



КРИТЕРИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ АЛМАЗОНОСТИ ВИТЕБСКОГО ГРАНУЛИТОВОГО МАССИВА

В. С. КОНИЩЕВ¹⁾, А. М. КОВХУТО²⁾

¹⁾Независимый исследователь, г. Минск, Беларусь

²⁾Белзарубежторг, пр. Независимости, 169, 220114, г. Минск, Беларусь

Изложена история изучения алмазности тектонических структур территории Беларуси. На основании результатов магнитометрических, минералогических, тектонических исследований, выполненных геологами-производственниками и учеными за последние 50 лет, разработаны новые научно обоснованные критерии поисков трубок взрыва с применением правила Клиффорда, согласно которому кимберлитовые трубки взрыва развиты в пределах архейских кратонов, где мощность литосферы составляет 175–270 км, и отсутствуют в зонах раннепротерозойской стабилизации и тектономагматической активизации. Трубки взрыва на Африкано-Аравийской, Восточно-Сибирской, Сино-Корейской и Восточно-Европейской платформах демонстрируют их приуроченность к архейским кратонам и могут быть связаны с зонами палеосубдукции протерозойской океанической коры под архейские кратоны. На основании этого научно обоснована гипотеза о том, что при закрытии раннепротерозойского палеоокеана, отделявшего Фенно-Скандинавский кратон от Волго-Уральского и Сарматского кратонов, происходила субдукция более молодой коры под эти кратоны, юго-западным углом которых на территории Беларуси является Витебский гранулитовый массив. Сделан вывод, что в границах Беларуси наиболее перспективным в алмазности является именно Витебский гранулитовый массив, а в его пределах – Смоленский региональный глубинный разлом северо-восточного простирания на участке пересечения с Одесско-Гомельским региональным глубинным разломом субмеридионального простирания южнее Орши. Даны рекомендации по дальнейшему изучению перспективных участков в целях определения их алмазности.

Ключевые слова: кратон; гранулитовый массив; субдукция; магнитные аномалии; трубка взрыва; алмазность; кимберлиты; лампроиты.

CRITERIES AND PROSPECTS OF DIAMONDS OF THE VITEBSK GRANULITE MASSIF

V. S. KONISHCHEV^a, A. M. KOVKHUTO^b

^aIndependent researcher, Minsk, Belarus

^bBelzarubehtorg, 169 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220114, Belarus

Corresponding author: A. M. Kovkhuto (andrei.kovkhuto@gmail.com)

The article describes the history of studying the diamond content of tectonic structures of the territory of Belarus. Based on the results of magnetometric, mineralogical, tectonic studies carried out by industrial geologists and scientists over the past 50 years, new scientifically substantiated criteria for the search for explosion pipes have been developed.

Образец цитирования:

Конищев В.С., Ковхуто А.М. Критерии и перспективы алмазности Витебского гранулитового массива. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2021;2:102–113.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-2-102-113>

For citation:

Konishchev VS, Kovkhuto AM. Criteria and prospects of diamonds of the Vitebsk granulite massif. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2021;2:102–113. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-2-102-113>

Авторы:

Виктор Степанович Конищев – доктор геолого-минералогических наук; независимый исследователь.
Андрей Марленович Ковхуто – кандидат геолого-минералогических наук, доцент; заместитель генерального директора.

Authors:

Victor S. Konishchev, doctor of science (geology and mineralogy); independent researcher.
Andrei M. Kovkhuto, PhD (geology and mineralogy), docent; deputy general director.
andrei.kovkhuto@gmail.com





loped using Clifford's rule, according to which kimberlite explosion pipes are developed within the Archean cratons, where the thickness of the lithosphere is 175–270 km, and are absent in the zones of Early Proterozoic stabilisation and tectonomagmatic activation. Explosion tubes on the African-Arabian, East Siberian, Sino-Korean and East European platforms demonstrate their confinement to the Archean cratons and may be associated with zones of paleosubduction of the Proterozoic oceanic crust beneath the Archean cratons. Based on this, the authors scientifically substantiated the hypothesis that during the closure of the Early Proterozoic paleocean separating the Fenno-Scandinavian craton from the Volga-Ural and Sarmatian cratons, subduction of the younger crust took place under these cratons, the southwestern corner of which on the territory of Belarus is the Vitebsk granulite massif. The article concludes that the Vitebsk granulite massif is the most promising in terms of diamond-bearing on the territory of Belarus, and within its limits – the Smolensk regional deep fault at the intersection of this fault of northeastern striking with the Odessa-Gomel regional deep fault of submeridional striking south of the city of Orsha. Recommendations are given for further study of promising areas in order to determine their diamond content.

Keywords: craton; granulite massif; subduction; magnetic anomalies; pipe tube; diamonds; kimberlite; lamproite.

Введение

Коренные месторождения алмазов приурочены к трубкам взрыва (диатремам), реже к жилам и дайкам, выполненным кимберлитами и лампроитами, и развиты в пределах крупных положительных структур древних платформ – антеклиз, седловин и их склонов. Кимберлитовый магматизм приурочен к фазам тектономагматической активизации, региональным подъемам с перерывами в осадконакоплении.

История изучения алмазоносности территории Беларуси

О необходимости поисков месторождений алмазов на территории Беларуси ученые говорили давно и неоднократно (см., например, [1–7]).

В. О. Ружицкий связывал перспективы обнаружения кимберлитов с Белорусским кристаллическим массивом и прилегающими территориями [1], К. И. Лукашев и А. С. Махнач – с Припятской впадиной и прилегающими структурами [2], В. Ф. Красовский – с эксплозивными образованиями в докембрии Белорусского кристаллического массива [3]. Позднее В. Ф. Красовский и К. И. Лукашев предполагали, что проявления кимберлитового магматизма возможны в краевых частях Припятского прогиба [4], Оршанской и Брестской впадин. В. П. Корзун и А. С. Махнач в работах, посвященных изучению верхнедевонской щелочно-основной – щелочно-базальтоидной формации Припятского прогиба, обосновывали возможность проявления кимберлитового магматизма в юго-восточной части Беларуси, исходя из генетического родства щелочного базит-ультрабазитового и кимберлитового магматизма [5–7]. На основе анализа разломной тектоники как наиболее перспективную в отношении наличия кимберлитовых трубок они рассматривали восточную часть северного плеча Припятского прогиба в районах его пересечения Одесско-Брусилловской и Брагинско-Лоевской зонами древнейших меридиональных разломов, а в этих зонах – участки их пересечения позднепалеозойскими субширотными разломами рифтовой природы.

В 1968–1973 гг. Белорусская геолого-гидрогеологическая экспедиция под руководством П. А. Ковалева выполнила работу «Изучение перспектив выявления коренных и россыпных месторождений алмазов на территории Белоруссии». В 1974 г. на основании анализа данных аэромагнитной съемки масштаба 1 : 50 000 и ревизионного опробования терригенных толщ осадочного чехла на пиропы была составлена схематическая карта перспектив алмазоносности Беларуси масштаба 1 : 500 000, на которой перспективными на алмазы определены терригенные толщи сводовой части Белорусского кристаллического массива, Полесская и Жлобинская седловины.

В 1976 г. А. С. Махнач, Н. В. Веретенников, В. И. Шкуратов в докладной записке «К проблеме алмазоносности территории Белоруссии в свете новых данных (о необходимости постановки научно-исследовательских работ на возможные коренные источники алмазов и рудоносные дифференцированные траппы Белоруссии)» на основе региональных структурно-тектонических, формационно-магматических, геофизических и минералогических критериев выделили перспективные площади для постановки поисковых работ на алмазы.

Первые полевые работы по поискам алмазов проводились в 1976–1979 гг., когда были разбурены ряд локальных магнитных аномалий в зоне развития базальтовых покровов вендской трапповой формации в районе сочленения Полесской седловины и Брестской впадины. В результате этих работ трубки



взрыва не выявлены. В 1978 г. впервые в недрах Беларуси был обнаружен алмаз в керне семилукских брекчированных пород из интервала 3074–3078 м в Барсуковской скважине на востоке Припятского прогиба [8]. Однако естественная природа алмаза осталась недоказанной.

На V Всесоюзном совещании «Геология, методы прогнозирования и поиски месторождений алмазов. Направление геолого-разведочных работ на 1986–1990 годы» (Архангельск, 28–30 мая 1985 г.) было принято решение приступить к планомерным специализированным работам по обнаружению месторождений алмазов кимберлитового генезиса в центре Русской платформы, Прибалтике и Беларуси с выделением соответствующего финансирования. По результатам состоявшегося 14–17 января 1986 г. в Минске совещания по определению направлений геолого-разведочных, тематических и научно-исследовательских работ по поискам алмазов на территории Беларуси и Прибалтики в 1986–1990 гг. составлена и утверждена программа работ по геолого-минералогическому картированию и оценке пиропоносности платформенного чехла Беларуси для определения перспектив алмазоносности. В том же году производственное объединение «Белгеология» начало эти работы.

В 1989–1993 гг. производственное объединение «Белгеология» пробурило скважины на локальных положительных магнитных аномалиях, предположительно отождествляемых с диатремами Северо-Припятского района развития верхнедевонской щелочно-ультраосновной – щелочно-базальтоидной формации. В 1989 г. на одной из магнитных аномалий трубчатого типа (Марусино) на глубине 107 м были вскрыты кимберлитоподобные породы, образующие трубку взрыва в зоне сочленения Белорусской антеклизы со Жлобинской седловиной. Это послужило основанием для выделения в 1990 г. Министерством геологии СССР целевых средств на планомерные и целенаправленные полевые и научно-исследовательские работы по поискам коренных месторождений алмазов. В результате были выделены 1050 локальных магнитных аномалий. Сотрудниками Белорусского научно-исследовательского геолого-разведочного института (БелНИГРИ) под руководством Е. А. Никитина составлена прогнозная карта алмазоносности Беларуси масштаба 1 : 500 000, на которой выделены четыре перспективных района для поисков коренных месторождений алмазов (Северо-Припятский (северное плечо Припятского палеорифта, включая Жлобинскую седловину и Бобруйский погребенный выступ), Южно-Припятский (южное плечо Припятского палеорифта, включая Овручскую грабен-синклиналь), Мядельский (зона пересечения Полоцкой и Центрально-Белорусской систем глубинных разломов с Белорусско-Прибалтийским гранулитовым поясом), Полесский (Полесская седловина)), район с возможными трубками девонского возраста (Полоцкий) и два потенциально перспективных участка на коренные источники алмазов, но верхнепротерозойского возраста (Бобовнянский (Бобовнянский массив) и Брестский (южный и северный борта Брестской впадины)). Всего было выделено 385 наиболее перспективных объектов, в основном в Северо-Припятском районе. Позднее дополнительно выделен перспективный район в зоне Полоцко-Курземского пояса разломов. Общая площадь перспективных на алмазы территорий составляет около 94 тыс. км², на 59 тыс. км² из которых выполнена целевая аэромагнитная съемка.

В качестве первоочередного был выбран Северо-Припятский район, где на Жлобинском поле диатрем (около 600 км²) в приосевой части Жлобинской седловины бурением заверены 39 аномалий трубчатого типа, в результате чего подтверждены и изучены 24 диатремы и 1 силл. В течение 1994–1999 гг. на Уваровичской площади в результате гравимагнитной съемки масштаба 1 : 10 000 и заверочного бурения были проверены 46 аномалий трубчатого типа и выявлено Уваровичское поле диатрем в количестве 8 трубок. Кимберлиты не были обнаружены, но присутствие высокобарических минералов (пиропов, хромшпинелидов, пикроильменита и мелких зерен алмаза) позволяет предполагать наличие обломков пород, родственных кимберлитам. Вместе с тем изученные породы отличаются низким содержанием микроэлементов, характерных для кимберлитов. Так, содержание хрома в них составляет 4–100 г/т (в кимберлитах – 1100 г/т), никеля – 5–20 г/т (в кимберлитах – 1050 г/т). Природа вулканических объектов Уваровичского поля остается дискуссионной. Геологи РУП «Белгеология» интерпретировали их как трубки взрыва, а специалисты Института геологических наук НАН Беларуси считали эти объекты субаквальными палеовулканами центрального типа [9].

В целом с 1989 по 2005 г. заверены скважинами 225 аномалий трубчатого типа (Уваровичское поле – 46, Жлобинское поле – 39, Бобовнянское поле – 76, Быховское поле – 10, Наровлянское поле – 7, Стародорожское поле – 7, Шишицкое поле – 5, Восточно-Бобруйское поле – 6, Светиловичское поле – 3, Ухвалинская структура – 6, Кулажинский участок – 9, Бобруйский погребенный выступ – 5, север Беларуси – 6). Не заверенными буровыми скважинами остаются 22 аномалии на Полоцко-Нарочанской площади на севере Беларуси и 64 аномалии на изученных площадях, признанные неперспективными (Рогачевско-Бобруйская площадь – 12, Уваровичская площадь – 9, Слуцкая площадь – 5, Наровлян-



ская площадь – 5, Быховская площадь – 11, Светиловическая площадь – 2, Бобовнянская площадь – 2, Ухвалинская структура – 6, Кулажинский участок – 8, Глушковичский участок – 4) [11].

В пробах из 8 трубок Жлобинского поля обнаружены 18 мелких (0,17–0,30 мм) зерен окрашенных алмазов, 13 из которых признаны искусственными (синтетическими) алмазами, а 5 зерен, возможно, являются природными алмазами. Из минералов – спутников алмаза в ряде изученных проб в небольшом количестве установлены хромшпинелиды и пикроильменит, в единичных зернах – пиропы, а в трубке взрыва «Случайная» обнаружены обломки (0,2–1,0 мм) и кристаллы (4–5 мм) рубинов.

По данным минералогических исследований, высокобарические минералы – индикаторы алмазов (гранаты, клинопироксены, хромшпинелиды, ильмениты) из трубок взрыва Жлобинского и Уваровичского полей по типоморфным особенностям и количественным соотношениям резко отличаются от типичных ассоциаций минералов в кимберлитах и указывают на неалмазоносный и убогоалмазоносный характер вмещающих их пород [10]. На основании этих результатов А. И. Чашка считает, что такие породы относятся к переходным разностям от кимберлитов к пикритам (кимпикриты, кимберлитоподобные породы), известным в других алмазоносных районах [11].

Под эгидой Департамента по геологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, РУП «Белгеология» и БелНИГРИ 14–16 сентября 2005 г. в Минске состоялось научно-практическое совещание на тему «Анализ современного состояния и направление дальнейших геолого-разведочных работ на алмазы в Беларуси» [12]. В докладах геологов и геофизиков производства и научных работников, занимавшихся поисками алмазов в Беларуси и обработкой полученных материалов, были подведены итоги выполненных работ, которые не привели к открытию месторождений алмазов. В констатирующей части рекомендации совещания было заявлено, что проблема алмазоносности недр Беларуси и необходимость ее решения поставлены геологами и учеными Беларуси научно правомерно и геологически обоснованно. Совещание рекомендовало: 1) продолжить полевые работы на алмазы в пределах Северо-Припятского перспективного района, в основном в его восточной части; 2) возобновить работы по выявлению трубок взрыва на Бобруйском погребенном выступе; 3) провести заверку бурением локальных аномалий на трех перспективных участках, выделенных Институтом геохимии и геофизики НАН Беларуси в Полоцком перспективном районе; 4) дать оценку перспектив алмазоносности геологических образований, выявленных в пределах Кулажинских магнитных аномалий. Кроме того, при планировании дальнейших работ с учетом обновленной карты перспектив алмазоносности Беларуси было рекомендовано предусмотреть: 1) проведение двух сейсмических профилей МОГТ длиной 80 км каждый для определения структуры и генетического типа Полоцко-Курземского пояса разломов с последующим бурением в пределах Верхнедвинского грабена параметрической скважины до фундамента; 2) бурение в Витебском перспективном районе скважин по двум профилям (Витебск – Сураж и Орша – Дубровно) по отложениям франского яруса в целях выявления здесь минералов-спутников и самих алмазов и установления возможных уровней кимберлитоподобного образования; 3) проведение аэромагнитной съемки масштаба 1 : 10 000 на территории установленных трубок взрыва Северо-Припятского района для выявления малоамплитудных аномалий; 4) бурение глубокой скважины на Ухвалинской кольцевой структуре в целях выяснения природы этой структуры и установления перспектив алмазоносности ее образований [13].

Гипотеза исследований

Наиболее обоснованной гипотезой тектонического контроля высокоалмазоносного кимберлитового магматизма является правило Клиффорда, согласно которому кимберлитовые трубки взрыва с промышленным содержанием алмазов развиты только в пределах архейских кратонов со временем стабилизации не менее 2,5 млрд лет и отсутствуют в зонах раннепротерозойской стабилизации и тектономагматической активизации [13]. В этих зонах на порядок реже встречаются алмазоносные трубки взрыва, выполненные лампроитами.

Методика исследований

При поисках месторождений алмазов предварительно проводится магниторазведка исследуемого участка (в случае его большой площади – космотектонические исследования и аэромагниторазведка, а при достаточной изученности территории и малой площади участка – наземная магниторазведка). По результатам интерпретации ее материалов выделяются магнитные аномалии. Затем положительные кольцевые магнитные аномалии разбуриваются, и изучается керн пробуренных скважин. В случае обнаружения в геологическом разрезе магматических пород проводится их детальный анализ в целях



выявления признаков алмазоносности исследуемого участка (наличия алмазов или их спутников). Как показывает многолетняя практика геолого-поисковых работ на алмазы, не всем магнитным аномалиям соответствуют трубки взрыва, выполненные магматическими породами. Даже среди подтвержденных трубок взрыва только небольшой процент трубок имеют промышленное значение. Поэтому поиски месторождений алмазов – сложный, длительный и не всегда успешный процесс, требующий высокого профессионализма геологоразведчиков и крупных финансовых вложений.

С позиций правила Клиффорда на территории Беларуси наиболее перспективными в алмазоносном отношении являются гранулитовые массивы, которые принято считать архейскими. В фундаменте Беларуси выделяются три гранулитовых комплекса: Белорусско-Прибалтийский гранулитовый пояс, Брагинский и Витебский гранулитовые массивы. Белорусско-Прибалтийский гранулитовый пояс занимает западную часть территории Беларуси, Брагинский гранулитовый массив – юго-восточную, а Витебский гранулитовый массив – северо-восточную часть страны (рис. 1).

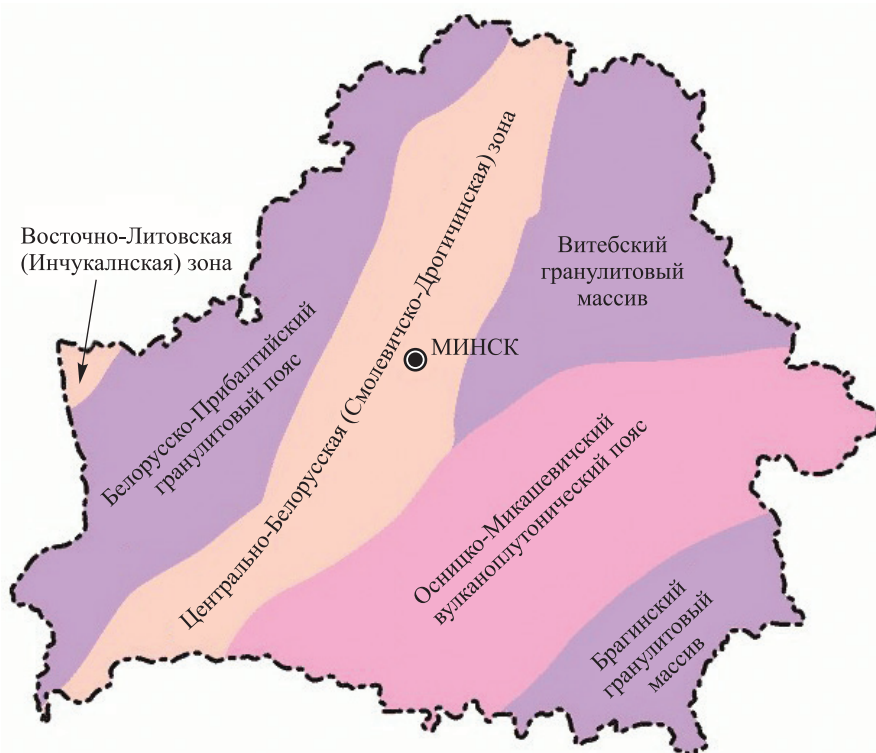


Рис. 1. Карта строения кристаллического фундамента Беларуси
(составлена Н. В. Аксаментовой)

Fig. 1. Map of the structure of the crystalline basement of Belarus
(compiled by N. V. Aksamentova)

Кристаллический фундамент этих массивов сложен в основном метаморфизованными комплексами архея. Их разделяют Центрально-Белорусская структурная зона и Осницко-Микашевичский вулканоплутонический пояс раннепротерозойского возраста. Согласно представлениям ряда исследователей архейские гранулитовые комплексы являются окраинами древних архейских кратонов: Центрально-Белорусская структурная зона – Фенноскандии, Брагинский гранулитовый массив – Сарматии, Витебский гранулитовый массив – Волго-Уралии. Центрально-Белорусская структурная зона – это остаток закрывшегося в раннем протерозое палеоокеана, разделявшего архейские континенты. Осницко-Микашевичский вулканоплутонический пояс, предположительно, образовался на окраине Сарматского континента. Белорусско-Прибалтийский гранулитовый пояс в раннем протерозое в процессе закрытия палеоокеана подвергся значительной тектономагматической активизации, он сложен надвинутыми на юго-восток тектоническими пластинами, разделенными зонами бластомилонитов [14; 15]. Раннепротерозойская тектономагматическая активизация могла привести к уничтожению алмазоносного протолита в основании литосферы и в верхней мантии и, как следствие, существенно снизить перспективы алмазоносности Белорусско-Прибалтийского гранулитового пояса.



Описанными выше геолого-геофизическими и космогоническими критериями с учетом правила Клиффорда, а также аналогиями тектонических структур территории Беларуси со структурами других древних платформ, на которых уже выявлены и разрабатываются месторождения алмазов, авторы руководствовались при комплексном анализе тектонических структур Беларуси и выделении наиболее перспективных участков для дальнейшего изучения признаков алмазности трубок взрыва в пределах Витебского гранулитового массива.

Результаты и их обсуждение

Приуроченность кимберлитовых алмазоносных трубок взрыва к архейским кратонам может быть связана с тем, что, как считают многие исследователи, алмазоносные трубки взрыва на Африкано-Аравийской, Восточно-Сибирской, Сино-Корейской и Восточно-Европейской платформах формировались над зонами палеосубдукции протерозойской океанической коры под архейские кратоны [16; 17]. При закрытии раннепротерозойского палеоокеана, отделявшего Фенно-Скандинавский кратон от Волго-Уральского и Сарматского кратонов, по-видимому, имела место субдукция под Сарматский и Волго-Уральский кратоны, юго-западным углом которых на территории Беларуси является Витебский гранулитовый массив. Это также является положительным фактором при оценке перспектив алмазности Витебского гранулитового массива [18].

Алмазы – высокобарические минералы, которые формировались в процессе субдукции под архейские кратоны в астеносфере на глубине свыше 150 км, поэтому мощность литосферы в алмазоносных провинциях обычно составляет 175–270 км [19; 20].

По мнению Р. Митчелла [21], в наиболее крупной и изученной Южно-Африканской алмазоносной провинции нет убедительных данных об ассоциации типичных кимберлитов с континентальными рифтами. Обычно в рифтовых зонах здесь развиты карбонатиты или щелочные вулканические породы. Выполненные кимберлитами алмазоносные трубки взрыва иногда расположены на плечах палеорифтов, но на значительном (200–250 км) удалении от краевых разломов, где не сказывается влияние рифтогенеза на утонение литосферы. В связи с этим на Жлобинской седловине и в пределах Северо-Припятского плеча на расстоянии 10–25 км от Северного краевого разлома Припятского палеорифта, где мощность литосферы, в том числе в результате рифтогенеза, снижена до 100–140 км, есть щелочные вулканические породы и карбонатиты, но нет алмазоносных кимберлитов и лампроитов. На это указывают и малые (50–80 км) глубины выплавки данных пород [22].

Брагинский гранулитовый массив является архейским, но на него наложен Припятский палеорифт, и в результате рифтогенеза мощность земной коры и литосферы в пределах и на плечах этого массива резко снижена, что выступает отрицательным фактором при оценке перспектив его алмазности.

Более высокая вероятность алмазности Витебского района, по сравнению с другими перспективными районами Беларуси, обусловлена не только его положением в пределах архейского кратона, не претерпевшего более поздней активизации. Положительным фактором выступает низкий тепловой поток (25–30 мВт/м²), так как алмазоносными являются холодные блоки земной коры. Для Витебского блока характерны увеличенная до 47,5–55,0 км мощность земной коры и типы земной коры А и АВ с увеличенной мощностью нижнего базальтового слоя и высоким (до 0,70–0,75) коэффициентом основности [23], прогиб по подошве земной коры и поднятие по кровле базальтового слоя, что свойственно алмазоносным блокам.

Витебский перспективный район находится на участке пересечения древних субмеридиональных разломов (Чашникского, Бешенковичского, Богушевского, Витебского, Руднянского, Одесско-Гомельского), которые ограничивают и осложняют Витебский гранулитовый массив, с зоной разломов позднепротерозойского заложения северо-восточного простирания, входящих в Среднерусскую систему позднепротерозойских палеорифтов. В подобной тектонической ситуации выявлены алмазоносные трубки взрыва на севере Восточно-Европейской платформы в Архангельской алмазоносной провинции, где алмазоносные трубки взрыва девонского возраста контролируются субмеридиональными разломами, наложенными на позднепротерозойские разломы северо-западного простирания. На карте линеаментов Беларуси четко выделяются линеаменты северо-восточного и субмеридионального простирания [24], отражающие разломы соответствующего простирания.

Витебский перспективный в алмазоносном отношении район находится на пересечении выделенных на основе дешифрирования обзорных космических материалов трансплитного Лапландско-Нильского линеамента субмеридионального простирания и трансплитного Испано-Таймырского линеамента северо-восточного простирания [25]. Участки пересечения таких линеаментов являются зонами высокой проницаемости земной коры и рудоконтролирующими структурами. Существование подобного участка пересечения двух трансплитных линеаментов в пределах Витебского гранулитового массива и наложен-



ной на него Оршанской впадины подтверждается и подчеркивается поведением долины Днепра. К югу от Орши Днепр имеет субмеридиональное простирание, которое контролируется субмеридиональным Одесско-Гомельским региональным разломом и Брагинско-Витебским неотектоническим разломом, входящими в систему Лапландско-Нильского линеамента. В районе Орши простирание долины Днепра резко изменяется на северо-восточное и контролируется здесь Смоленским и Оршанским разломами северо-восточного простирания, входящими в Среднерусскую систему верхнепротерозойских палеорифтов и систему неотектонически активного трансплитного Испано-Таймырского линеамента. Таким образом, в районе Орши находится зона пересечения Смоленского и Оршанского региональных глубинных разломов северо-восточного простирания и субмеридионального Одесско-Гомельского регионального глубинного разлома. Этот разлом раннепротерозойского заложения и длительного развития оказал существенное влияние на формирование тектоники Беларуси и смежных территорий. Он прослеживается от западной части Черного моря и Одессы к Брусилову, Брагинско-Лоевской седловине, восточной части Припятского палеорифта, Орше, междуречью Днепра и Северной Двины и уходит на территорию России [22]. Зоны пересечения таких региональных разломов древнего заложения и длительного развития контролируют алмазоносные трубки взрыва в Якутской и Архангельской алмазоносных провинциях. Поэтому район пересечения Центрально-Оршанского горста и ограничивающих его Смоленского и Оршанского и Одесско-Гомельского разломов следует считать наиболее перспективным в алмазоносном отношении в пределах Витебского гранулитового массива. Показателем перспективности Витебского района в алмазоносном отношении является обнаружение в его пределах алмаза в четвертичных отложениях и пиропов алмазной ассоциации.

В пределах Витебского гранулитового массива проводились геофизические и геологические исследования в целях поисков месторождений алмазов. В 1986–1989 гг. в его северной части Геофизической экспедицией Управления геологии БССР была проведена аэромагнитная съемка масштаба 1 : 25 000, по результатам которой А. М. Папко и З. Г. Мясникова выделили 336 положительных кольцевых магнитных аномалий, перспективных для дальнейшего изучения. На 283 аномалиях интенсивностью более 2 нТл проведены детализационные работы, на 118 аномалиях выполнена наземная магнитная съемка. Были составлены паспорта 45 объектов, приуроченных к Чашникской и Полоцкой зонам разломов.

В 1987–1992 гг. в северной части Витебского гранулитового массива на Днепровско-Двинской площади Вилейско-Свислочской геолого-съёмочной партией под руководством И. В. Привалова проведено геолого-минералогическое картирование в масштабе 1 : 200 000 в целях выделения площадей и структур, наиболее перспективных для постановки более детальных работ на выявление месторождений алмазов. Для этого были пробурены 280 поисковых скважин глубиной от 15,8 до 359,4 м, описан и опробован керн, проведен шлихоминералогический анализ 1176 проб, отобраны 13 мелкообъемных проб, бурением заверены 15 локальных положительных магнитных аномалий. Было установлено, что положительные локальные магнитные аномалии связаны с магнитными сапропелями в основании четвертичных отложений, залегающих на девонских отложениях. По результатам работ выделены три структурно-минералогические зоны – Полоцкая, Чашникская и Витебская.

В южной части Витебского гранулитового массива на территории Центрально-Оршанского горста и южнее в 1980–1994 гг. Н. А. Воробей и З. Г. Мясникова выполнили магнитную съемку масштаба 1 : 25 000 и провели наземные детализационные работы на выявленных аномалиях. Были выделены 229 локальных аномалий, 118 из которых оказались техногенными. На 82 аномалиях проведены наземные детализационные исследования, по результатам которых 34 аномалии признаны перспективными, на них составлены паспорта. На 12 аномалиях проведены геохимические исследования, в итоге 8 аномалий выделены как наиболее перспективные, на них было рекомендовано выполнить заверочное бурение. Максимальная плотность аномалий установлена на юго-западе в зоне сочленения Чашникского и Могилёвского разломов и в районе Орши в пределах Центрально-Оршанского горста и Оршанского и Смоленского разломов.

Смоленский разлом амплитудой до 200 м по поверхности фундамента протерозойского заложения и длительного развития ограничивает с юга Центрально-Оршанский горст и протягивается в северо-восточном направлении. Ширина зоны разлома составляет 10–12 км. На всем протяжении разломная зона осложнена разрывными нарушениями северо-восточного и субширотного направлений. В северо-восточной ее части наблюдается кулисообразное смещение субширотного направления. Во внутреннем строении Смоленского разлома по особенностям магнитного поля выделяются зоны милонитизации, катаклаза и дробления пород, указывающие на повышенную тектоническую активность. В магнитном поле разлом фиксируется цепочкой положительных магнитных аномалий интенсивностью от 580 до 1000 нТл. Сбросы зоны разлома нарушают отложения вплоть до неогена. Слабая активность Смоленского разлома фиксируется и в антропогене.



И. В. Данкевич по гравитационным данным выделил линейные зоны разуплотнения кристаллического фундамента в пределах Смоленского разлома к югу от Орши. А. А. Святогоров по результатам интерпретации материалов дистанционного зондирования южнее Орши выявил Оршанскую кольцевую аномалию диаметром 20 км и поле повышенной трещиноватости. Это также положительные критерии при оценке перспектив алмазоносности данного участка.

Были разбурены несколько кольцевых магнитных аномалий в пределах Центрально-Оршанского горста между Оршанским разломом на севере и Смоленским разломом на юге. На аномалиях 16, 41, 51 и 53 с интенсивностью по наземной съемке 6–11 нТл, размером в плане 110 × 180, 110 × 170, 120 × 170 и 120 × 210 м при расчетной глубине верхней кромки намагниченного объекта от 65 до 75 м скважинами до глубин от 64,0 до 152,4 м вскрывались пески, супеси, суглинки и глины четвертичного возраста, залегающие на отложениях ланского горизонта верхнего девона. Магнитные образования в разрезе по каротажу и капаметрии не установлены.

В 6 км южнее Смоленского разлома, ограничивающего с юга Центрально-Оршанский горст, находятся 16 положительных локальных магнитных аномалий Кулажинского куста. Аномалии расположены в пределах полосы шириной до 0,7 км и протяженностью 8 км, вытянутой в северо-восточном направлении вдоль отмечаемой гравirazведкой зоны разуплотнения, связанной, вероятно, с разломом, расположенным к югу от Смоленского разлома. Буровые работы на аномалиях показали, что неогеновые и подстилающие отложения нарушены сбросами, мощности отложений резко изменяются, породы сильно смяты, что указывает на тектоническую активность. Бурением установлено, что положительные магнитные аномалии обусловлены линзообразными залежами туфопесчаников и туфоалевролитов в неогеновых отложениях. Породы сильно глинистые от светло-бурого до темно-бурого цвета, часто с охристыми пленками желтого цвета. Магнитная фракция в породах представлена окатанными и полуокатанными зернами магнетита (80 %) и гидроокислами железа (20 %), тяжелая фракция – ильменитом (40,8 %), гидроокислами железа (28,8 %), рутилом (0,3 %), цирконом (16,7 %), эпидотом (0,16 %), розовым гранатом (0,19 %), амфиболом (0,3 %), дистеном (0,41 %). В двух скважинах был обнаружен высокобарический минерал – муассанит. Химические анализы показали высокое содержание алюминия (до 18 % Al_2O_3) и железа (до 34 % Fe_2O_3), а спектральные анализы – аномально высокое содержание никеля, ванадия, хрома, иттрия, иногда свинца и молибдена [26].

Такой минеральный и химический состав этих терригенных пород дает основание утверждать, что они являются продуктами разрушения магматических пород основного и ультраосновного состава, подвергшихся латеритному выветриванию. Это могли быть только ультраосновные породы трубок взрыва, расположенных севернее в зоне Смоленского разлома. На северном крыле Смоленского разлома в пределах Центрально-Оршанского горста неогеновых отложений нет, и, вероятно, они там не отлагались, а продукты разрушения ультраосновных пород трубок взрыва переотлагались в опущенном крыле разлома, образуя линзы в локальных понижениях рельефа. Наличие в данных породах минералов – спутников алмазов (эпидота, граната, ильменита) дает основание полагать, что эти трубки взрыва могут быть алмазоносными (рис. 2).

Искать алмазоносные трубки взрыва следует в пределах Смоленского разлома, являющегося широкой зоной дробления и состоящего из серии параллельных сбросов, которые и контролируют трубки взрыва.

На гравимагнитном профиле 1-А на пикетах 878 и 940 к северу от Кулажинских аномалий и в пределах Смоленского разлома В. Б. Ковалевым были выделены градиентные зоны в поле силы тяжести. В магнитном поле им отвечает резкое возрастание значений от 100 до 600 нТл с обособлением двух положительных магнитных аномалий. По-видимому, градиенты гравитационного поля отвечают головным частям ступеней, ограниченным с юга промежуточными сбросами, входящими в систему Смоленского разлома, а магнитные аномалии – трубкам взрыва, приуроченным к сбросам. Эти аномалии необходимо заверить бурением скважин в первую очередь (рис. 3).

Гравимагнитными профилями вкрест простирания Смоленского разлома в основном к востоку до границы Беларуси необходимо выявлять такие аномалии и заверять их бурением скважин.

Выводы и рекомендации

Таким образом, на территории Беларуси наиболее перспективным в алмазоносном отношении является Витебский гранулитовый массив, в его пределах – Смоленский региональный глубинный разлом, а именно зона пересечения этого разлома северо-восточного простирания с субмеридиональным Одесско-Гомельским региональным глубинным разломом южнее Орши. На рис. 3 указаны участки, рекомендуемые для проведения первоочередных геолого-разведочных работ.

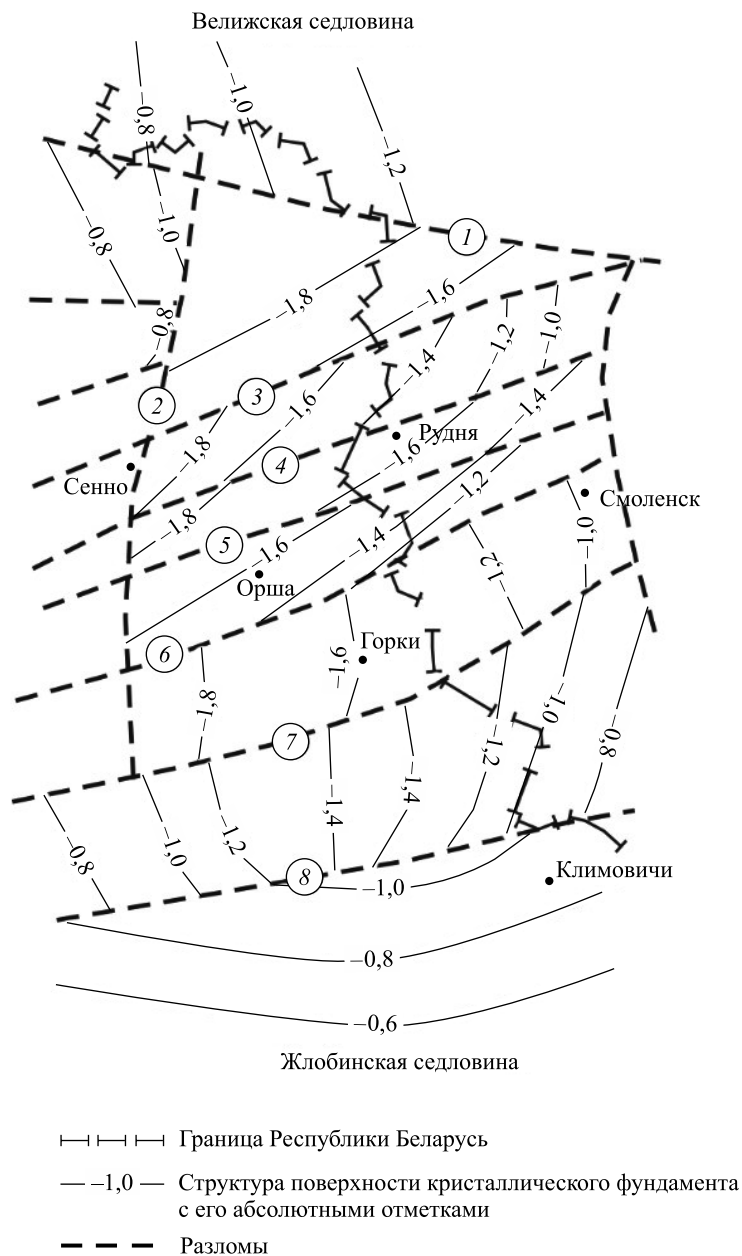


Рис. 2. Карта-схема разломов фундамента Оршанской впадины (составлена А. М. Ковхуто):

- 1 – Полоцкий разлом; 2 – Витебский разлом;
- 3 – Лioзненский разлом; 4 – Кохановский разлом;
- 5 – Оршанский разлом; 6 – Смоленский разлом;
- 7 – Бelyничский разлом; 8 – Кричевский разлом

Fig. 2. Schematic map of the basement faults of the Orsha depression (compiled by A. M. Kovkhuto):

- 1 – Polotsky fault; 2 – Vitebsky fault;
- 3 – Lioznensky fault; 4 – Kokhanovsky fault;
- 5 – Orshansky fault; 6 – Smolensky fault;
- 7 – Belynichsky fault; 8 – Krichevsky fault

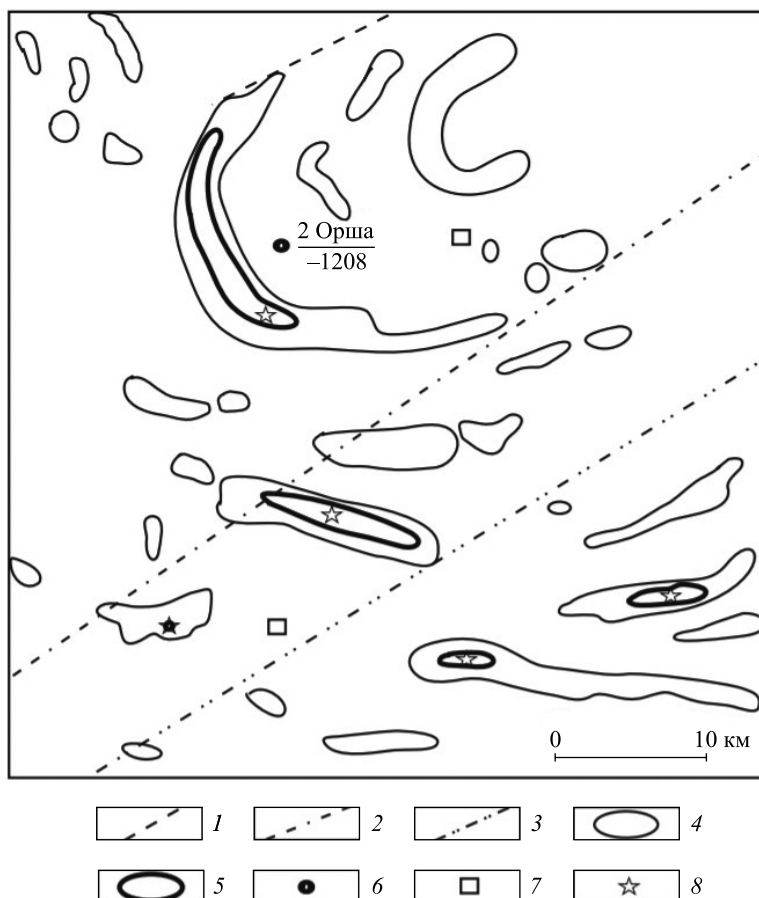


Рис. 3. Карта-схема магнитных аномалий (положительных) в районе Смоленского разлома (составлена А. М. Ковхуто по материалам О. Г. Боевой, Г. Н. Жуковской):

1–3 – Смоленский разлом (1 – по данным Г. Н. Довгаль (2001); 2 – по данным И. Д. Кудрявца (2003); 3 – по данным Н. В. Аксентовой (1992)); 4–5 – положительные локальные аномалии полного горизонтального градиента остаточных аномалий поля силы тяжести (4 – от 0,5 до 1,5 мГл/км; 5 – более 1,5 мГл/км); 6 – скважина (в числителе – номер скважины, в знаменателе – абсолютная отметка фундамента); 7 – населенные пункты; 8 – рекомендуемые участки первоочередных геолого-разведочных работ

Fig. 3. Schematic map of magnetic anomalies (positive) in the area of the Smolensk fault (compiled by A. M. Kovkhuto based on the materials of O. G. Boeva, G. N. Zhukovskaya): 1–3 – Smolensky fault (1 – according to G. N. Dovgal (2001); 2 – according to I. D. Kudryavets (2003); 3 – according to N. V. Aksamentova (1992)); 4–5 – positive local anomalies of the total horizontal gradient of residual anomalies of the gravity field: (4 – from 0.5 to 1.5 mG/km; 5 – more than 1.5 mG/km); 6 – well (in the numerator – the number of the well, in the denominator – the absolute marks of the foundation); 7 – settlements; 8 – recommended areas of priority geological exploration

Смоленский разлом продолжается на восток до Смоленска, и от границы Беларуси до Смоленска в осадочном чехле установлена широкая зона распространения минералов – спутников алмазов. Это позволяет считать, что и на территории России в пределах Смоленского разлома могут быть месторождения алмазов. Открытие таких месторождений на территории Беларуси и России в пределах Смоленского разлома позволит говорить об открытии новой, Витебской алмазодонной провинции, контролируемой Витебским гранулитовым массивом, а в ее пределах – Смоленской алмазодонной структурно-минералогической зоны, контролируемой Смоленским разломом.

Библиографические ссылки

1. Ружицкий ВО. Где следует искать кимберлиты в пределах Литовского кристаллического массива и прилегающих территорий. Доклады Академии наук БССР. 1976;20(11):1010–1020.
2. Лукашев КИ, Махнач АС. Припятская впадина – сокровищница недр Белоруссии. Минск: Наука и техника; 1966. 139 с.



3. Красовский ВФ. Взрывные образования в докембрии Белорусского кристаллического массива. *Доклады Академии наук БССР*. 1969;13(3):255–259.
4. Красовский ВФ, Лукашев КИ. Геохимические и геологические перспективы поисков кимберлитовых трубок на территории Белоруссии. *Доклады Академии наук БССР*. 1970;14(8):738–741.
5. Корзун ВП. О возможной кимберлитовости вулканогенного комплекса девона Припятской впадины. *Доклады Академии наук БССР*. 1976;20(10):924–927.
6. Корзун ВП, Махнач АС. *Верхнедевонская щелочная вулканогенная формация Припятской впадины*. Минск: Наука и техника; 1977. 164 с.
7. Махнач АС, Корзун ВП. Девонский вулканизм и проблема кимберлитовости территории Белоруссии. *Доклады Академии наук СССР*. 1982;266(4):943–947.
8. Рыбалко СИ, Ткачук ЛГ, Лахнюк ВМ и др. Первая находка кристалла алмаза в девонских отложениях Припятского прогиба. *Доклады Академии наук Украинской ССР. Серия Б: Геологические, химические и биологические науки*. 1978;8:792–795.
9. Веретенников НВ, Лапцевич АГ. Результаты научно-исследовательских работ Института геохимии и геофизики НАН Беларуси по проблеме алмазоносности южной части Беларуси и предложения по направлению и методике поисковых работ на алмазы. В: *Анализ современного состояния и направление дальнейших геолого-разведочных работ на алмазы в Беларуси. Материалы научно-практического совещания; 14–16 сентября 2005 г.; Минск, Беларусь*. Минск: [б. и.]; 2005. с. 41–48.
10. Дашкевич ВП, Левый МГ. Методика и результаты поисковых работ на коренные месторождения алмазов в Беларуси. В: *Анализ современного состояния и направление дальнейших геолого-разведочных работ на алмазы в Беларуси. Материалы научно-практического совещания; 14–16 сентября 2005 г.; Минск, Беларусь*. Минск: [б. и.]; 2005. с. 15–20.
11. Чашка АИ, Завадий НС, Левый МГ. Петрографические особенности и минеральный состав пород Каротажной и Гусевской-1 трубок взрыва (Северо-Уваровичская площадь). В: *Анализ современного состояния и направление дальнейших геолого-разведочных работ на алмазы в Беларуси. Материалы научно-практического совещания; 14–16 сентября 2005 г.; Минск, Беларусь*. Минск: [б. и.]; 2005. с. 53–69.
12. *Анализ современного состояния и направление дальнейших геолого-разведочных работ на алмазы в Беларуси. Материалы научно-практического совещания; 14–16 сентября 2005 г.; Минск, Беларусь*. Минск: [б. и.]; 2005. 129 с.
13. Clifford TN. Tectono-metallogenic units and metallogenic provinces of Africa. *Earth and Planetary Science Letters*. 1966;1(6):421–434. DOI: 10.1016/0012-821X(66)90039-2.
14. Аксаментова НВ, Найденов ИВ. Является ли кристаллический фундамент Беларуси новым палеопротерозойским доменом в Восточно-Европейском кратоне? *Литасфера*. 2006;2:142–154.
15. Богданова СВ, Бибикина ЕВ. Есть ли архей в Беларуси? (Рецензия на статью И. В. Найденова и др. «Стратиграфическая схема архея – нижнего протерозоя Беларуси (кристаллический фундамент)», опубликованную в журнале «Литасфера» № 1 (22), 2005). *Литасфера*. 2006;1:134–136.
16. Соболев НВ, Синицын АВ, Кушев ВГ. Структурная металлогения алмазоносных кимберлитов. *Геология и геофизика*. 1992;33(10):133–141.
17. Сорохтин ОГ. *Тектоника литосферных плит и происхождение алмазоносных кимберлитов*. Москва: ОНТИ ВИЭМС; 1985. 48 с. (Общая и региональная геология, геологическое картирование).
18. Конищев ВС. Тектонические критерии и перспективы алмазоносности Беларуси. *Доклады Национальной академии наук Беларуси*. 2002;46(6):96–100.
19. Pearson DG, Carlson RW, Shirey SB, Boyd FR, Nixon PH. Stabilisation of Archaean lithospheric mantle: a Re – Os isotope study of peridotite xenoliths from the Kaapvaal craton. *Earth and Planetary Science Letters*. 1995;134(3/4):341–357. DOI: 10.1016/0012-821X(95)00125-V.
20. Добрецов НЛ. *Глобальные петрологические процессы*. Москва: Недра; 1981. 236 с.
21. Mitchell RH. *Kimberlites: mineralogy, geochemistry and petrology*. New York: Plenum Press; 1986. xvii, 442 p.
22. Махнач АС. О проблеме алмазоносности территории Беларуси. *Литасфера*. 2006;2:69–75.
23. Гарецкий РГ, Каратаев ГИ, Данкевич ИВ, Астапенко ВН. *Тектоносфера Беларуси: глубинное строение и закономерности размещения полезных ископаемых*. Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси; 2001. 134 с.
24. Матвеев АВ, Нечипоренко ЛА. *Линеаменты территории Беларуси*. Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси; 2001. 123 с.
25. Лопатин ДВ. Линеаментная тектоника и месторождения-гиганты Северной Евразии. *Исследование Земли из космоса*. 2002;2:77–91.
26. Монсеев ЕИ, Беляшов АВ. Терригенный коллектор неогенового возраста минералов – спутников алмаза в центральной части Оршанской впадины. В: *Эффективность прогнозирования и поисков месторождений алмазов: прошлое, настоящее и будущее. Материалы научно-практической конференции, посвященной пятидесятилетию открытия первой алмазоносной кимберлитовой трубки «Зарница»; 25–27 мая 2004 г.; Санкт-Петербург, Россия*. Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А. П. Карпинского; 2004. с. 241–243.

References

1. Ruzhitskii VO. [Where to look for kimberlites within the Lithuanian crystalline massif and adjacent territories]. *Doklady Akademii nauk BSSR*. 1976;20(11):1010–1020. Russian.
2. Lukashev KI, Makhnach AS. *Pripyatskaya vpadina – sokrovishchnitsa nedr Belorussii* [Pripyat depression – treasury of the bowels of Belarus]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1966. 139 p. Russian.
3. Krasovskii VF. [Explosive formations in Precambrian of the Belarusian crystalline massif]. *Doklady Akademii nauk BSSR*. 1969;13(3):255–259. Russian.
4. Krasovskii VF, Lukashev KI. [Geochemical and geological prospects for the search for kimberlite pipes in Belarus]. *Doklady Akademii nauk BSSR*. 1970;14(8):738–741. Russian.
5. Korzun VP. [On the possible kimberlite bearing of the volcanogenic complex of the Devonian of the Pripyat depression]. *Doklady Akademii nauk BSSR*. 1976;20(10):924–927. Russian.



6. Korzun VP, Makhnach AS. *Verkhnedevonskaya shchelochnaya vulkanogennaya formatsiya Pripyatskoi vpadiny* [Upper Devonian alkaline volcanogenic formation of the Pripyat depression]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1977. 164 p. Russian.
7. Makhnach AS, Korzun VP. [Devonian volcanism and the problem of kimberlite in the territory of Belarus]. *Doklady Akademii nauk SSSR*. 1982;266(4):943–947. Russian.
8. Rybalko SI, Tkachuk LG, Lakhnyuk VM, et al. [The first find of a diamond crystal in the Devonian sediments of the Pripyat trough]. *Doklady Akademii nauk Ukrainsoi SSR. Seriya B: Geologicheskie, khimicheskie i biologicheskie nauki*. 1978;8:792–795. Russian.
9. Veretennikov NV, Laptsevich AG. [The results of research work of the Institute of Geochemistry and Geophysics of the National Academy of Sciences of Belarus on the problem of diamond content in the southern part of Belarus and proposals on the direction and methodology of prospecting for diamonds]. In: *Analiz sovremennogo sostoyaniya i napravlenie dal'neishikh geologo-razvedochnykh rabot na almazy v Belarusi. Materialy nauchno-prakticheskogo soveshchaniya; 14–16 sentyabrya 2005 g.; Minsk, Belarus'* [Analysis of the current state and direction of further exploration for diamonds in Belarus. Materials of the scientific and practical meeting; 2005 September 14–16; Minsk, Belarus]. Minsk: [s. n.]; 2005. p. 41–48. Russian.
10. Dashkevich VP, Levyi MG. [Methodology and results of prospecting for primary diamond deposits in Belarus]. In: *Analiz sovremennogo sostoyaniya i napravlenie dal'neishikh geologo-razvedochnykh rabot na almazy v Belarusi. Materialy nauchno-prakticheskogo soveshchaniya; 14–16 sentyabrya 2005 g.; Minsk, Belarus'* [Analysis of the current state and direction of further exploration for diamonds in Belarus. Materials of the scientific and practical meeting; 2005 September 14–16; Minsk, Belarus]. Minsk: [s. n.]; 2005. p. 15–20. Russian.
11. Chashka AI, Zavadih NS, Levyi MG. [Petrographic features and mineral composition of the Karotazhnaya and Gusevitskaya-1 rocks of the explosion tubes (Severo-Uvarovichskaya area)]. In: *Analiz sovremennogo sostoyaniya i napravlenie dal'neishikh geologo-razvedochnykh rabot na almazy v Belarusi. Materialy nauchno-prakticheskogo soveshchaniya; 14–16 sentyabrya 2005 g.; Minsk, Belarus'* [Analysis of the current state and direction of further exploration for diamonds in Belarus. Materials of the scientific and practical meeting; 2005 September 14–16; Minsk, Belarus]. Minsk: [s. n.]; 2005. p. 53–69. Russian.
12. *Analiz sovremennogo sostoyaniya i napravlenie dal'neishikh geologo-razvedochnykh rabot na almazy v Belarusi. Materialy nauchno-prakticheskogo soveshchaniya; 14–16 sentyabrya 2005 g.; Minsk, Belarus'* [Analysis of the current state and direction of further exploration for diamonds in Belarus. Materials of the scientific and practical meeting; 2005 September 14–16; Minsk, Belarus]. Minsk: [s. n.]; 2005. 129 p. Russian.
13. Clifford TN. Tectono-metallogenic units and metallogenic provinces of Africa. *Earth and Planetary Science Letters*. 1966; 1(6):421–434. DOI: 10.1016/0012-821X(66)90039-2.
14. Aksamentova NV, Naidenkov IV. Is the crystalline basement of Belarus a new Palaeoproterozoic domain within the East European craton? *Litasfera*. 2006;2:142–154. Russian.
15. Bogdanova SV, Bibikova EV. [Are there archaean in Belarus? (Review of the article by I. V. Naidenkov, et al. «Stratigraphic scheme of the Archean – Lower Proterozoic of Belarus (crystalline basement)», published in the journal «Litasfera» No. 1 (22), 2005)]. *Litasfera*. 2006;1:134–136. Russian.
16. Sobolev NV, Sinitsyn AV, Kushev VG. [Structural metallogeny of diamondiferous kimberlites]. *Geologiya i geofizika*. 1992; 33(10):133–141. Russian.
17. Sorokhtin OG. *Tektonika litosfernykh plit i proiskhozhdenie almazonosnykh kimberlitov* [Tectonics of lithospheric plates and the origin of diamondiferous kimberlites]. Moscow: ONTI VIEMS; 1985. 48 p. (Obshchaya i regional'naya geologiya, geologicheskoe kartirovanie). Russian.
18. Konishchev VS. [Tectonic criteria and prospects of diamondiferousness in Belarus]. *Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*. 2002;46(6):96–100. Russian.
19. Pearson DG, Carlson RW, Shirey SB, Boyd FR, Nixon PH. Stabilisation of Archaean lithospheric mantle: a Re – Os isotope study of peridotite xenoliths from the Kaapvaal craton. *Earth and Planetary Science Letters*. 1995;134(3/4):341–357. DOI: 10.1016/0012-821X(95)00125-V.
20. Dobretsov NL. *Global'nye petrologicheskie protsessy* [Global petrological processes]. Moscow: Nedra; 1981. 236 p. Russian.
21. Mitchell RH. *Kimberlites: mineralogy, geochemistry and petrology*. New York: Plenum Press; 1986. xvii, 442 p.
22. Makhnach AS. The problem of diamond occurrence in the territory of Belarus. *Litasfera*. 2006;2:69–75. Russian.
23. Garetskii RG, Karataev GI, Dankevich IV, Astapenko VN. *Tektonosfera Belarusi: glubinnoe stroenie i zakonmernosti razmeshcheniya poleznykh iskopaemykh* [The tectonosphere of Belarus: the deep structure and patterns of mineral deposits]. Minsk: Institut geologicheskikh nauk NAN Belarusi; 2001. 134 p. Russian.
24. Matveev AV, Nechiporenko LA. *Lineamenty territorii Belarusi* [Lineaments of the territory of Belarus]. Minsk: Institut geologicheskikh nauk NAN Belarusi; 2001. 123 p. Russian.
25. Lopatin DV. [Lineament tectonics and giant deposits of Northern Eurasia]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2002;2:77–91. Russian.
26. Moiseev EI, Belyashov AV. [Neogene terrigenous reservoir of diamond satellite minerals in the central part of the Orsha depression]. In: *Effektivnost' prognozirovaniya i poiskov mestorozhdenii almazov: proshloe, nastoyashchee i budushchee. Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi pyatidesyatiletuyu otkrytiya pervoi almazonosnoi kimberlitovoi trubki «Zarnitsa»; 25–27 maya 2004 g.; Sankt-Peterburg, Rossiya* [Efficiency of forecasting and prospecting for diamond deposits: past, present and future. Materials of the scientific and practical conference dedicated to the fiftieth anniversary of the discovery of the first diamondiferous kimberlite pipe «Zarnitsa»; 2004 May 25–27; Saint Petersburg, Russia]. Saint Petersburg: A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute; 2004. p. 241–243. Russian.

Получена 12.04.2021 / исправлена 07.05.2021 / принята 26.10.2021.
Received 12.04.2021 / revised 07.05.2021 / accepted 26.10.2021.