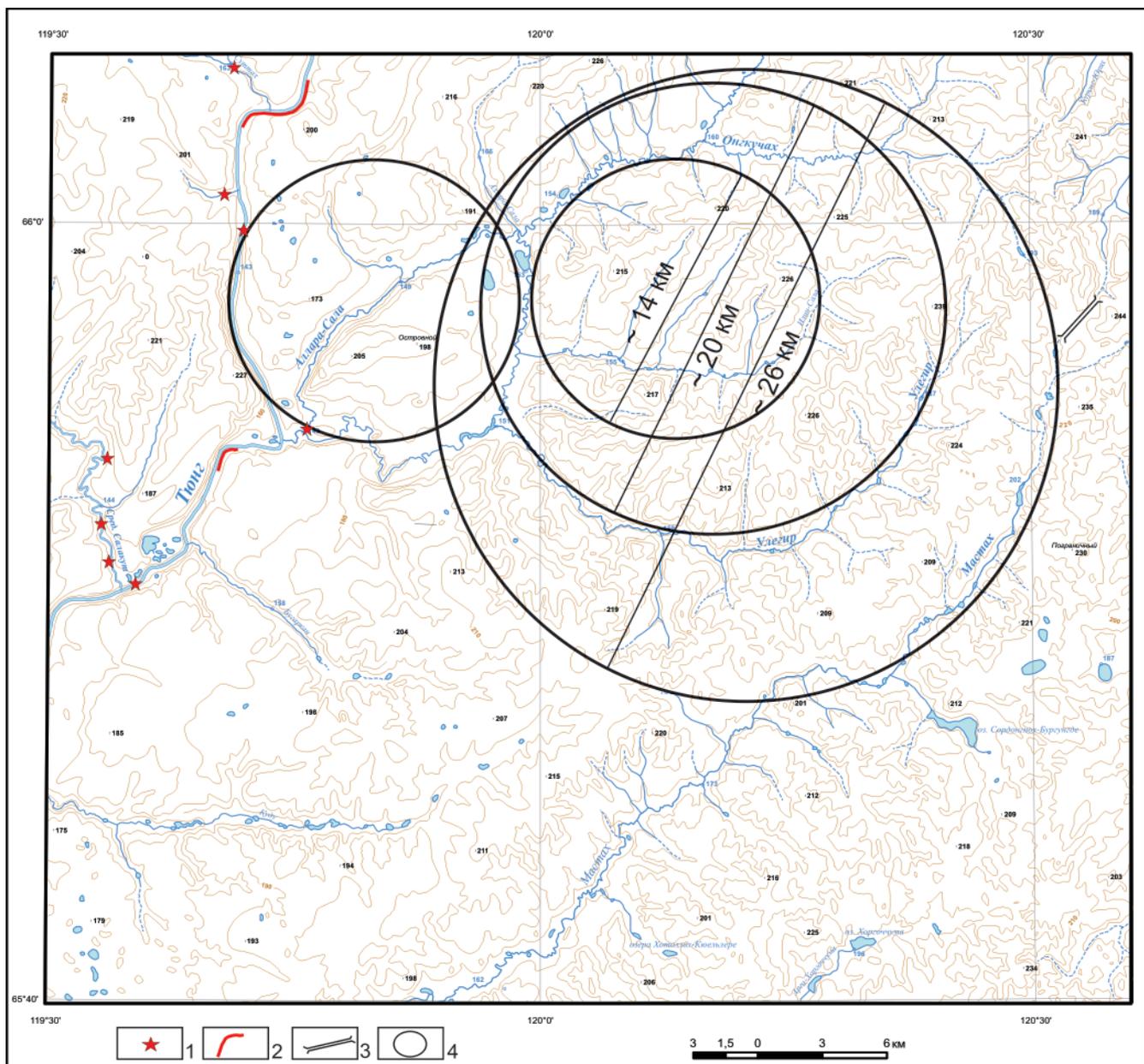


Рис. 9. Пространственная сопряженность алмазоносных объектов и ансамбля выраженных в конфигурации гидросети кольцевых структур на Тюнг-Мархинском междуречье

1 – единичные кристаллы алмазов; 2 – россыпи алмазов; 3 – сквозная долина; 4 – кольцевые структуры и их диаметры на дневной поверхности



вье руч. Мастах) вложено кольцо диаметром 20 км (верхнее течение руч. Улегир), включающее структуру диаметром 14 км (среднее течение руч. Онгкучах). Поскольку радиусы кольцевых структур равны фокусному расстоянию до структурообразующих энергетических очагов, то следует ожидать, что на глубинах 13, 10 и 7 км в неотектонический этап здесь происходили некие сейсмогенерирующие процессы.

Отметим, что далеко не во всех случаях формирование кольцевых структур определяется магматическими очагами. Учитывая амагматичность центральных частей древних платформ и периодическое оживление тектонических движений в новейшее время, мы полагаем, что энергетическими центрами могли быть активизированные узлы пересечения разломов либо очаги формирования флюидных систем с проявленным эффектом массивированной кавитации. В последнем случае закономерным итогом развития систем может стать прорыв из земных глубин на дневную поверхность газово-водно-породной смеси (пульпы). Очевидно, что если такие напорно-флюидные выбросы происходили по унаследованным от внедрения кимберлитов дислоцированным зонам, то среди обломков пород в осадок мог поступать и рудный материал, формируя «бескорневую россыпную алмазоносность».

В связи с этим может представлять интерес четвертая кольцевая структура (диаметром тоже около 14 км), расположенная в месте впадения руч. Аллара-Сала (Илин-Сала) в р. Тюнг. Как видно из рис. 9, на периферии кольца располагаются две находки кристаллов алмаза, а в излучинах долины р. Тюнг севернее и южнее структуры находятся две алмазные россыпи. Примечательно, что между ними располагается прямолинейный субмеридиональный участок реки, прилегающий по касательной к западной границе кольца и слегка им деформированный. При этом на рис. 7 видно, что и в Накынском кимберлитовом поле основные рудные тела находятся в пределах прямолинейной зоны, расположенной по касательной к кольцевой структуре 1 и совпадающей с прямолинейным отрезком верховьев руч. Дяхтар-Юрях. Эти тела приурочены к рудовмещающему «Диагональному разлому», ориентированному на северо-северо-восток и секущему основные разломы Вилкойско-Мархинской зоны («Южный», «Дяхтарский», «Ботуобинский», «Северный») [1].

Таким образом, строение рудного поля Накынского эталона дает основание заключить: когда россыпная алмазоносность территорий установлена, обнаружение в их пределах сочетания кольцевых и радиальных структур может рассматриваться как один из признаков перспективности на обнаружение коренных источников.

Другим важным признаком перспективности является наличие в районе *реликтовых галечников, содержащих алмазы или МСА*.

Основная часть поверхности площади примыкающей к р. Тюнг кольцевой структуры (см. рис. 9) сложена галечниками красно-бурого цвета с прослоями песков и суглинков. Галечный материал включен в глинисто-песчаный матрикс ржаво-желтого цвета, плохо сортированный, разнозернистый, иногда содержащий гравий. Галька в основном представлена кварцем и кварцитом, имеет размерность от 2 до 5 см, хорошо окатана, кремневая галька – угловато-окатанная. Рудные минералы составляют до 84 % тяжелой фракции. При геолого-съёмочных работах 1959 г. они были отнесены к среднечетвертичным аллювиальным отложениям IV надпойменной террасы (Q_{II}^{1+2}). Поскольку фаунистических останков обнаружено не было, то датировка отложений принята по аналогии с соответствующей террасой р. Вилкой.

Самая высокая водораздельная поверхность этой структуры сложена зоплейстоценовыми (?) песчаными галечниками. Характерная черта этих отложений – частая смена литологического состава по мощности и по простиранию. Галечник состоит из кремня и кремнецветных пород (45–80 %), кварца и кварцита (до 10–12 %), редко включает обломки карбонатных пород. Размеры гальки 1–3 см, преобладают мелкие, окатанность различная, чаще хорошая. Галечник включает прослои песка и линзы гравия. В тяжелой фракции преобладают гидроокислы железа, рудные минералы, эпидот и кианит. Отмечено обильное присутствие пирропа (до 100 знаков на шлих).

Алмазоносность галечников неизвестна, но в гидросети р. Тюнг и ее притока имеются единичные находки и россыпи алмазов.

На расположенной севернее территории бассейна обильно алмазоносной р. Чимидикян установлены этот и другой тип древних галечников, отнесенный при геолого-съёмочных работах к нижнечетвертичным аллювиальным отложениям V надпойменной террасы (Q_1^{3+4}). Это красноцветные ожелезненные плотные породы, в которых галька составляет около 70 %, имеет преобладающий размер 0,5–1 см и, как правило, колотая. Песчаная часть представлена ржаво-желтым разнозернистым кварц-полевошпатовым материалом, иногда сильно глинистым. В отличие от описанных ранее галечников здесь в тяжелой фракции отмечается повышенное содержание циркона (14–20 %), граната и рутила (1–4 %).

Итак, бассейн среднего течения р. Тюнг представляет собой «закрытую» мезозойскими отложениями территорию, в пределах которой широко проявлена россыпная алмазоносность, но пока не обнаружены ее коренные источники. Этот район располагается на продолжении кимберлитоносной Вилкойско-Мархинской зоны разломов, характеризуется обширным ореолом распространения древних галечников и наличием выраженных в гидросети кольцевых структур различных диаметров. Все



эти особенности позволяют рассматривать территорию как первоочередной объект для поисков алмазонасных кимберлитов с позиции представлений о дегазационной природе формирования индикационных свойств-признаков перспективных районов.

Помимо названных признаков, информацию о перспективности может нести и *специфика обломочного материала галечников эталонного Накынского поля*. Вещество этих реликтовых галечников детально изучалось группой уже упоминавшихся специалистов ВСЕГЕИ [20, 23]. В составе слагающего галечники материала они обнаружили обломки туфового облика и минералы вада-псиломелана, а также ожелезнение пород и их осветление наложенной каолинизацией.

Обычно образование каолинов связывается с развитием зрелых кор выветривания, формирующихся на алюмосиликатных породах в обстановках теплого и влажного климата. Однако, как было установлено в экспериментах по выщелачиванию горных пород, одним из активных реагентов, тоже способным выносить из породы щелочные металлы и кремнезем с новообразованием каолинитов и гидроокислов свободного глинозема, являются углекислые воды. Эти данные стали одним из оснований для разработки нами гидрогенной модели образования сибирских бокситов и были использованы при анализе причин выветривания обломков горных пород в климатических условиях ледниковых эпох [7, 9].

Специализированное изучение углекислых минеральных вод Северо-Востока России позволило отметить, что «растворение CO_2 в воде приводит к понижению pH раствора и нарушению установившегося термодинамического равновесия. Все это ускоряет процесс углекислотного выщелачивания алюмосиликатов в условиях повышенного парциального давления CO_2 » [24, с. 587]. Таким образом, наличие признаков выветрелости галечных толщ может свидетельствовать о возможном участии в их накоплении углекислых глубинных вод.

В результате анализа особенностей размещения источников углекислых вод сделан вывод о том, что «разгрузка вод происходит либо в зонах высокой сейсмической активности, либо приурочена к узлам пересечения разрывных нарушений. Часто выходы углекислых минеральных вод прослеживаются прерывистой цепочкой по сейсмоактивным линиям значительной протяженности либо по фрагментам кольцевых структур» [24, с. 588]. На рис. 7 и 9 видно, что в целом ряде случаев кольцевые фрагменты современной гидросети в виде прерывистых цепочек трассируются мелкими озерами.

При рассмотрении вопросов характера вторичного минералообразования в обстановках замедленного и быстрого водообмена отмечено, что «для вод достаточно быстрого водообмена Ca-Mg-HCO_3 типа характерны кварц, каолинит, смектит и др.» [24, с. 589]. Окремненные породы часто упо-

минаются в составе обломков «реликтовых галечников», а обилие «экзотических» кремнистых зерен типично для псаммитового вещества этих толщ (см. рис. 3, г), что также указывает на вероятность участия углекислых вод в формировании галечниковых отложений. Кроме того, ожелезнение пород и образование в них натечных форм марганцевых минералов прямо указывают на водную, но уже застойную, обстановку.

Особый интерес представляет дистеновая (кианитовая) минерализация, проявленная не только в пределах поля-эталона, но и в целом ряде других полей распространения древних галечников. Этот вопрос требует отдельного изучения. Отметим, что диаметр рудоконтролирующей кольцевой структуры Накынского поля (около 13 км) свидетельствует о том, что образовавший ее энергетический очаг располагается на глубине около 7,5 км, а кровля кристаллического фундамента в этом районе – на глубине менее 4 км.

Наряду с этими минеральными признаками, на высокую перспективность территории указывает и присутствие в составе обломочного материала галечников эруптивных брекчий щелочно-основного состава, а также пород флюидизатно-туффизитового облика. И именно такие породные образования вместе с баритовой прожилковой минерализацией были вскрыты скважинами в Вилуйско-Мархинской зоне разломов вблизи коренных алмазонасных тел во вмещающих их карбонатных породах [1]. Мы полагаем, что и прожилковая минерализация, и наличие псиломелана (содержащий барий водный минерал марганца) свидетельствуют о едином процессе – о локализованном вблизи кимберлитов дренировании земной коры глубинными водами.

Таким образом, с позиций флюидно-напорной модели, рассматриваемой нами в качестве наиболее вероятной, Накынский кимберлитовое поле-эталон может быть охарактеризовано следующим образом. В пределах глубинной Вилуйско-Мархинской зоны разломов, контролирующей внедрение кимберлитовых тел, на закрытых мезозойскими отложениями территориях распространены поля обломочных пород, образованных в неотектонический этап и обладающих определенным рядом весьма специфических особенностей (древние железистые расположенные на водоразделе галечники). Среди галечниковых отложений встречаются участки с повышенным содержанием и крупностью индикаторных минералов, в относительной близости к которым находятся выраженные в элементах строения гидросети кольцевые и прямолинейные касательные к ним структуры, подчеркнутые цепочками озер или озеровидных расширений русла.

Для реализации действия напорной флюидной модели необходимым условием является насыщение глубинных вод газовой составляющей либо существование свободной газовой фазы. Пространственная связь кимберлитов с углеводорода-

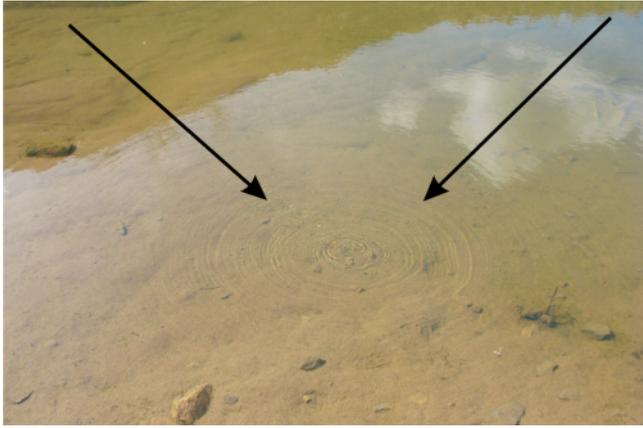


Рис. 10. Один из газовых пузырьков, выходящих со дна на подтопленном опытном карьере кимберлитовой трубки «Комсомольская-Магнитная» (Верхнемунское поле). Фото В. А. Епифанова, июль 2010 г.

ми (УВ) известна достаточно давно и рассматривается в разных аспектах [11, 22]. Известны случаи катастрофических выбросов и взрывов газов на месторождении кимберлитов (трубка «Удачная»). Отмечается и вялая дегазация кимберлитовых тел и полей (рис. 10). В свое время даже разрабатывались газомерные методики поисков кимберлитов. И, таким образом, очевидно, что это необходимое условие соблюдается.

Принципиально важен вопрос о самой возможности существования самопроизвольных газовых выбросов, их мощности и глубине заложения.

Наглядный ответ на него был получен весной 2013 г. в приустьевой левобережной части р. Енисей. Здесь произошел «сухой» газовый самопроизвольный выброс на дневную поверхность горных пород и глыб льда объемом более 1200 м³. На фотографиях, любезно переданных нам ученым секретарем ГПКК «КНИИГиМС» А. П. Романовым (он получил их от В. Р. Склярова), представлено устье воронки и сформированный вокруг нее взрывом вывал крупных глыб льда и горных пород (рис. 11). Диаметр устья воронки около 4 м, глубина более 100 м. В результате газового взрыва на современную земную поверхность поступил материал верхнемеловых терригенных осадочных пород – глины, песчаники и пр. Мелкообломочный материал был разбросан в радиусе более 1 км (рис. 12). Очевидно, что при наличии в верхнемеловых отложениях рудной минерализации она и содержащиеся в породе меловые фаунистические остатки попали на дневную поверхность и уже входят в состав современных (голоценовых) терригенно-обломочных осадков.

Место газового выброса располагается на удалении 20–35 км от контура газоконденсатного месторождения, разведанного более 30 лет назад. В настоящее время в районе никаких работ не проводятся. Территория характеризуется обилием небольших озер, являющихся истоками ручьев и мелких речек.



Рис. 11. Взрывная «Дерябинская» воронка диаметром около 4 м и глубиной более 100 м в левобережье начала Енисейского залива. Фото С. Д. Лапсуя, март 2013 г.

а – гладкостенное устье воронки; б – устье и вывалы глыб горных пород вокруг него

Выполненная нами ревизия этого объекта показала, что за полтора года (два летних сезона 2013–2014 гг.) 4-метровая воронка превратилась в частично заполненный водой округлый котлован диаметром около 65 м (рис. 13). Через 1–2 года он превратится в озеро, короткой протокой соединяющееся с соседним озером (рис. 14), либо сольется с ним, усложнив конфигурацию ранее существовавшего водоема. При анализе материалов космической съемки здесь выделяется целый ряд мелких кольцевых структур, в центральных частях либо по периферии которых располагаются небольшие озера. Такие ландшафты широко распространены в северных регионах Евразии, и возможно, что за исключением типичных старичных большинство озер изначально имеет газо-взрывную либо пневмато-газовую природу.

Таким образом, в настоящее время на севере Красноярского края существует реальный объект, целевое изучение которого дает фактическую основу для верификации модели напорного флюидного (или «сухого» газового) формирования «реликтовых» обломочных потенциально рудоносных пород.



Рис. 12. Вывалы горных пород и глыб льда (размером до 3×3×4 м) вблизи устья взрывной воронки. Мелкие обломки пород весом в первые килограммы встречались в тундре в радиусе 1 км от воронки. Фото С. Д. Лапсуя, март 2013 г.



Рис. 15. «Бованенковская» воронка диаметром около 40 м (п-ов Ямал). Фото из Интернета



Рис. 13. Котлован диаметром около 65 м, образовавшийся на месте 4-метровой «Дерябинской» воронки за два летних сезона. Фото В. А. Елифанова, август 2014 г.



Рис. 16. «Антипаютинская» воронка диаметром около 16 м (п-ов Таз). Фото из Интернета



Рис. 14. Заполняющийся водой котлован и озеро. Фото В. А. Елифанова, август 2014 г.

Пример современного газового выброса непосредственно показывает наиболее вероятный путь поступления рудного материала из приконтактных кимберлитовых зон на современную поверхность

Накынского алмазоносного поля через 50–100-метровую толщу юрских терригенных пород.

Во время работы над этой статьей в Интернете появились сообщения об обнаружении на Ямале крупной воронки неясного происхождения. Отмечается, что никаких подрывных работ в этом районе не проводилось. Воронка диаметром в устье около 40 м была обнаружена на п-ове Ямал в 30 км от крупнейшего в регионе Бованенковского месторождения газа и конденсата (рис. 15). Вслед за этой информацией в Интернете появились данные о еще одной глубокой воронке диаметром около 15 м, обнаруженной на Тазовском полуострове в 90 км к северо-западу от пос. Антипаюта (рис. 16). Наблюдавшие ее образование в сентябре 2013 г. оленеводы заметили в тундре сначала туман, дымку над этим местом, потом землю тряхнуло, на поверхности полыхнуло огнем. Спустя несколько дней они подошли и увидели дыру. Об этом корреспонденту ИА «Север-Пресс» сообщил заместитель директора совхоза «Антипаютинский» Алексей Лапсуй, сфотографировавший воронку.

Итак, в северных регионах Сибири на территориях распространения многолетнемерзлых меловых отложений известно уже несколько современных объектов, прямо указывающих на суще-



ствование процессов массового выноса вещества горных пород из земных глубин на дневную поверхность. В связи с этим следует обратить особое внимание на повышенную алмазоносность современных отложений «закрытого» меловыми породами Лено-Оленекского междуречья. Возможно, что, как и на Накынском поле, в этом районе Арктики находки россыпных алмазов обусловлены газовыми выбросами и фиксируют местоположение залегающих на глубине алмазоносных кимберлитовых тел. Это дает основание для прогнозирования перспективных участков и локализации поисковых работ на площадях развития округлых озер и повышенной алмазоносности современных отложений.

Естественно, что литолого-петрографический состав выброшенных на земную поверхность пород близок к составу прорванных газовым выбросом отложений. Поэтому для Лено-Оленекского междуречья поисковым признаком перспективных участков являются не «экзотические» галечники, характерные для юрских отложений, а скопления угольной крошки и обломков углей, типичных для меловых пород этого региона.

Важность и настоятельная необходимость изучения этих взрывных воронок не ограничивается потенциалом их алмазопроисводческой роли. Как отмечалось нами ранее, природные напорные газозрывные выбросы могут являться определяющими в процессе формирования псевдоледникового мезо- и микрорельефа и быть причиной катастрофических модуляций климата [8, 9].

Выводы

1. В классической геологии россыпей перенос – накопление рудного вещества рассматривается исключительно как *латеральное* перемещение рыхлого материала. Вместе с тем существует несколько амагматических способов поступления обломочного материала (и в том числе рудного) из земных глубин на дневную поверхность. «Грязевой вулканизм», блоуаутинг (гидровулканизм), «сухие» газовые взрывы – все эти процессы и явления способны перемещать значительные объемы горных пород *снизу вверх*. Естественно, что такие высокоэнергетические процессы *массово* происходят во время тектонической активизации и распределены в пространстве дискретно.

2. Кайнозойские отложения в Сибири изучены слабо. Во многих случаях несортированные обломочные породы имеют самые общие генетические определения – «ледниковые отложения», «породы неясного генезиса», «холодолиты» («мусорные породы»), «водораздельные» или «реликтовые» галечники и т.д. Подобного типа отложения распространены и в европейской части России. С ними нередко связаны россыпи полезных ископаемых, коренные источники которых и после длительных поисков остаются неизвестными. Необходима специализированная программа их изучения.

3. Тип «проблемных пород», наиболее перспективный для выявления коренной рудоносности на «закрытых» территориях Якутской алмазоносной субпровинции, – это палеонтологически «немые», несортированные в коренном залегании, часто ожелезненные породы, известные под общим названием «водораздельные галечники». Их пространственная сопряженность с кольцевыми структурами и озерами, развитыми на «закрытых» территориях в алмазоносных районах, – веское основание для локализации прогноза и поисков рудоносных кимберлитов в ранге поля или куста тел. Предлагаемая нами инновационная поисковая методика заключается в совокупном анализе специализированных исследований алмазоносных ландшафтов и водораздельных галечников по модели блоуаутинга.

4. Инновационные гипотезы, модели и методики которых ждут, уже существуют. Часто их разрабатывают «попутно» и публикуют в виде отдельных, не увязанных между собой блоков информации. При этом, даже относительно внятно сформулированные, они в силу разных причин далеко не всегда проходят апробацию и, следовательно, не внедряются в практику. Главная причина этого, по нашему мнению, – недостаточное внимание геологического руководства всех рангов к постановке и финансированию научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. Провозглашение необходимости инновационного развития и его финансирование по остаточному принципу не способствует решению проблем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Возможности** локального прогноза кимберлитов и их кустов по косвенным признакам при поисках на закрытых территориях на примере Накынского поля Якутии [Текст] / П. А. Игнатов, К. В. Новиков, А. М. Шмонов [и др.] // Руды и металлы. – 2013. – № 5. – С. 34–41.
2. **Геологическое** строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 10. Кн. 1 [Текст] / Ред. Е. А. Козловский. – Л.: Недра, 1989. – 352 с.
3. **Гросвальд, М. Г.** Евразийские гидросферные катастрофы и оледенение Арктики [Текст] / М. Г. Гросвальд. – М.: Научный мир, 1999. – 120 с.
4. **Дорофеева, И. И.** О происхождении некоторых типов алмазоносных водораздельных галечников [Текст] / И. И. Дорофеева // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1963. – № 8. – С. 19–25.
5. **Друшиц, В. А.** Формирование флювиальных систем на шельфе Восточной Арктики в неоплейстоцене [Текст] / В. А. Друшиц, Т. А. Садчикова // Фундаментальные проблемы Квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: матер. VI Всерос. совещ. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – С. 195–197.



6. **Епифанов, В. А.** «Blowout fluid» как возможная причина формирования алмазоносных россыпей [Текст] / В. А. Епифанов // Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения: матер. XIV Междунар. совещ. – Новосибирск: Изд-во ООО «Апельсин», 2010. – С. 234–239.
7. **Епифанов, В. А.** Модель гидатогенного бокситообразования на примере Сибирской платформы [Текст] / В. А. Епифанов // Региональная геология. Геология месторождений полезных ископаемых: матер. Междунар. науч.-техн. конф. «Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства». – Томск, 2001. – С. 218–222.
8. **Епифанов, В. А.** Напорно-флюидная модель формирования отложений «ледникового типа» [Текст] / В. А. Епифанов // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: матер. VII Всеросс. совещ. по изучению четвертичного периода. Т.1. – Апатиты; СПб., 2011. – С. 191–194.
9. **Епифанов, В. А.** Образование форм мезо- и микрорельефа в результате напорно-флюидной дегазации недр [Текст] / В. А. Епифанов // Теоретические проблемы современной геоморфологии. Теория и практика изучения геоморфологических систем: Матер. XXXI Пленума Геоморфологической комиссии РАН. Ч. 2. – Астрахань: Техноград, 2011. – С. 137–142.
10. **Епифанов, В. А.** Признаки фрактально-кольцевой организации геосферы алмазоносных территорий Сибирской алмазоносной провинции [Текст] / В. А. Епифанов, Л. В. Гесс, О. В. Снегирев // Геология и минерагения Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2010. – С. 76–85.
11. **Епифанов, В. А.** Потенциал территории Красноярского края на выявление разнотипных первоисточников алмазов [Текст] / В. А. Епифанов, Р. С. Родин, А. П. Романов // Алмазы, золото и платиноиды Красноярского края. – Красноярск: КНИИГГиМС, 2000. – С. 49–57.
12. **Жуланова, И. Л.** О морфологии и природе ареала алмазоносности на Сибирском кратоне: новая модель [Текст] / И. Л. Жуланова // Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии: матер. IV регион. науч.-практ. конф. – Мирный, 2014. – С. 64–68.
13. **Копылова, Н. Н.** Подтверждение неледникового происхождения нижневендских «тиллитов» в свете новых неотектонических представлений [Текст] / Н. Н. Копылова // Новые идеи в науках о Земле: докл. VIII Междунар. конф. Т. 1. – М., 2007. – С. 181–184.
14. **Космогеологическая** карта СССР м-ба 1:2 500 000 [Карты] / Гл. ред. Е. А. Козловский. – М.: Аэрогеология, 1984.
15. **Леонов, Б. Н.** Алмазы Приленской области [Текст] / Б. Н. Леонов, Б. И. Прокопчук, Ю. Л. Орлов. – М.: Наука, 1966. – 279 с.
16. **Леонов, Б. Н.** Верхние галечники и эйкские отложения в бассейне рек Мархи и Тунга [Текст] / Б. Н. Леонов, Н. И. Гогина, Р. О. Галабала // Матер. Всесоюз. совещ. по изучению четвертичного периода. Т. III. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – С. 195–202.
17. **Лоскутов, Ю. И.** Перспективы открытия алмазоносного кимберлитового поля, аналогичного Накынскому [Текст] / Ю. И. Лоскутов, И. И. Антипин, Н. И. Горев // Геология и минерагения Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2010. – С. 96–101.
18. **Новая** гипотеза гляциального формирования алмазоносных россыпей Урала [Текст] / В. К. Гаранин, Г. М. Гонзага, Дж. Е. Г. Кампрос, Г. П. Кудрявцева // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология. – 2000. – № 5. – С. 51–54.
19. **Пахомов, М. М.** Новые данные о неогене северо-востока Сибирской платформы [Текст] / М. М. Пахомов, И. Л. Шофман, Б. И. Прокопчук // Докл. АН СССР. – 1979. – Т. 245, № 6. – С. 1451–1455.
20. **Плотникова, М. И.** К вопросу о происхождении «водораздельных галечников» бассейна р. Мархи [Текст] / М. И. Плотникова, Н. П. Ильюхина, В. Н. Уманец // Материалы по геологии и геоморфологии Сибирской платформы: науч. тр. ВСЕГЕИ; нов. сер., вып. 24. – Л., 1959. – С. 91–103.
21. **Проблема** ледниковых отложений Южного Прианбарья (Восточная Сибирь) в связи с ревизией россыпной алмазоносности региона [Текст] / В. А. Епифанов, Ю. И. Лоскутов, В. А. Минин, К. Ю. Сыстеров // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: матер. VII Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода. Т. 1. – Апатиты; СПб., 2011. – С. 198–200.
22. **Родин, Р. С.** О парагенетической связи алмазов, углеводородных скоплений и пород класса аллитов (на примере Сибирской платформы) [Текст] / Р. С. Родин, В. А. Епифанов // Геология и минерагения Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1997. – С. 87–99.
23. **Стратиграфия** и литология «водораздельных галечников» мархинско-тунгского междуречья и палеогеография времени их накопления в связи с историей формирования алмазоносных россыпей бассейна среднего течения р. Мархи [Текст] / М. И. Плотникова, О. И. Кардопольцева, О. Г. Салтыков [и др.] // Геология алмазных месторождений: тр. ЯФ СО, сер. геол., № 9. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 123–141.
24. **Харитонова, Н. А.** Концептуальная модель формирования углекислых минеральных вод Северо-Востока Азии [Текст] / Н. А. Харитонова // Развитие минерально-сырьевой базы Сибири: от Обручева В. А., Усова М. А., Урванцева Н. Н. до на-



ших дней : матер. Всерос. форума. – Томск : ТПУ, 2013. – С. 586–589.

25. Чаадаев, А. С. Инновационное развитие геолого-разведочных работ – главное условие укрепления минерально-сырьевой базы АК «АЛРОСА» [Текст] / А. С. Чаадаев, И. А. Иванов, В. М. Зуев // Геология рудных месторождений. – 2013. – Т. 55, № 5. – С. 461–464.

26. Чепалыга, А. Л. Эпоха экстремальных затоплений (ЭЭЗ) как проявление «Всемирного Потопа» в Понто-Каспийском бассейне [Текст] / А. Л. Чепалыга // V Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. – М. : ГИН РАН, 2007. – С. 441–443.

REFERENCES

1. Ignatov P.A., Novikov K.V., Shmonov A.M., Razumov A.N., Kilizhekov O.K. [Possibilities of local prediction of kimberlites and their bunches based on indirect indicators when prospecting at the blind spaces. The case of the Nakynskoe field of Yakutiya]. *Rudy i metally – Ores and metals*, 2013, no. 5, pp. 34–41. (In Russ.).
2. Kozlovskiy E.A., eds. *Geologicheskoe stroenie SSSR i zakonmernosti razmeshcheniya poleznykh iskopaemykh* [Geology of the USSR and mineral resources distribution pattern]. Vol. 10, Book 1. Leningrad, Nedra Publ., 1989. 352 p. (In Russ.).
3. Grosvald M.G. *Evraziyskie gidrosfernye katastrofy i olednenie Arktiki* [Hydrosphere catastrophes in Eurasia and glaciation in the Arctic Region]. Moscow, Nauchny mir Publ., 1999. 120 p. (In Russ.).
4. Dorofeeva I.I. [The origin of some types of diamond-bearing watershed pebbles]. Proceedings of higher education institutes. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka – Geology and exploration*, 1963, no. 8, pp. 19–25. (In Russ.).
5. Drushits V.A., Sadchikova T.A. [Formation of fluvial systems on the Eastern Arctic shelf in Neopleistocene]. *Fundamental'nye problemy kvartera: itogi izucheniya i osnovnye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy: Mater. VI Vseros. soveshchaniya* [The fundamental research challenges of the Quaternary: Findings and reference directions of further studies: Proceedings of the VI all-Russia meeting]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2009, pp. 195–197. (In Russ.).
6. Epifanov V.A. [«Blowout fluid» as a possible reason of diamond placers formation]. *Rosypy i mestorozhdeniya kor vyvetrivaniya: sovremennye problemy issledovaniya i osvoeniya. Materialy XIV mezhdunar. soveshchaniya* [Placers and deposits of weathering crusts: Current research and development problems. Proceedings of XIV international meeting]. Novosibirsk, OOO «Apelsin» Publ., 2010, pp. 234–239. (In Russ.).
7. Epifanov V. A. [The model of hydatogenous bauxite formation. The case of the Siberian Platform]. *Regional'naya geologiya. Geologiya mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Gorno-geologicheskoe obrazovanie v Sibiri. 100 let na sluzhbu nauki i proizvodst-va"* [Regional geology. Geology of mineral deposits: Proceedings of international scientific meeting "Mines and geological education in Siberia. 100 years in the service of science and production]. Tomsk, 2001, pp. 218–222. (In Russ.).
8. Epifanov V.A. [Pressure-fluid model of "glacial type" deposits formation]. *Kvarter vo vsem ego mnogoobrazii. Fundamental'nye problemy, itogi izucheniya i osnovnye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy: Mater. VII Vseros. soveshch. po izucheniyu chetvertich. perioda, 12–17 sent. 2011, Apatity* [All shapes of the quaternary. Fundamental problems, study results and main trends of further research: Proc. of the VII all-Russia meeting on study of the Quaternary period, 12–17 Sen. 2011, Apatity]. St. Petersburg, 2011, vol. 1, pp. 191–194. (In Russ.).
9. Epifanov V.A. [Formation of meso- and microrelief as the result of pressure-fluid outgassing of the subsoil]. *Teoreticheskie problemy sovremennoy geomorfologii. Teoriya i praktika izucheniya geomorfologicheskikh sistem: Materialy XXXI Plenuma Geomorfol. Komissii RAN (Astrakhan' 5–9 oktyabrya 2011 g.)* [Theoretical issues of modern geomorphology. Theory and practice of research into geomorphological systems: Proceedings of XXXI plenary session of the RAS Commission on Geomorphology (Astrakhan, 5–9 Oct. 2011)]. Astrakhan, Technograd Publ., 2011, pt 2, pp. 137–142. (In Russ.).
10. Epifanov V.A., Gess L.V., Snegirev O.V. [Fractal-ring features of diamond-bearing areas of the Siberian diamond province]. *Geologiya i minerageniya Sibiri: Sbornik nauchnykh trudov* [Geology and minerageny of Siberia: Collected papers]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 2010, pp. 76–85. (In Russ.).
11. Epifanov V.A., Rodin R.S., Romanov A.P. [Different-type diamond sources potential of the Krasnoyarsk Krai]. *Almazy, zoloto i platinoidy Krasnoyarskogo kraya (Nauch. tr. KNIIGiMS)* [Diamonds, gold and platinum of the Krasnoyarsk Region (KNIIGiMS Proceedings)]. Krasnoyarsk, 2000, pp. 49–57. (In Russ.).
12. Zhulanova I.L. [Morphology and nature of diamondiferous area at the Siberian craton: A new model]. *Geologicheskoe obespechenie mineral'no-syr'evoy bazy almazov: problemy, puti resheniya, innovatsionnye razrabotki i tekhnologii. Materialy IV Regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Geological maintenance of the mineral resource base of diamonds: Problems and solution approaches, innovations and technologies. Proceedings of IV Regional research-to-practice conference]. Mirny, pp. 64–68. (In Russ.).
13. Kopylova N.N. [Justification of non-glacial origin of the Lower Vendian "tillites" in terms of new neotectonic conceptions]. *Novye idei v nauках o Zemle: Doklady VIII Mezhdunar. konferentsii* [New ideas in geosciences: Proceedings of VIII International conference]. Moscow, 2007, vol. 1, pp. 181–184. (In Russ.).
14. Kozlovskiy E.A., eds. *Kosmogeologicheskaya karta SSSR m-ba 1:2 500 000* [1:2 500 000-scale cos-



mogeological map of the USSR]. Moscow, Aerogeologiya Publ., 1984. (In Russ.)

15. Leonov B.N., Prokopchuk B.I., Orlov Yu.L. Almazny Prilenskoj oblasti [Diamonds of Cis-Lena region]. Moscow, Nauka Publ. 1966. 279 p. (In Russ.)

16. Leonov B.N., Gogina N.I., Galabala R.O. [Upper pebbles and Eycian deposits in the Markha and Tyunga river basins]. *Mater. Vsesoyuznogo soveshchaniya po izucheniyu chetvertichnogo perioda. T. III.* [Proc. of the all-Union meeting on the Quaternary period. Vol. III]. Moscow, SB RAS Publ., 1961, pp. 195–202. (In Russ.)

17. Loskutov Yu.I., Antipin I.I., Gorev N.I. [Outlook for discovery of diamond-bearing kimberlite field analogues to the Nakynskoye field]. *Geologiya i minerageniya Sibiri: Sbornik nauchnykh trudov* [Geology and minerageny of Siberia: Collected papers]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2010, pp. 96–101. (In Russ.)

18. Garanin V.K., Gonzaga G.M., Kampros Dzh.E.G., Kudryavtseva G.P. [New hypothesis of glacial formation of diamond placers in the Urals]. *Vestnik MGU – Bulletin of the Moscow university*, Series 4. Geology, 2000, no. 5, pp. 51–54. (In Russ.)

19. Pakhomov M.M., Shofman I.L., Prokopchuk B.I. [New data on the Neogene series of the northeastern Siberian Platform]. *Doklady AN SSSR* [Proceedings of the Soviet Academy of Sciences, 1979, vol. 245, no. 6, pp. 1451–1455. (In Russ.)

20. Plotnikova M.I., Il'yukhina N.P., Umanets V.N. [The origin of “watershed pebbles” of the Markha River basin]. *Materialy po geologii i geomorfologii Sibirskoy platformy* [Proceedings on geology and geomorphology of the Siberian Platform]. VSEGEI Proc., New series, iss. 24. Leningrad, 1959, pp. 91–103. (In Russ.)

21. Epifanov V.A., Loskutov Yu.I., Minin V.A., et al. [Glacial deposits of the Southern Cis-Anabar (Eastern Siberia) in relation to reassessment of diamond placer content of the region]. *Kvarter vo vsem ego mnogoobrazii. Fundamental'nye problemy, itogi izucheniya i osnovnye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy: Mater. VII Vseross. soveshch. po izucheniyu chetvertich. perioda, 12–17 sent. 2011, Apatity* [All shapes of the quaternary. Fundamental problems, study results and main trends of further research: Proc. of the VII all-Russia meeting on study of the Quater-

nary period, 12–17 Sen. 2011, Apatity]. St. Petersburg, 2011, vol. 1, pp. 198–200. (In Russ.)

22. Rodin R.S., Epifanov V.A. [Paragenetic connection of diamonds, hydrocarbon accumulations and rocks of the allite class (the case of the Siberian Platform)]. *Geologiya i minerageniya Sibiri (Nauch. tr. SNIIGGiMS)* [Geology and minerageny of Siberia (Proceedings of SNIIGGiMS)]. Novosibirsk, 1997, pp. 87–99. (In Russ.)

23. Plotnikova M.I., Kardopol'tseva O.I., Saltykov O.G., Umanets V.N., Glushkovskiy I.B. [Stratigraphy and lithology of “watershed pebbles” in the Markha-Tyung interstream area and paleogeography in their accumulation time in relation to the diamond placer formation history of the Markha River middle course area]. *Geologiya almaznykh mestorozhdeniy: Tr. Yakut. filiala SO, ser. geol. sb. № 9* [Geology of diamond deposits: Proc. of the Yakut Branch of SB RAS, geological series publication no. 9]. Moscow, the Soviet Academy of Sciences Publ., 1963, pp. 123–141. (In Russ.)

24. Kharitonova N.A. [Conceptual model of formation of acidulous waters in the North-East of Asia]. *Razvitiye mineral'no-syr'evoy bazy Sibiri: ot Obrucheva V. A., Usova M. A., Urvantseva N. N. do nashikh dney – Materialy Vserossiyskogo foruma* [Development of the Siberian mineral resource base: From V. A. Obruchev, M. A. Usov and N. N. Urvantsev to the present time – Proceedings of the All-Russia Forum]. Tomsk, the Tomsk Polytechnic University Publ., 2013, pp. 586–589. (In Russ.)

25. Chaadaev A.S., Ivanov I.A., Zuev V.M. [Innovations in geological exploration as a principal condition of enhancement of AK “Alrosa” mineral resource base]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy – Geology of ore deposits*, vol. 55, no. 5, pp. 461–464. (In Russ.)

26. Chepalyga A.L. [The epoch of extreme floodings (EEF) as a manifestation of the “Deluge” in the Ponto-Caspian basin]. *V Vseross. soveshch. po izuch. chetvertich. perioda “Fundamental'nye problemy kvartera: itogi izucheniya i osnovnye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy”: Materialy soveshchaniya* [The V all-Russia meeting on the Quaternary period “The fundamental research challenges of the Quaternary: Findings and reference directions of further studies”: Proceedings]. Moscow, GIN RAS Publ., 2007, pp. 441–443. (In Russ.)

© В. А. Епифанов, Ю. И. Лоскутов, В. А. Минин, 2014

ЕПИФАНОВ Владимир Александрович

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, ст. науч. сотр.

E-mail: v-pif@sniiggims.ru

ЛОСКУТОВ Юрий Иванович

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, зав. лабораторией, д. геогр. н., к. г.-м. н.

E-mail: loskutov@sniiggims.ru

МИНИН Владимир Алексеевич

Институт геологии и минералогии СО РАН (ИГМ) им. В. С. Соболева, науч. сотр., к. г.-м. н.

E-mail: minin@igm.nsc.ru

EPIFANOV Vladimir, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia.

E-mail: v-pif@sniiggims.ru

LOSKUTOV Yuri, DSc, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia.

E-mail: loskutov@sniiggims.ru

MININ Vladimir, PhD, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IGM SB RAS), Novosibirsk, Russia. E-mail: minin@igm.nsc.ru