

Полезные ископаемые

УДК 553.69 (622)

<https://doi.org/10.26516/2541-9641.2024.4.37>

Вклад геологов ИГУ в изучение Ботогольского графитового месторождения (Восточные Саяны)

С.В. Снопков^{1,2}, А.В. Хобта³, И.А. Богданова¹, Н.И. Швалева⁴

¹*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*

²*Сибирская школа геонаук Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия*

³*Музей истории ВСЖД ОАО РЖД, г. Иркутск, Россия*

⁴*Иркутский филиал ФБУ «Территориальный фонд геологической информации по Сибирскому федеральному округу», г. Иркутск, Россия*

Аннотация. История изучения Ботогольского графитового месторождения продолжается уже более века. Большой вклад в понимание генезиса и строения этого уникального месторождения внесли, в том числе, геологи Иркутского государственного университета Н.А. Флоренсов, М.М. Одинцов, В.С. Соболев и В.П. Солоненко, впоследствии ставшие всемирно известными учеными. Они работали на месторождении во время Великой Отечественной войны, когда графит являлся стратегическим сырьем и в нем остро нуждалась промышленность страны.

Ключевые слова: *Н.А. Флоренсов, М.М. Одинцов, В.С. Соболев, В.П. Солоненко, Восточные Саяны, Ботогольский гольц, месторождение графита, открытие рудных тел, генезис и строение месторождения.*

Contribution of ISU Geologists to the Study of the Botogol Graphite Deposit (Eastern Sayans)

S.V. Snopkov^{1,2}, A.V. Khobta³, I.A. Bogdanova¹, N.I. Shvaleva⁴

¹*Irkutsk State University, Irkutsk, Russia*

²*Siberian School of Geosciences Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia*

³*Museum of the History of the East Siberian Railway, JSC Russian Railways, Irkutsk, Russia*

⁴*Irkutsk branch of the Federal State Budgetary Institution "Territorial Fund of Geological Information for the Siberian Federal District", Irkutsk, Russia*

Abstract. The history of studying the Botogol graphite deposit has been going on for more than a century. Geologists of Irkutsk State University N.A. Florensov, M.M. Odintsov, V.S. Sobolev and V.P. Solonenko, who later became world-famous scientists, made a great contribution to understanding the genesis and structure of this unique deposit. They worked at the field during the Great Patriotic War, when graphite was a strategic raw material and the country's industry was in dire need of it.

Keywords: *N.A. Florensov, M.M. Odintsov, V.S. Sobolev, V.P. Solonenko, Eastern Sayans, Botogolsky char, graphite deposit, discovery of ore bodies, genesis and structure of the deposit.*

Введение

Ботогольское месторождение графита находится в Республике Бурятия на юго-востоке Бельского плоскогорья в центральной части Восточного Саяна в пределах вершинной зоны Ботогольского гольца, высота которого достигает 2100–2300 м. Месторождение приурочено к Ботогольскому сиенитовому массиву, который прорывает толщу нижнепротерозойских метаморфических пород (кристаллические сланцы, гнейсы, кварциты, известняки). Толща метаморфических пород смята в брахиантиклинальную складку. Интрузивный массив сложен в основном нефелиновыми сиенитами, которые по периферии сменяются пироксеновыми разновидностями. В массиве присутствуют крупные ксенолиты вмещающих пород, в основном карбонатных. На месторождении известно более 30 графитовых тел, локализованных в основном в северной части массива. Некоторые залежи графита приурочены к контакту с ксенолитами известняков (Ботогольское..., 2024).

Ботогольское графитовое месторождение было открыто в середине XIX века Жан-Пьером Алибером и почти полтора столетия на руднике шла добыча высококачественной графитовой руды. С 1857 по 1992 гг. её было добыто приблизительно 890 тыс. т (Снопков и др., 2022).

По начальным запасам месторождение относилось к категории крупных, в настоящее время балансовые запасы соответствуют мелкому месторождению — 100 тыс. т. Руды (в пересчёте на графит — 41 тыс. т, что составляет примерно 0.2 % балансовых запасов кристаллического графита РФ на начало 2020-х гг.). Богатые массивные руды месторождения в основном отработаны; оставшиеся полосчатые, пятнистые и вкрапленные руды являются легко обогатимыми и могут добываться открытым и подземным способом. По состоянию на 01.01.2022, прогнозные ресурсы по категории P1 составляют 4 млн т — штокообразные и гнездовые плотнокристаллические графитовые руды со средним содержанием графита 20 %, локализованные на флангах

месторождения, и P2 — 2 млн т (Ботогольское..., 2024).

Разработка месторождения была начата для нужд карандашного производства. Купец 1 гильдии Ж-П. Алибер поставлял графитовую руду в Германию на карандашную фабрику Фабера. Во второй половине XIX — начале XX вв. ботогольский графит использовался для нужд металлургии для производства плавильных тиглей и изготовления красок. В 30–40-е года XX века большие потребности в графите возникли в машиностроении для производства электродов, разнообразных нагревательных элементов, скользящих контактов (электрощеток), подшипников, электростатических покрытий, щелочных аккумуляторов и др. Особое стратегическое значение приобрел графит с началом работ по созданию уран-графитовых реакторов.

Несмотря на высокое качество и большие запасы руды разработку месторождения ограничивала его труднодоступность. Но без высококачественного Ботогольского графита обойтись не получалось, даже после того, как в 30-х годах XX века началась разработка графитовых месторождений в Приамурье (Союзное), на Урале (Тайгинское) и др.

В годы Великой Отечественной войны страна столкнулся с острой нехваткой графита для обеспечения функционирования стратегических отраслей промышленности. На оккупированной врагом территории — на Украине — оказалось крупнейшее предприятие по производству графита Завальевский графитовый комбинат, работающий с 1933 года на рудах одноименного месторождения, и роль Ботогольского месторождения в обеспечении промышленности резко поднялась.

Для удовлетворения потребностей в графите в тяжелейших условиях военного времени и кратчайшие сроки на Урале был построен Кыштымский графито-каолиновый комбинат, который начал выпуск серебристого графита уже в июне 1942 года. Производилось три марки продукции: карандашный, элементный и литейный графит. Для работы предприятия требовались бесперебойные поставки графитовой руды, и одним из основных источников сырья было Ботогольское месторождение. «В данное

время ботогольский графит является основным сырьем всей нашей отечественной промышленности» — писал Н.А. Флоренсов (Флоренсов и др., 1942).

Изменения в потребностях графита в стране хорошо иллюстрирует динамика его добычи на Ботогольском месторождении. Если в 1926–1930 гг. добывалось графитовой руды в среднем около 3 тыс. т в год, в 1931–1936 гг. — 4.8 тыс. т, а в 1937–1940 гг. уже — 5.1 тыс. т (Снопков и др., 2022).

Одной из главных проблем поставки графитовой руды с Ботогольского месторождения было приближающееся полное истощение разведанных запасов. Резко возросшая потребность в графите требовала срочно оценить перспективы эксплуатации месторождения.

Решения этой важной государственной задачи было поручено тресту Сибирского треста нерудных ископаемых «Сибгеолнеруд» Народного Комиссариата промышленности строительных материалов СССР (НКПСМ СССР). Для проведения работ в трест был командирован ряд геологов, среди которых были выпускники и преподаватели Иркутского государственного университета.

Геологи ИГУ, участвующие в изучении Ботогольского графитового месторождения

Ключевую роль в этих работах сыграли геологи, жизнь которых оказалась тесно связанной с ИГУ: Николай Александрович Флоренсов, Михаил Михайлович Одинцов, Владимир Степанович Соболев и Виктор Прокопьевич Солоненко.

Известный советский геолог, доктор геолого-минералогических наук, профессор Иркутского государственного университета, член-корреспондент Академии наук СССР и основатель сибирской школы неотектоники и геоморфологии, Николай Александрович Флоренсов окончил геолого-почвенно-географический факультет ИГУ в 1936 г. С 1937 года он работал в университете в должностях от ассистента до профессора, а с 1941 по 1960 гг. возглавлял кафедру динамической геологии университета. Читал лекции по общей геологии, динамической геологии и геоморфологии. С 1941 по 1944 год он работал в тресте «Сибгеолнеруд», а с 1945 по 1947 год — главным геологом Восточно-

Сибирского геологического управления Министерства геологии СССР. С 1949 по 1952 год Флоренсов является директором Института геологии Восточной-Сибирского филиала АН СССР (с 1957 г. — Восточно-Сибирский геологический институт СО АН СССР; с 1962 г. — Институт земной коры СО АН СССР).

Будущий доктор геолого-минералогических наук, профессор и член-корреспондент Академии наук СССР Михаил Михайлович Одинцов окончил Иркутский государственный университет в 1936 году экстерном. После окончания университета он работал в геологических предприятиях и во время Великой Отечественной войны — в тресте «Сибгеолнеруд», занимаясь поиском стратегического сырья, в том числе графита. С 1945 года начинает преподавать в Иркутском государственном университете, при этом с 1945 до 1955 года он являлся заведующим кафедрой исторической геологии, а с 1949 по 1954 год — деканом геологического факультета. С 1954 до 1980 года возглавлял Институт геологии Восточной-Сибирского филиала АН СССР (в настоящее время — Институт земной коры СО РАН). В 1960–1969 годы был заместителем председателя и председателем Восточно-Сибирского филиала Сибирского отделения Академии наук СССР.

Горный инженер Владимир Степанович Соболев являлся выпускником Ленинградского горного института 1930 года. После окончания института и до начала войны он работал в Центральном научно-исследовательском геологоразведочном институте (ЦНИГРИ), и одновременно преподавал в родном ВУЗе. Научное звание кандидата геолого-минералогических наук он получил в 1937 г. без защиты диссертации, а уже в 1938 г. стал доктором наук. В 1939 г. он работает профессором ЛГИ. С началом войны был отправлен в эвакуацию в Сибирь, где в 1941–1943 гг. работал консультант Сибирского геологического управления, и одновременно преподавал в Иркутском государственном университете. В 1958–1981 годах являлся заместителем директора Института геологии и геофизики СО АН СССР и преподавал на геологическом факультете Новосибирского государственного университета. В ИГУ был заведующим кафедрой петрографии и минералогии, а в 1962–1971 годах — деканом факультета. В 1958 году избран академиком АН СССР.

Советский геолог и геофизик, доктор геолого-минералогических наук, профессор,

член-корреспондент АН СССР Виктор Прокопьевич Солоненко окончил с «отличием» геолого-почвенно-географический факультет ИГУ в 1940 году и был оставлен в аспирантуре. С 1940 по 1957 год работал в ИГУ и прошел все ступеньки педагогической карьеры — от ассистента до профессора. С 1953 по 1957 год заведовал кафедрой полезных ископаемых и геофизики университета, а в 1955 году занимал должность декана геологического факультета. С 1957 года В.П. Солоненко продолжил свою деятельность в Институте земной коры СО АН СССР.

Несмотря на то, что в научной и производственной деятельности эти ученые

занимались решением других научных проблем, изучали другие месторождения и геологические объекты, работа на Ботогольском месторождении стала важным этапом в их профессиональном становлении.

В истории геологического изучения месторождений полезных ископаемых немного таких случаев, когда несколько молодых геологов, работающих над одной геологической проблемой, впоследствии стали всемирно известными учеными: В.С. Соболев — академиком АН СССР, а Н.А. Флоренсов, М.М. Одинцов и В.П. Солоненко — членами-корреспондентами Академии наук СССР.



Рис. 1. Владимир Степанович Соболев (1908–1982) —верху слева, Николай Александрович Флоренсов (1909–1986) —верху справа; Михаил Михайлович Одинцов (1911–1980) —внизу слева; Виктор Прокопьевич Солоненко (1916–1988) —внизу справа (фото из свободного доступа в сети интернет).

Fig. 1. Vladimir Stepanovich Sobolev (1908–1982) — top left, Nikolai Alexandrovich Florensov (1909–1986) — top right; Mikhail Mikhailovich Odintsov (1911–1980) — bottom left; Viktor Prokopievich Solonenko (1916–1988) — bottom right (photos from free Internet access).

Состояние геологической изученности Ботогольского месторождения к началу 1940-х годов

С середины XIX века до 20-х годов XX века, систематического целенаправленного изучения геологии Ботогольского сиенитового массива не проводилось. Поиск новых графитовых тел владельцами рудника шел путем покрытия площади шурфами и канавами.

После установления Советской власти в Сибири рудник был национализирован, и передан в ведение Горного отдела Иркутского губернского совета народного хозяйства. С 1925 по 1951 год разработкой месторождения занимался рудник «Ботогол», который последовательно относился к трестам «Русские самоцветы», «Минеральное сырье», «Минералруд», «Союзграфитнеруд», «Союзграфит», «Союзслюда», «Сибгеолнеруд» (Снопков и др., 2022).

Таким образом, ко времени создания Ботогольского рудника более или менее детальное описание геологии района отсутствовало и оставался неясен генезис графитового оруднения. Основные представления о геологии месторождения базировались на результатах обследования территории изыскателем Кругобайкальской железной дороги Леонардом Ячевским (Ячевский, 1898). По представлениям которого, графит сформировался при застывании сиенитовой магмы, насыщенной углеродом за счет углистого вещества вмещающих осадочных пород.

Н.А. Флоренсов так охарактеризовал состояние геологических познаний о месторождении на момент его национализации: *«Несмотря на известность месторождения, его труднодоступность обуславливала весьма низкую степень геологической изученности. Окружающий его район оставался по существу совершенно неисследованным.»* (Флоренсов и др., 1942).

Систематическое научное и поисково-разведочное изучение месторождения начинается с 1924 г., когда на Ботогол были командированы сотрудники Академии наук СССР В.М. Куплетский, Е.Е. Костылева и А.Н. Лобунцев. Главным результатом их работ стало минералогическое и петрографическое

описание горных пород и руд (Лобунцев, 1925). Было установлено, что среди сиенитов массива выделяется 4 разновидности (Куплетский, 1925 г.). Основную роль в образовании графита Куплетский отводил диссоциации молекул карбонатов из толщи кристаллических известняков, т. е. при нагревании карбонат металла разлагался на оксид металла (твердая фаза) и двуокись углерода (газообразная фаза); освободившийся углекислый газ восстанавливался до чистого углерода, который отлагался в виде графитовых штоков, гнезд и жил неправильной формы.

Изучение месторождения было продолжено экспедицией Института прикладной минералогии, которая работала на Ботоголе в 1927 г. под руководством Н.П. Некрасова. В ходе работ были составлены топографическая и геологическая карты северной части гольца, в небольшом объеме проведены поверхностные разведочные работы и опробование старых выработок. Вслед за Куплетским, исследователи отметили связь графитовых тел с лейкократовой разновидностью сиенитов, но вот появление графита Некрасов объяснял по-другому — выделением углерода из известняков при ассимиляции их жидкой щелочной магмой (Некрасов, 1928).

В 1929–1930 гг. работы Института прикладной минералогии были продолжены. Поисковая партия, под руководством И.И. Орешкина, была нацелена на выявление промышленных запасов графитовой руды (Орешкин, 1930).

Следующий этап исследования Ботогольского гольца связан с работами Восточно-Сибирского геологического управления (ВСГУ) в 1939–1941 гг. В этот период были проведены поисковые и съемочные работы, в небольшом объеме шурфовка и бурение, и впервые геофизические электроразведочные измерения. Однако ничего нового в понимание строения и генезиса месторождения эти работы не внесли, но был проведен пересчет запасов графитовой руды. По данным И.И. Орешкина месторождение имело богатых графитовых руд 23 тыс. т (Орешкин, 1941). С учетом того, что на месторождении ежегодно добывалось в среднем 5 тыс. тонн, а спрос на графит возрастал, имеющихся

запасов по самым оптимистическим оценкам хватало на 3-4 года.

Перспективы поисков новых графитовых залежей на вершине Ботогольского гольца оценивались как неблагоприятные. Образование графитовых тел Орешкиным трактовалось как явление случайное, связанное исключительно с диссоциацией карбонатного вещества известняковых ксенолитов (гипотеза Куплетского), а графитонность приурочена исключительно к верхней, корковой части сиенитового массива (Орешкин, 1941). Рудные тела рассматривались как всплывшие к потолку плутона гигантские пузыри графитного углерода (Флоренсов и др., 1942, с. 98). Поскольку величина, форма и расположение этих ксенолитов в пространстве не поддавалось учёту, то и точные поисковые

прогнозы обнаружения графитовых тел дать было невозможно. Геологи ВСГУ считали, что наиболее крупные тела графита уже выявлены, и единственным способом дальнейшего прироста запасов был поиск мест графитовых свалов в элювии и делювии на склоне и у подножья гольца (Орешкин, 1941).

Несмотря на то, что геологические исследования 1924–1941 гг. дали много новой информации о строении месторождения, не была решена главная задача — не были определены основные поисковые критерии графитового оруденения. Поэтому поиск новых рудных тел проводился по тому же принципу, что и все предыдущие работы — путем сплошного площадного обследования поверхности гольца шурфами, канавами и мелкими скважинами (рис. 2).



Рис. 2. Разведочные канавы на восточном склоне гольца (восточнее шахты Ж-П. Алибера (фото из отчета Ботогольской геологоразведочной экспедиции треста «Сибгеолнеруд» (Флоренсов и др., 1942)).

Fig. 2. Exploration ditches on the eastern slope of the char (east of the mine W-P. Alibera (photo from the report of the Botogol geological exploration expedition of the Sibgeolnerud Trust (Florensov et al., 1942)).

Такой метод поиска графитового оруденения являлся трудозатратным и малоэффективным. К 1941 году все крупные графитовые тела, выходящие на поверхность, были открыты и практически выработаны. Открываемые мелкие рудные тела в конце 1930-х годов не успевали за возрастающей потребностью промышленности в графите.

Геологические исследования Ботогольского месторождения

трестом «Сибгеолнеруд» в 1942–1944 годах

Ввиду ничтожного прироста запасов работами ВСГУ и близости к исчерпанию запасов графитовых руд, вопрос о дальнейшей перспективе месторождения встал особенно остро. Для развертывания новых поисков графитового оруденения необходимо было разработать методику выявления рудных тел, исключив из неё элемент случайности.

Предшествующие работы дали много информации о месторождении:

— достаточно точно был прослежен контакт сиенитов и известняков;

— было установлено, что интрузивный массив включает несколько разновидностей сиенитов, которые не являются результатом единовременной дифференциации сиенитовой магмы, а образовались в разные этапы интрузивного процесса;

— графитовые руды в основном связаны с лейкократовой разностью сиенитов, поэтому крупные залежи графита главным образом находятся в северной части гольца, сложенного как раз этой разновидностью сиенитов;

— графитовые тела тесно связаны с ксенолитами известняков, поэтому форма залежей во многом отражает форму и размеры первичных ксенолитов.

Но при этом остались совершенно неизученными тектоника рудного поля и слабо был обоснован генезис графитовых тел. *«Трудность изучения (генезиса — Авт.) усугубляется разнообразием его руд, различным генезисом вмещающих пород, сложной морфологией графитовых тел»* (Флоренсов и др., 1943).

В 1942 г. изучение месторождения было передано тресту «Сибгеолнеруд». Для проектирования и выполнения работ были привлечены лучшие специалисты-геологи, такие как: Лев Иосифович Шаманский, Михаил Михайлович Одинцов, Николай Александрович Флоренсов, Леонид Яковлевич Нестеров, Владимир Степанович Соболев, Виктор Прокопьевич Солоненко, и др.

В разработке проекта приняли деятельное участие заведующий кафедрой разведочного дела, профессор Иркутского горно-металлургического института Лев Иосифович Шаманский и выпускник ИГУ Михаил Михайлович Одинцов. Геологи понимали, что коренной перелом в процессе открытия новых рудных тел и приросте запасов будет возможен лишь после того, когда будет понятно за счет каких процессов происходило образование оруденения, и какие существуют минеральные, петрографические, структурные, геоморфологические, петрофизические признаки присутствия графитового оруденения.

В период написания проекта Л.И. Шаманский, на основе анализа результатов предшествующих работ, высказал гипотезу о том,

что форма графитовых тел и их размещение в пространстве связаны с тектоникой сиенитового массива и первичной структурой поглощенной магмой известняков (Косыгин и др., 1942). Проверка этой гипотезы стала одной из задач проектируемых работ.

Трехлетний проект работ на Ботогольском месторождении разработанный трестом «Сибгеолнеруд», стал важным событием в истории изучения месторождения. В проекте указывалось, что неясность промышленных перспектив месторождения определяется недостаточной изученностью месторождения (особенно его структуры и генезиса).

Проектом предусматривалось выполнение следующих видов работ: изучение геологических особенностей известных рудных тел; минералогические и петрографические исследования, геологическое картирование, геофизические съемки, проходку горных выработок (шурфов и канав), бурение скважин, топографическая съемка, гидрогеологические исследования, опробование руд. Главным результатом работ должна быть обоснованная оценка экономических перспектив месторождения, определение запасов графитовых руд по высоким категориям.

Объемы проектируемых работ были распределены по значимости на разные этапы проекта:

— геологическое (структурное, петрологическое) изучение месторождения, с целью разработки методики поисков графитовых залежей, выдвигались на первый план на начальном этапе работ;

— геологическое картирование, с целью более детального изучения строения сиенитового массива и определения перспективных площадей для выявления графитовых залежей, планировалась начать с первого года реализации проекта, постепенно наращивая их объемы по мере разработки поисковых критериев; результаты этих работ должны были стать основой для проведения геофизических, горных и буровых работ;

— геофизические исследования, с целью поиска графитовых залежей, также были разбиты на этапы — в первый полевой сезон необходимо было сформировать и опробовать комплекс методов и методику их проведения, в последующие два года провести

поиски рудных тел на рекомендованных площадях по результатам геологического картирования;

— горные и буровые работы, с целью поиска и разведки графитовых залежей, на начальном этапе работ ограничивались до-разведкой разрабатываемых рудных тел, а в последующие два года объемы горных и буровых работ должны были быть значительно увеличены за счет разведки новых графитовых залежей;

— опробование рудных тел, с целью оценки качества руд и изучения их обогатимости, должны были возрасти по мере увеличения объемов разведочных работ;

— топографические съемки и гидрогеологические исследования, с целью обеспечения геологоразведочных работ и разработки рудных тел, должны были проводиться в течение всех трех лет.

Для выполнения работ в феврале 1942 года сначала была создана геологоразведочная партия, которая уже в том же году была преобразована в экспедицию. Обязанности старшего геолога экспедиции были возложены на доцента ИГУ Н.А. Флоренсова, а общее руководство экспедицией — на Г.В. Иванова.

Руководство геофизическими исследованиями было поручено выдающемуся ученому-геофизику, заведующему кафедрой геофизики Ленинградского горного института Леониду Яковлевичу Нестерову, который находился в эвакуации в г. Черемхово в составе профессорско-преподавательского состава ЛГИ. В Сибири Л.Я. Нестеров — один из основателей отечественной разведочной геофизики, будущий доктор геолого-минералогических наук, профессор и директор Всесоюзного научно-исследовательского геологического института (ВСЕГЕИ) — продолжал свою учебную и научную работу. Геофизические (электроразведочные и магниторазведочные) работы на Ботоголе, под научным руководством Л.Я. Нестерова, проводили студенты старших курсов Ленинградского горного института, располагавшегося в период эвакуации с 1942 по 1944 гг. в г. Черемхово.

Летом 1943 года Флоренсов привлек к работе на Ботоголе известного ученого-геолога

Владимира Степановича Соболева и своего бывшего студента, старшего преподавателя ИГУ Виктора Прокопьевича Солоненко.

Доктор геолого-минералогических наук и профессор Ленинградского горного института В.С. Соболев находился в Иркутске также в эвакуации, преподавал в ИГУ и работал консультантом в Сибирском геологическом управлении. Будучи талантливым минералогом и петрологом, он должен был выполнить минералого-петрографические исследования по Ботоголу.

В.П. Солоненко в период с 1940–1943 гг., будучи аспирантом ИГУ, занимался разработкой методики для оценки инженерно-геологических условий сооружения военных коммуникаций, под руководством профессоров А.В. Львова и С.В. Обручева. Первые его научные разработки касались водоснабжения в условиях вечной мерзлоты. В 1943 г. он защитил кандидатскую диссертацию по теме «Военная геология в условиях вечной мерзлоты» и опубликовал результаты исследований в виде монографии (Солоненко, 1944). Так как проблема гидрогеологического изучения Ботогольского гольца стояла весьма остро, в связи с катастрофическим недостатком воды для выполнения буровых работ и функционирования рудника, знания и опыт работы молодого ученого по данному направлению оказались весьма кстати.

Работа на Ботогольском месторождении стала важным событием в профессиональной карьере В.П. Солоненко. Уже в 1944 году он назначается начальником Тематической графитовой партии треста «Сибгеолнеруд», которая занималась изучением графитовых месторождений Сибири и Дальнего Востока для нужд атомной энергетики. С 1944 по 1950 год он участвует в изучении графитовых месторождений в Нижнетунгусской, Восточно-Саянской, Уссурийской, Приморской и Хинганской графитовых провинциях, и становится соавтором открытия 20 месторождений графита. Результатом его работы в тресте «Сибгеолнеруд» — с 1943 г. геологом Ботогольской экспедиции, а с 1944 по 1950 год начальником тематической графитовой партии исследований графитовых месторождений стала монография «Геология месторождений

графита Восточной Сибири и Дальнего Востока» (Солоненко, 1951). За этот труд в 1952 г. ему была присуждена степень доктора геолого-минералогических наук в Ученом Совете МГУ.

Работа Ботогольской партии (затем экспедиции) в 1942 году шла очень тяжело (рис. 3). Остро ощущалась нехватка транспорта и рабочей силы на горных и топографических работах. Буровой парк был некомплектован и не имел ремонтной базы на месте работ.



Рис. 3. Буровая вышка на доразведке Алиберовского штока. Слева отвал шахта Ж-П. Алибера (Флоренсов и др., 1942).

Fig. 3. Drilling rig on the additional exploration of the Alibera stock. On the left is the mine dump. Alibera (Florensov et al., 1942).

Пик геологического изучения ботогольского массива и выявления графитовых залежей пришелся на 1943 год. В течение всего года работал лишь поисково-разведочный отряд, занимающийся бурением и проходкой горных выработок. Отряд, руководимый геологом И.И. Блинниковым состоял из 5 инженерно-технических работников и рабочих. Ещё 4 отряда работали сезонно: геологосъемочный (старший геолог Н.А. Флоренсов, геолог В.П. Солоненко, 3-е студентов Иркутского горно-металлургического института (ныне ИрНИТУ)); топографический (2 чел.); геофизический отряд (3-е студентов ЛГИ); гидрогеологический отряд (в середине лета был расформирован, а работы выполнялись геологическим отрядом). В 1943 году, несмотря на трудности, обусловленные режимом военного времени, экспедиция перевыполнила свой производственный план на 50 % (Флоренсов и др., 1943).

Негативным фактором, прекращавшим надолго всякую работу в поле в октябре – декабре стали сильные бури. Результатом этого стало невыполнение плана геологоразведочных работ (58 %), в первую очередь, по горным и буровым работам. При этом объемы геологической съемки, которые проводились в течение полутора месяцев, были значительно перевыполнены (Флоренсов и др., 1942, с. 5).

Начиная с 1944 г. работы экспедиции были направлены, в первую очередь, на разведку известных и вновь открытых графитовых руд. При этом геологосъемочные и поисковые работы продолжались.

Результаты геологических работ треста «Сибгеолнеруд»

Детально история геологоразведочных работ трестом «Сибгеолнеруд», рассмотрена в статье «История геологического изучения Ботогольского графитового месторождения», опубликованной в 2023 году в журнале «Геология и окружающая среда» (Снопков и др., 2023).

Краткую характеристику результатам геологоразведочных работ 1942–1943 гг. дал Ю.Н. Глазов, старший геолог Ботогольской геологоразведочной экспедиции в 1950 г.

В качестве научных результатов Глазов отметил, что в ходе работ 1942 г. были выявлены неизвестные ранее структурные

особенности месторождения, подмечена связь графитовых проявлений с первичной тектоникой сиенитового массива, обнаружена локализация проявлений пострудной тектоники вблизи графитовых тел, выявлены новые разности магматических и контактовых пород, доказана возможность обнаружения новых крупных графитовых тел, установлены новые критерии поисков, разработана схема классификации руд, а также методика их обогащения. Работами 1943 года была детально исследована наиболее продуктивная северная часть рудного поля, составлена гидрогеологическая карта Ботогольского гольца, проведены детальные петрографические исследования, уточнены поисковые критерии и генезис графитовых руд месторождения. Работы 1942-1943 гг. привели к открытию 7 рудных тел (штоки «Новый», «Большой», «2-й Южный», «Юго-восточный», «2-й Юго-западный», Ильинская залежь и гнездо № 2) с общими запасами богатой руды 60 тыс. т (Глазов, 1951).

Отдельно выделим вклад сотрудников ИГУ в формирование представлений о геологии Ботогольского сиенитового массива. Отметим лишь наиболее значимые результаты:

Вклад Н.А. Флоренсова в разработку поисковых критериев графитового оруденения. «...Структурная сложность и разнообразие способов графитообразования определяют запутанность общей геологической обстановки месторождения и подчас неуловимость основных критериев поисков графита.» — так была охарактеризована Флоренсовым сложность стоящей задачи.

Несмотря на большие трудности проведения работ в 1942 г., задача была выполнена. На основании результатов обследования известных рудных тел и проведенных геологосъемочных работ были впервые сформулированы поисковые критерии графитового оруденения. В отчете Ботогольской экспедиции за 1942 г. Н.А. Флоренсовым представлена глава «Критерии поисков графита на Ботогольском гольце» (Флоренсов и др., 1942, с. 97–104).

В отчете Флоренсов указывает основные особенности формирования ботогольского сиенитового массива и графитовых тел. Его

представления о геологии территории, представленные в отчете, достаточно сильно отличались от мнения предшественников. Кратко его выводы сводились к следующему:

1) В эволюции Ботогольской сиенитовой интрузии выделяется 6 фаз: I – темноцветные безнефелиновые сиениты; II – пироксеновые сиениты, содержащие нефелин в умеренном количестве, но богатые железом и магнием; III – лейкократовые сиениты с биотитом, конкритом и содалитом; IV – нефелин-полевошпатовые пегматиты, бедные цветными минералами; V – поливошпатовые жилы, лишенные цветных минералов; VI – кальцитовые жилы.

Развитие ботогольской интрузии проходило через магматическую (жидкую), пегматитовую и постмагматическую (гидротермальную) стадию. Первые порции магмы имели высокую кислотность, которая препятствовала образованию нефелина. В процессе дальнейшего формирования интрузии происходило прогрессивное обеднение новых порций магмы железом и магнием и, следовательно, окрашенными минералами. При этом сама магма прогрессивно обогащалась щелочами, за счет ассимиляции карбонатов. В результате этих процессов содержание нефелина в новых порциях магмы непрерывно увеличивалось до фазы V включительно. В магме шло накопление натрия при растущем дефиците кремнекислоты и расходовании калия на образование микроклина — составной части сиенитов.

Поднятию магмы в ядро Ботогольской антиклинали благоприятствовали структурные условия кровли плутона — вертикальная либо круто наклонная сланцеватость известняков.

Последовательное образование различных типов сиенитов с изменением их состава — это длительный и прерывистый процесс дифференциации магмы, осложненный притоком больших количеств кальция в результате ассимиляции магмой известняков (Флоренсов и др., 1942, с. 61–63).

2) В тектонике территории также выделяется несколько фаз (рис. 4) (Флоренсов и др., 1942, с. 65–86):

фаза А — геосинклинальное развитие территории Восточного Саяна в протерозое;

фаза Б — палеозойский этап деформации протерозойских складок ботогольской толщи и внедрение в них первых порций магматических масс; сжатие имело юго-западное, частично субмеридиональное направление, которое обусловило наклон ботогольской антиклинали и форму сиенитового тела;

фаза В — сжатие привело к созданию новых складчатых структур северо-восточного простирания и внедрению новых порций магмы; магматический расплав внедрялся

как по древнему северо-западному направлению, так и более позднему — северо-восточному;

фаза Г — пострудный, «разломный» этап, который создал густую сеть разломов в ходе растрескивания затвердевшей коры сиенитового тела; этот этап имел несколько подфаз, причем если первые деформации отвердевшего плутона приводили к образованию пегматитовых и полевошпатовых жил, то позднейшие отличались полной «сухостью», т. е. отсутствием магматических проявлений.

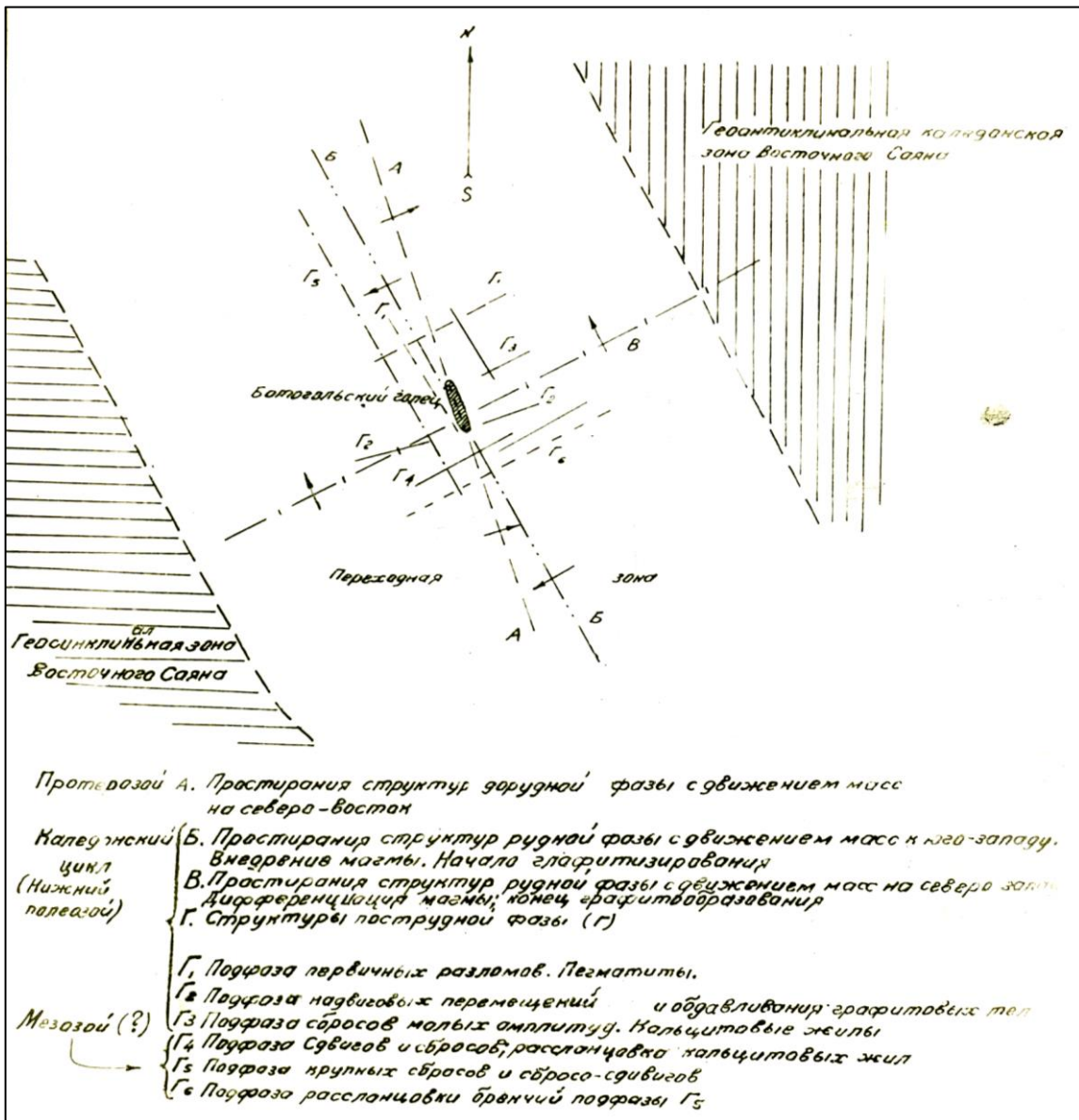


Рис. 4. Принципиальная тектоническая схема района Ботогольского гольца (Флоренсов и др., 1942).

Fig. 4. Principal tectonic scheme of the Botogolsky Goltz area (Florensov et al., 1942).

Залежи графита образовались до растрескивания коры плутона, однако последующее

распределение трещин в массиве было связано с залежами графита. В виду особых

физико-механических свойств, графитовые залежи как бы «всасывали» в себя значительную часть энергии разломов. Все крупные графитовые тела на месторождении имеют резкие дислокации по своей периферии, которые проявляются в сгущении трещин, расланцевании сиенитов, превращения сиенита и графита в брекчии, полной милонитизации отдельных участков сиенитовой «оболочки», образовании надвигов и сбросов.

Таким образом, Флоренсов выявил важную особенность строения месторождения — пострудная тектоника связана с расположением графитовых тел. А значит поисковым признаком может быть не только домагматическая рудоконтролирующая тектоника, но и постмагматическая, которая частично разрушала первоначальные залежи графита.

3) Процесс графитообразования также был многостадийным. Сиенитовый расплав выделил часть графита ещё в жидкую фазу своего существования, а затем происходило отложение графита благодаря гидротермальным и пневмотолическим процессам, поэтому графитовые тела встречаются в разных породах и на разных гипсометрических уровнях (т. е. господствующая ранее гипотеза тонкой графитоносной коры в кровле сиенитового массива не нашла подтверждения.)

Повышенная графитоносность ботогольских сиенитов в целом связана с их повышенной щелочностью, которая в свою очередь определялась с длительностью взаимодействия первичной кислой магмы с карбонатной оболочкой. Известняки взаимодействуя с щелочным расплавом подвергались диссоциации с выделением чистого углерода. Структура вмещающих известняков и тектоника сиенитовой интрузии определяли характер как магматических, так и постмагматических процессов (т. е. гипотеза Л.Я. Шаманского полностью подтвердилась).

Далее Флоренсов формулирует основные поисковые критерии для дальнейшего обнаружения графитовых руд на Ботогольском гольце. Все предложенные поисковые признаки можно разделить на три типа: петрографические, тектонические и геофизические.

К признакам петрографического порядка относились:

- Связь графитовых тел с известняками. Это единственный признак, с которым были согласны были все исследователи. Поиск рудных тел необходимо сосредоточить в зоне контактов с максимальным захватом площади сиенитов. Установлено, что оси графитовых тел, как правило, располагаются параллельно линии контакта, если текстуры течения в сиенитах ей также параллельны.

- Наиболее крупные графитовые тела на площади приурочены к резким изгибам линий течения в сиенитах — магматических струй. Возможно, при «омывании» известняков магмой их взаимодействие шло более интенсивно, чем в случае, когда магматические струи упирались в плохо проницаемые известняки (т. е. перпендикулярно их сланцеватости).

- В северной части гольца (области развития лейкократовых сиенитов) надежным признаком является присутствие в сиенитах канкринита, содалита, видимого кальцита, мусковита и цеолитов.

- В центральной и южной части гольца поисковым признаком является присутствие мелкозернистых и аплитовидных, пропитанных полевым шпатом полосчатых пород эндоконтактового типа, а также пород, богатых волластонитом, кальцитом, и пироксеном. Отмечено, что эти породы встречаются в оторочке графитовых тел, причем волластонит иногда находится в прямом срастании с графитом.

- В области развития пироксеновых сиенитов поисковым критерием являются зеленые массивные эпидото-диопсидовые породы. Часто в непосредственном контакте с графитовой массой встречаются нефелиново-пироксеновые роговикового облика горные породы (рис. 5).

- Косвенным признаком графитовых тел могут служить пегматитовые, полевошпатовые и кальцитовые жилы. Пегматитовые жилы на поздних стадиях постмагматической деятельности заполняли тектонические трещины или формировались по графитовым телам, вызывая разубоживание отложений графита и превращая богатые

руды в бедные. Отмечено, что в соседстве с графитовыми телами встречаются крупные

кальцитовые жилы, полосчатого строения и северо-западного простирания.

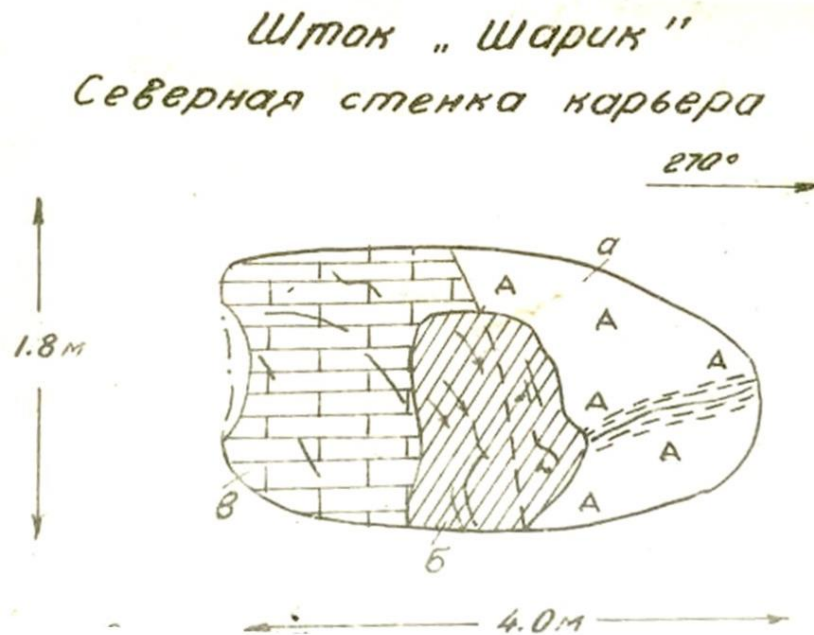


Рис. 5. Пример рудной залежи на контакте известняков и пироксеновых сиенитов: а – эпидото-диопсидовая порода, б – графит, в кристаллический известняк (Флоренсов и др., 1942).

Fig. 5. An example of an ore deposit at the contact of limestones and pyroxene syenites: a – epidoto-diopside rock, b – graphite, c – crystalline limestone (Florensov et al., 1942).

К признакам тектонического характера относились структурные особенности сиенитового массива, и, в первую очередь, характер пострудной тектоники, унаследовавшей основные направления от дорудной и зависящий от расположения графитовых тел. Пострудная тектоника (фаза Г) представляет собой многоэтапное наложение друг на друга дислокаций различного характера и простирания. Графитовые тела явились зонами, по которым более активно шла «разрядка тектонической энергии» — «сиенитовый массив как бы полопался по определенным линиям, по пути нанизывавшим на себя наиболее крупные графитовые массы». С пострудной тектоникой связаны следующие критерии:

- Густота, разнообразие и сближенность трещин служат косвенным указанием

на близость графитового тела. Особенно интересны плитчатые и пластинчатые отдельности, а также с выпукло-вогнутыми поверхностями, часто покрытые пленками графита. Сближенные трещины и расщелины сиенитов указывают на непосредственную близость графитового тела, так как эти явления возникают преимущественно в оболочке последнего.

- Особый интерес представляют трещины с притертыми поверхностями, зеркалами и бороздами скольжения, часто сферически изогнутые и напоминающие поверхности гигантских раковин. Поиски следует вести в крест простирания подобных трещин, так как последние часто «оконтуривают» графитовые тела (рис. 6).



Рис. 6. Зеркало сброса с ясно выраженными бороздами скольжения в восточной стенке Южного карьера (Флоренсов и др., 1942).

Fig. 6. A discharge mirror with clearly defined sliding grooves in the eastern wall of the Southern Quarry (Florensov et al., 1942).

• Важным и надежным признаком является обнаружение какиритов (рыхлых сильно катаклазированных брекчий, в которых обломки еще не смещены, а многочисленные мелкие трещины характеризуется беспорядочным расположением), брекчий трения и

милонитов. Эти разнообразные тектониты во всех случаях залегают непосредственно в краевых зонах графитовых залежей. Брекчии в поверхностной зоне напоминают дресву или щебень, но всегда рассланцованы в двух или трех направлениях (рис. 7).

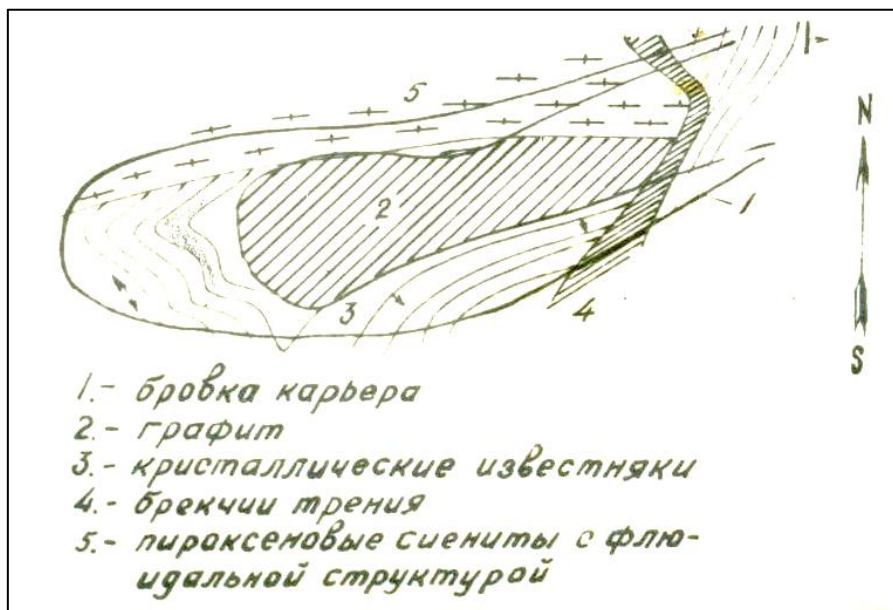


Рис. 7. Структурный эскиз Клемишевского штока с выделенной зоной брекчий (масштаб 1: 500) (Флоренсов и др., 1942).

Fig. 7. A structural sketch of the Klemish stock with a dedicated breccia zone (scale 1: 500) (Florensov et al., 1942).

Геофизические признаки. Флоренсов отмечал, что геофизические аномалии, являются «поисковыми критериями весьма высокой значимости» (Флоренсов и др. 1942, с. 104). Признаком графитового оруденения являлись аномалии пониженных значений удельного электрического сопротивления, получаемые с помощью электропрофилеирования и связанные с высокой проводимостью графита.

Кроме поисковых критериев, Н.А. Флоренсовым были предложены принципы оценки размеров изучаемых графитовых тел. Он писал: «Так как поверхностный контур графитового тела в каждом отдельном случае есть функция глубины эрозионного среза и размеров самого тела, то судить об истинном объеме данной залежи можно лишь после всестороннего изучения её конкретной геологической обстановки. ... малый поверхностный контур ещё не указывает на малые размеры самой залежи. В этом лучше всего убеждает факт вскрытия Нового штока на месте небольшого гнезда в старой канаве. ... любая небольшая в своем наружном контуре вскрытая залежь или гнездо может на самом деле оказаться крупным графитовым телом» (Флоренсов и др., 1942, с. 103).

Проведенное изучение известных залежей позволило прийти к выводу, что форма графитовых тел часто напоминает громадную каплю с круто наклоненной длинной осью и грушевидно оттянутой расширенной донной частью. По мнению Флоренсова прогноз о размерах рудного тела должен основываться на:

- 1) положении контактов известняков и сиенитов;
- 2) мощности пояса брекчий (чем больше зона брекчирования, тем больше рудное тело; отсутствие брекчий указывает на малые размеры графитового тела);
- 3) наличие сбросов с зеркалами скольжения, которые как бы «обтекают» графитовое тело;
- 4) положение расщелин графитовой массы, возникшей в результате постмагматических тектонических процессов (по простиранию и падению плоскостей расщелин можно судить о том, где находился центр залежи).

5) характерная трещиноватость свода, кальцитовые и пегматитовые жилы, указывают на присутствие слепых (не выходящих на поверхность) рудных тел на небольшой глубине.

В конце описания поисковых критериев Флоренсов дает рекомендации по организации дальнейших поисков графитового оруденения:

- Поиски будут иметь наибольший эффект в случае комбинации признаков, как петрографических, так и структурных (например, брекчии и аплитовидные контактовые породы).

- Максимальное сгущение и крупные размеры графитовых тел вероятно находятся на северо-восточном склоне гольца — под висячим крылом ботогольской антиклинали, где взаимодействие магмы с известняками протекало наиболее интенсивно.

- Но ни в коем случае не следует ограничивать поиски только северной частью гольца (т. е. областью распространения лейкократовых сиенитов), поскольку усиленный привнос газовых эмонаций имел место во всех разностях сиенитов в течение долгого времени.

- Для повышения эффективности геофизики необходимо увеличить плотность поисковой сети (применялась сеть — 30 x 10 м), необходимой для улавливания небольших графитовых тел, не менее чем 10 x 10 м. Флоренсов указывал, что с применением детальной сети в течение полевого сезона может быть обследована весьма малая площадь. Первоочередные геофизические поиски следует сосредоточить в зоне контактов известняков и сиенитов, по простиранию линий разломов.

Важным результатом работ 1942 года стало выделение на геологической карте масштаба 1: 1000 зоны повышенной графитизации, простирающейся на СЗ. Повышенная графитизация определялась по совокупности признаков: линии простирания господствующих сбросов, текстуры течения в сиенитах, расположение точек графитовых свалов и известных графитовых тел. Эта карта служила основой для проведения поисковых работ, начиная с 1943 года.

Поисковые критерии, предложенные Флоренсовым, были уточнены в ходе проведения работ 1943 года, а затем в течение почти десятилетия применялись геологами треста «Сибгеолнеруд» для поиска и изучения графитовых залежей.

Вклад В.С. Соболева в изучение петрографии и минералогии пород и руд Ботогольского месторождения. В 1943 году Соболевым была проведена петрографическая обработка всей собранной коллекции образцов горных пород и руд. *«В обработку были включены как шлифы щелочных пород Ботогольской интрузии и известковых контактово-метасоматических пород с ней связанных, так и другие породы, залегающие по соседству с интрузией, из зажатых в ней ксенолитов, ... но главное внимание уделено, конечно, самим щелочным породам и скарнам.»* — из отчета Ботогольской экспедиции 1943 г.

Написанная им глава «Петрография Ботогольского щелочного массива» в отчете о геологоразведочных работах, проведенных в 1943 году, по своему объему значительно превосходит рамки обычных глав производственных отчетов и, по существу, имеет самостоятельное значение. В отчете общим объемом 575 страниц глава «Петрография...» занимает 126 с., то есть пятую часть всего текста. Глава состоит из двух разделов: «Петрографическое описание пород» и «Общие вопросы петрологии Ботогольской интрузии» (Флоренсов и др., 1943, с. 198–324).

Вторая часть главы посвящена теоретическим вопросам, на решение которых была нацелена обработка Ботогольской коллекции: о глубинности залегания интрузии, о первичном кальците, о генезисе графита, об особенностях ботогольских щелочных пород.

Вопрос глубины застывания интрузии, по мнению В.С. Соболева, имел важнейшее значение для понимания процессов минералообразования как в изверженных породах, так и контактовом ореоле. Для оценки глубины застывания пород, он воспользовался Д.С. Коржинского, основанным на том, что для пород, застывших на разной глубине характерны разные парагенезисы минералов. Широкое распространение волластонита

свидетельствует о том, что Ботогольская интрузия застывала на глубине меньшей, чем другие интрузии Восточной Сибири, но на значительно большей глубине чем многие щелочные комплексы на Кольском полуострове, в Горной Шории, на Алдане и др.

Вопрос о первичном кальците являлся одним из самых дискуссионных в период научного изучения Ботогольского плутона. В разные периоды, разными авторами предлагались различные варианты образования кальцита в сиенитах. В.С. Соболев, проанализировав имеющиеся данные, пришел к выводу, что кальцит в нефелиновых и щелочных сиенитах Ботогольского массива не являлся составной частью, выделившейся из магмы в процессе её кристаллизации, ксеногенным минералом, захваченным из известняков магмой, но не успевшим с ней прореагировать. Это объясняет широко распространенную на Ботоголе округлую, вероятно оплавленную форму кальцита. На основании этого заключения, он сформулировал один из поисковых признаков – вблизи ксенолитов известняков должно иметь место обогащение сиенитов кальцитом (Флоренсов и др., 1943, с. 289–293).

Другим важным выводом петрологических исследований стало выявление связи процессов графитообразования с толщами битуминозных известняков. Кроме того, он указал на перспективность поиска новых месторождений графита в пределах Восточных Саян, так битуминозные толщи имеют региональное распространение. Полученные им данные дали новое понимание генезиса графитового оруденения.

Вклад В.П. Солоненко в изучение гидрогеологии и гидрологии территории, где расположено Ботогольское графитовое месторождение. Так же, как и глава о петрографии, «Гидрогеология Ботогольского гольца», написанная Солоненко и включающая 101 страницу, имеет большой объем и самостоятельное значение.

Запланированные на лето 1943 года гидрогеологические исследования имели конечную цель: обеспечение водой рудничные поселки и проектируемой обогатительной фабрики. Эта проблема стояла остро весь период

существования рудника, начиная с Алибера. В 1942–1943 гг. недостаток воды являлся ограничительным фактором для бурения скважин.

Сначала эти исследования были поручены студентке Ленинградского горного института, которая по ряду причин не смогла выполнить запланированные работы, и в середине лета изучение гидрогеологии района были поручены В.П. Солоненко. По результатам исследований была составлена гидрогеологическая карта масштаба 1 : 25 000 — первая гидрогеологическая карта района.

В рамках этих работ Солоненко провел изучение вечной мерзлоты, которая на Ботогольском гольце имеет сплошное распространение. Детально изучил мощность и скорость разрушения грунтов деятельного слоя. Исследователь отметил важную особенность мерзлых грунтов: «Проникновение тепловой волны в зону вечной мерзлоты и установление термического равновесия для разных типов горных пород зависит не столько от глубины залегания их от поверхности, сколько от их теплопроводности (например, графитизированный сиенит на глубине 5 м, графит — на глубине 11–12 м) ... установление термического равновесия в графите ...

происходит на два с лишним месяца раньше, чкм в сиените и кристаллическом известняке ... Графит способствует более быстрому и более глубокому проникновению тепловой волны в массив Ботогольского гольца» (Флоренсов и др., 1943, с. 481).

Кроме того, была изучена водоносность горных пород гольца. Все горные породы были разделены на 5 групп: элювиально-делювиальные отложения, аллювиальные отложения, кристаллические магматические породы, кристаллические известняки, кварциты и кварц-биотитовые сланцы. Было подробно рассмотрено их влияние на гидрогеологический режим территории.

При изучении наледей на водотоках, Солоненко пришел к выводу о том, что в образовании последних принимают участие как поверхностные, так и подземные воды. О роли подземных вод «можно судить по высокой насыщенности наледной воды карбонатами. При таянии наледного льда образуются обильные известковые налеты...». Типичной чертой района является широкое распространение подземных наледей, которые создают характерные бугры пучения, иногда достигающие высоты 3 м и диаметра — 30–40 м (рис. 8).

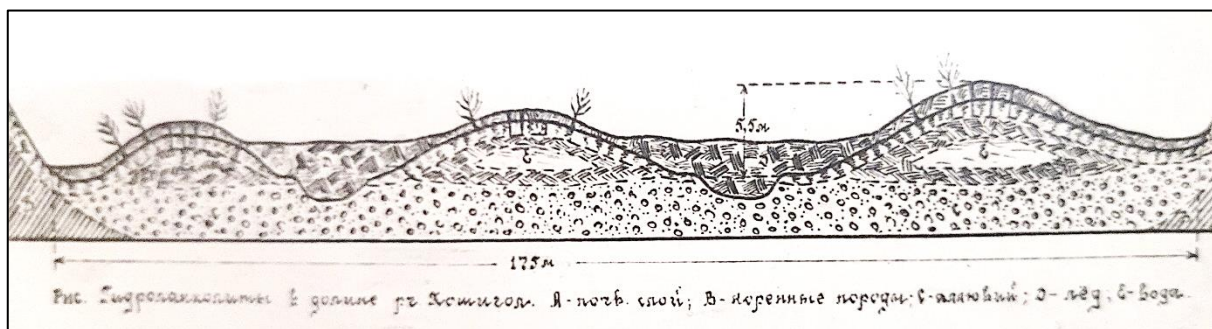


Рис. 8. Бугры пучения (Флоренсов и др., 1943, с. 509).

Fig. 8. Heaving mounds (Florensov et al., 1943, p. 509).

Для решения задачи водообеспечения рудника, были детально изучены все виды водисточников: поверхностные текущие воды, озера, подземные (надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные) воды. Он обратил внимание, что воды Ботогольского гольца имеют сравнительно высокую минерализацию (213–482 мг/литр) и слабощелочной характер. Обычно надмерзлотные воды являются нейтральными, либо слабокислыми. Эту особенность вод Солоненко объяснял

тем, что в формировании поверхностных вод принимают участие не только надмерзлотные, но и трещино-карстовые и подмерзлотные воды.

В результате проведенных исследований, были сделаны неутешительные выводы, касающиеся перспектив водообеспечения рудника:

1) многолетняя мерзлота на исследуемой площади имеет сплошное распространение, большую мощность и низкую температуру,

вследствие чего поверхностные и подземные воды имеют четко выраженный сезонный характер;

2) главной причиной, препятствующей проникновению воды на глубину и формированию её залежей, является низкая температура и мерзлота. Так как разломы в верхней части сиенитового массива имеют ограниченное распространение на глубину, то и проникновение надмерзлотных вод происходит в незначительных объемах;

3) для водоснабжения верхнего поселка на Ботоголе используются непромерзающие надмерзлотные воды, запасы которых ограничены, но при проведении определенных мероприятий по очистке и утеплению колодцев можно будет обеспечить дополнительный объем воды. Для водоснабжения верхнего поселка летом можно использовать надмерзлотные воды, а зимой качать воду из шахты Алибера, которую также необходимо очистить и обустроить;

4) трещинно-карстовые воды по своему характеру являются сезонными и непригодными для водоснабжения. Также невозможно наладить постоянное водоснабжение и за счет поверхностных вод, которые тоже являются сезонными;

5) наиболее перспективными водоисточниками района являются выходы подземных вод, которые расположены на реках Ботогол и Хошигол в нескольких километрах ниже поселка;

6) В.П. Солоненко также высказал свое мнение по поводу идеи сооружения искусственных водохранилищ в окрестностях Ботогольского гольца: это «... *кажется нам практически неосуществимым по целому ряду причин, главные из которых: 1) общие трудности сооружения платины в условиях вечной мерзлоты, 2) большая ширина долин; 3) большой твердый расход водотоков (перенос обломочного материала — Авт.)*»;

7) в качестве варианта водоснабжения проектируемой обогатительной фабрики, Солоненко предложил расположить последнюю на озере в верховьях реки Улзыта в 15 км южнее Ботогольского гольца. Озеро имеет площадь около 100 га и глубину до 30 м.

Вклад Н.А. Флоренсова и В.С. Соболева в изучение генезиса графитового оруденения. Новые данные о строении месторождения, полученные Флоренсовым в 1942–1943 гг., были дополнены детальным петрологическим анализом пород и руд, проведенным В.С. Соболевым. При анализе материалов, Соболев впервые обратил внимание на то, что графитизация различных пород Восточного Саяна имеет региональное распространение, и связал этот процесс с высоким восстановительным потенциалом древних битуминозных толщ этой территории.

Вся совокупность информации о геологическом строении позволила предложить новую гипотезу происхождения графитовых залежей на Ботоголе (Флоренсов и др., 1943). Процесс графитообразования, по мнению Флоренсова и Соболева, протекал в следующей последовательности:

- Внедрение сиенитовой магмы сопровождалось ассимиляцией вмещающих карбонатных пород и высвобождением больших масс углекислоты, в первую очередь, за счет битуминозности известняков. Так как интрузивный массив застывал на значительной глубине, то высокое давление и восстановительная среда содействовали образованию чистого углерода за счет восстановления CO_2 ($2\text{CO}(\text{газ}) = \text{CO}_2(\text{газ}) + \text{C}(\text{тв.})$).

- Отложение графита началась ещё в жидкую магматическую фазу при сравнительно высокой температуре. Источником графитового углерода первой генерации являлась углеводородная примесь в известняке, которая на этой стадии в основном была растворена в щелочной магме.

- В постмагматическую высокотемпературную стадию по разломам началось проникновение горячих водных растворов, содержащих большое количество CO , что привело к графитизации различных пород вблизи этих тектонических структур. Замещение графитом второй генерации первоначальной породы (сиенита, известняка) во многих случаях носило избирательный характер, и приводило к образованию полосчатых и пятнистых руд, насыщенных силикатами. Пятнистые руды представлены генетическим рядом: вкрапленные при увеличении

насыщения графитом переходили в «пропитанные», а те в свою очередь — в сплошные.

- Основная масса графитовых руд сформировалась в низкотемпературную постмагматическую стадию. Графит отлагался из углерода, растворенного в горячих растворах, имевших температуру порядка 450–500 °С. Процесс третьей генерации руд проходил прерывисто, с образованием графита с аморфной и волокнистой структурой. Графит отлагался в виде гнезд неправильной, жильной, каплевидной, шарообразной или яйцевидной формы, как во вмещающих породах, так и в плотнокристаллическом графите предыдущих генераций. К этой стадии относится образование самого чистого и мягкого древовидного графита.

В последующие годы основные положения предложенной гипотезы были подтверждены новыми методами исследований, в том числе изучением изотопного состава углерода ботогольского графита и битумов в известняках.

Заключение

Таким образом, геологоразведочная экспедиция треста «Сибгеолнеруд» в 1942–1943 гг., в сложнейших условиях войны, смогла решить возложенную на неё государством задачу обеспечения работы графитового рудника «Ботогол» и поставку стратегического сырья — качественной графитовой руды — для нужд советской промышленности.

Если до начала войны рудник добывал в среднем 4 тыс. т руды, то в 1942 г. было добыто уже 8 тыс. т, и в 1943–1945 гг. — 12 тыс. т. То есть более 25 тыс. т графитовой руды превосходного качества было отправлено на Кыштымский комбинат за годы войны (а в 1941 году запасы месторождения считались исчерпанными). За 1943–1944 гг. было открыто графитовых тел больше, чем за всю историю изучения месторождения.

Это стало возможным благодаря проведенному в 1942–1943 гг. комплексному изучению месторождения. И большую роль в этом сыграли преподаватели Иркутского государственного университета Н.А. Флоренсов, В.С. Соболев, М.М. Одинцов и В.П. Солоненко, а также их коллеги профессор Иркутского Горно-металлургического

института Л.И. Шаманский и доцент Ленинградского горного института Л.Я. Нестеров.

В ходе этих исследований были решены принципиальные вопросы методики поисков и разведки месторождения, условий его эксплуатации и обогащения руд. Итоги работ позволили не только выяснить геологический состав, структуру и генезис месторождения, но и опровергнуть ранее существовавшее мнение об исчерпанности ресурсов месторождения.

Результаты исследований на Ботоголе стали началом более широкого изучения графитоносности Сибири и Дальнего Востока. В течении нескольких последующих лет геологами Иркутского университета было подготовлено несколько аналитических работ по графитовой тематике (Флоренсов, 1947; Солоненко и др., 1947; Солоненко, 1951).

Литература

Ботогольское месторождение. Опубликовано 29.02.2024 // Большая российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/c/botogol-skoe-mestorozhdenie-649ef0?ysclid=m4gn34s6py709340117> (Дата обращения: 01.12.2024).

Глазов Ю.Н. Ботогольское месторождение графита в Окинском аймаке БМАССР. Отчет о геологоразведочных работах в 1950 г. Т. 3. Иркутск, 1951.

Косыгин И.П., Одинцов М.М., Шаманский Л.И. Проект геологоразведочных работ на Ботогольском месторождении графита в 1942 г. Рукопись.

Куплетский Б.М. Петрографический очерк Алиберовского месторождения графита. // Материалы к изучению Русского графита. Сборник статей. Ленинград, 1925. С. 55–56.

Лабунцов А.Н. Описание Алиберовского графитового рудника // Материалы к изучению Русского графита. Сборник статей. Ленинград, 1925. С. 39.

Некрасов Б.Н. Алиберовское месторождение графита // Минеральное сырье, № 3, 1928.

Орешкин И.И. Ботогольское месторождение графита. Предварительное сообщение о разведочных работах Института прикладной минералогии в 1929 и 1930 гг. // Минеральное сырье, № 8-9, 1930. С. 795–813.

Орешкин И.И. Полный отчет о работах Бото-гольской геологоразведочной экспедиции за 1941 г. Рукопись.

Снопков С.В., Хобта А.В. Ботогольский гра-фит. Удивительная история уникального место-рождения. Иркутск: «Оттиск», 2022. 214 с.

Снопков С.В., Хобта А.В., Богданова И.А. Ис-тория геологического изучения Ботогольского графитового месторождения // Геология и окру-жающая среда. 2023. Т. 3, № 3. С. 49–76.

Солоненко В.П. Военная геология в условиях вечной мерзлоты: учебное пособие для военно-инженерных академий и военно-инженерных школ. Москва: Изд-во Военно-инженерной акаде-мии им. В.В. Куйбышева, 1944. 290 с.

Солоненко В.П. Геология месторождений гра-фита Восточной Сибири и Дальнего Востока. Москва: Госгеолиздат, 1951. 384 с.

Солоненко В.П., Соболев В.С., Славин Т.П., Флоренсов Н.А. Ботогольское месторождение графита и перспективы его использования // Ма-териалы по геологии и полезным ископаемым Окинского аймака БМАССР. Вып. 1. Иркутск, 1947.

Флоренсов Н.А. Месторождения графита в Восточной Сибири. Рукопись. Иркутск, 1947. 33 с.

Флоренсов Н.А., Осташкин И.П. Отчет Бото-гольской геологоразведочной экспедиции за 1942 г. Рукопись.

Флоренсов Н.А., Соболев В.С., Блинные И.И., Солоненко В.П. Ботогольское место-рождение графита. Отчет за 1943 г. (НКПСМ. Во-сточнo-Сибирский геологоразведочный трест не-рудных ископаемых «Сибгеолнеруд»). Геолого-разведочная экспедиция № 2. Иркутск, 1943. Рукопись.

Ячевский Л. Об Алиберовском месторожде-нии графита // Зап. СПб. Минер. О-ва, ч. XXXV, 1898 г. С. 34.

References

Botogolskoye field. Published on 02/29/2024 // The Great Russian Encyclopedia. URL: <https://bigenc.ru/c/botogol-skoe-mestorozhdenie-649ef0?ysclid=m4gn34s6py709340117> (Accessed: 12/01/2024).

Glazov Yu.N. Botogol graphite deposit in the Okinsky aimag of the BMASSR. Report on geologi- cal exploration in 1950, vol. 3. Irkutsk, 1951.

Kosygin I.P., Odintsov M.M., Shamansky L.I. Project of geological exploration at the Botogol graphite deposit in 1942. Manuscript.

Kupletsky B.M. Petrographic sketch of the Ali-berov graphite deposit. // Materials for the study of Russian graphite. Collection of articles. Leningrad, 1925. P. 55-56.

Labuntsov A.N. Description of the Aliberovsky graphite mine // Materials for the study of Russian graphite. Collection of articles. Leningrad, 1925. p. 39.

Nekrasov B.N. Aliberovskoye graphite deposit // Mineral raw materials, No. 3, 1928.

Oreshkin I.I. Botogolskoye graphite deposit. Pre- liminary report on the exploration work of the Insti- tute of Applied Mineralogy in 1929 and 1930. // Min- eral raw materials, No. 8-9, 1930. pp. 795–813.

Oreshkin I.I. Full report on the work of the Boto- gol geological exploration expedition in 1941. The manuscript.

Snopkov S.V., Hobta A.V. Botogol graphite. The amazing history of a unique deposit. Irkutsk: "Im- pression", 2022. 214 p.

Snopkov S.V., Khobta A.V., Bogdanova I.A. The history of the geological study of the Botogol graph- ite deposit // Geology and the environment. 2023. Vol. 3, No. 3. P. 49–76.

Solonenko V.P. Military geology in permafrost conditions: a textbook for military engineering acad- emies and military engineering schools. Moscow: Publishing House of the Military Engineering Acad- emy named after V.V. Kuibyshev, 1944. 290 p.

Solonenko V.P. Geology of graphite deposits in Eastern Siberia and the Far East. Moscow: Gosgeolizdat, 1951. 384 p.

Solonenko V.P., Sobolev V.S., Slavin T.P., Florensov N.A. Botogolskoye graphite deposit and prospects for its use // Materials on geology and min- erals of the Okinsky aimag BMASSR. Issue 1. Ir- kutsk, 1947.

Florensov N.A. Graphite deposits in Eastern Sibe- ria. The manuscript. Irkutsk, 1947. 33 p.

Florensov N.A., Ostashkin I.P. Report of the Bo- togol geological exploration expedition for 1942. Manuscript.

Florensov N.A., Sobolev V.S., Blinnikov I.I., Solonenko V.P. Botogolskoye graphite deposit. The report for 1943 (NKPSM. East Siberian Geological exploration Trust for non-metallic minerals

"Sibgeolnerud". Exploration expedition No. 2. Irkutsk, 1943. The manuscript.

Снопков Сергей Викторович,

кандидат геолого-минералогических наук, доцент,
664003, Россия, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1,
Иркутский государственный университет,
доцент,

664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 91,
Сибирская школа геонаук Иркутский националь-
ный исследовательский технический универси-
тет,

научный сотрудник,

email: snopkov_serg@mail.ru.

Snopkov Sergey Viktorovich,

Candidate of Geological and Mineralogical Sci-
ences, Associate Professor,
Karl Marx str., 1, Irkutsk, 664003, Russia,
Irkutsk State University,

Associate Professor,
91 Lermontov st., Irkutsk, 664033, Russia,

Siberian School of Geosciences Irkutsk National Re-
search Technical University,
Researcher,

email: snopkov_serg@mail.ru.

Хобта Александр Викторович,

кандидат исторических наук,

664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 7, Россия;

подразделение по сохранению исторического
наследия ВСЖД Восточно-Сибирского центра
научно-технической информации и библиотек –
структурного подразделения Восточно-Сибир-
ской железной дороги – филиала ОАО «РЖД».

научный сотрудник,

email: irk.sasha2@yandex.ru.

Khobta Alexander Viktorovich,

Candidate of Historical Sciences,

Irkutsk, Karl Marx st., 7; 664003, Russia,

Yachevsky L. About the Aliberovsky graphite de-
posit // Zap. SPB. Miner. O-va, part XXXV, 1898, p.
34.

Division for the Preservation of the historical herit-
age of the Russian Railways of the East Siberian Cen-
ter for Scientific and Technical Information and Li-
braries - a structural division of the East Siberian
Railway - a branch of JSC Russian Railways,
Researcher,

email: irk.sasha2@yandex.ru.

Богданова Ирина Анатольевна,

664003, Россия, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1,
Иркутский государственный университет,

старший преподаватель,

email: irinairk@gmail.com.

Bogdanova Irina Anatolyevna,

Karl Marx st., 1, Irkutsk, 664003, Russia,

Irkutsk State University,

Senior lecturer,

email: irinairk@gmail.com.

Швалева Нина Ивановна,

664003, Россия, г. Иркутск, Российская ул., 17,
Иркутский филиал ФБУ «Территориальный
фонд геологической информации по Сибирскому
федеральному округу», Россия

ведущий специалист,

email: shvaleva.55@mail.ru.

Shvaleva Nina Ivanovna,

17 Rossiyskaya st., Irkutsk, 664003, Russia,

Irkutsk branch of the Federal State Budgetary Insti-
tution "Territorial Fund of Geological Information
for the Siberian Federal District",

leading specialist,

email: shvaleva.55@mail.ru.