

История геологического изучения Ботогольского графитового месторождения

С.В. Снопков¹, А.В. Хобта², И.А. Богданова¹

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Музей истории ВСЖД ОАО РЖД, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Ботогольское графитовое месторождение, расположенное в Восточных Саянах, вызывает интерес не только благодаря богатым рудам, но и насыщенной истории его изучения. С момента открытия проявлений графита на Ботогольском гольце в первой половине XIX века, шло изучение его строения и генезиса. Понадобилось более века поисково-разведочных и эксплуатационных работ чтобы получить представление о геологии этого месторождения. В статье рассмотрена история изучения этого уникального месторождения.

Ключевые слова: Восточные Саяны, Ботогольский гольц, месторождение графита, графитовый рудник, генезис и строение месторождения.

History of geological study of the Botogol graphite deposit

S.V. Snopkov¹, A.V. Khobta², I.A. Bogdanova¹

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

²Museum of the History of the East Siberian Railway, OAO Russian Railways, Irkutsk, Russia

Abstract. The Botogol graphite deposit, located in the Eastern Sayan Mountains, is of interest not only because of its rich ores, but also because of the rich history of its study. Since the discovery of graphite manifestations on the Botogol mountain in the first half of the 19th century, the study of its structure and genesis has been underway. It took more than a century of prospecting and exploration and exploitation works to get an idea of the geology of this deposit. The history of the study of this unique deposit is considered in the article.

Keywords: Eastern Sayan Mountains, Botogolsky Golts, graphite deposit, graphite mine, genesis and structure of the deposit.

Введение

Ботогольское графитовое месторождение было открыто и начало разрабатываться в середине XIX века. Графит на Ботогольском руднике с разной интенсивностью добывался почти полтора столетия. В это время шли работы по изучению его строения и генезиса, но открыть все тайны ботогольский гольц не торопился и геологическое изучение месторождения продолжалось практически весь период его эксплуатации (рис. 1).

Установление генезиса месторождения является одной из главных задач при изуче-

нии любого месторождения. «Генезис ботогольского графита, по сравнению с графитом других месторождений СССР и мира наиболее загадочен. ... Трудность изучения усугубляется разнообразием его руд, различным генезисом вмещающих пород, сложной морфологией графитовых тел» — писал один из исследователей месторождения Н.А. Флоренсов (Флоренсов и др., 1943). Более 100 лет этот вопрос был главным в повестке геологических работ на Ботогольском гольце.



Рис. 1. Ботогольский голец. Фото 2021 г.

Fig. 1. Botogol char. Photo 2021.

Досоветский период изучения месторождения

История открытия богатых рудных тел и начало разработки месторождения связано с российским купцом первой гильдии Жан-Пьером Алибером (Алибер, 1854). Удивительная история жизни и коммерческие проекты предприимчивого француза является предметом отдельного исследования (Снопков и др., 2022а; Снопков и др., 2022б; Снопков и др., 2022в).

Первые поисковые работы Алибер начал осенью 1847 г., после приобретения прав на разведку графита на Ботогольском гольце. Сначала поиски руды шли у подножья голь-

ца, так как там встречались глыбы графита (по-видимому, скатившиеся со склонов). Затем поисковые работы были перенесены на вершину гольца, где в конечном счете и был обнаружен и впоследствии долгие годы добывался уникальный по содержанию и качеству графит, который использовался для производства лучших в мире карандашей (Снопков и др., 2022б).

Добычу графита Алибер проводил шахтным способом. Для работы графитового прииска на вершине гольца был построен рудничный поселок (рис. 2). Следы этого поселка и остатки Алиберовской шахты сохранились до настоящего времени (рис. 3).



Рис. 2. Вид Алиберовского графитового прииска. Фрагмент рисунка из Альбома «Воспоминания о Сибири».

Fig. 2. View of the Aliberovskiy graphite mine. Fragment of a drawing from the Album "Memories of Siberia".



Рис. 3. Устье Мариинской (Алиберовской) шахты. Фото 2021 г.

Fig. 3. The mouth of the Mariinskaya (Aliberovskaya) mine. Photo 2021.

Сам Алибер геологию месторождения представлял следующим образом: *«Месторождение графита расположено значительно ниже вершины горы ... судя по выходу графита на дневную поверхность ... графит простирается по прямой линии с севера на юг, через самый центр хребта и, следовательно, можно предположить, что залежи графита находятся в этой части горы.»* (Горный ..., 1879) (рис. 4).

После отъезда Жан-Пьера Алибера из России в 1860 г. на руднике несколько раз менялись собственники, которые преимущественно вывозили графит, уже добытый Алибером. Графит шел на производство тиглей, которые сбывались в Иркутскую золотоплавочную лабораторию. Но были и открытия новых рудных тел, однако сведений о поисковых работах и изучении геологии

месторождения того периода сохранилось мало.

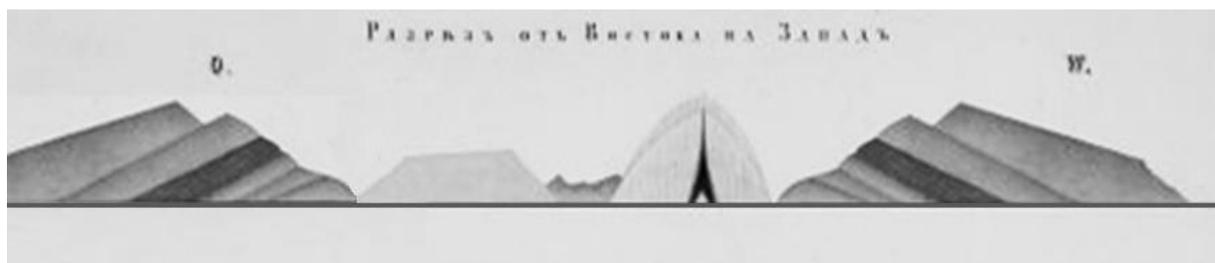


Рис. 4. Геологический разрез графитовой руды и окружающих гор. (Ботогольский голец (в центре) состоит из гранита, а обозначенная черным цветом рассекающая его жила – графит) (Фрагмент схемы из Альбома «Воспоминания о Сибири»).

Fig. 4. Geologic section of the graphite ore and surrounding mountains. (Botogolskiy Goletz (in the center) consists of granite, and the vein marked in black, which dissects it, is graphite) (Fragment of the scheme from the Album "Memories of Siberia").

В 1898 году Ботогол посетил изыскатель Сибирской железной дороги Л.Я. Ячевский. Леонард Антонович Ячевский — геолог, горный инженер, действительный статский советник. Он проводил геологические исследования в Забайкальской области, Киргизских степях, Енисейском горном округе, вдоль Среднесибирского и Кругобайкальского участков Сибирской магистрали. Его статьи о Ботогольском месторождении представляют первое полное петрографическое описание (Ячевский, 1898; Ячевский, 1899).

Ячевский первый уверенно определил породы Ботогольского гольца, как сиениты и нефелиновые сиениты. По вопросу о происхождении графита он отмечает, что сиенит Алиберовского гольца прорезает известняки и сланцы, богатых углеродистым веществом настолько, что некоторые из них могут быть прямо названы графитовыми сланцами. Он писал, что *«при излиянии магмы ... в нее затупались целые глыбы и островки окружающих пород и отчасти остались, претерпев некоторую степень метаморфизма, отчасти абсорбировались, влияя, конечно, на состав магмы и, быть может, составляя причину ее дифференциации. Углистое вещество должно было тоже претерпеть известные изменения; его превращение происходило неравномерно и образовался ... графит ...»* (Ячевский, 1898).

В досоветский период наибольшей интенсивности добыча графита достигла в 1916–1918 гг. Известно, что графит добывался в новых выработках, где именно — неизвест-

но. Куплетский Б.М. на начало 1920-х годов сообщает, что на Ботоголе есть 9 выработок, не считая большого количества канав и шурфов. В число этих выработок, входили Мариинский (Алиберовский) и Пермикинский прииски, Петровская штольня (Куплетский, 1925). К сожалению, плохая топографическая привязка не позволяет сопоставить все выработки с геологической картой, составленной советскими геологами в середине XX века. В это же время на месторождении была открыта самая крупная залежь — Корнельевский шток, которая в советское время разрабатывалась в течении 1930–1940-х годов. Интересно, что наиболее крупные залежи были открыты северо-восточнее Мариинской шахты, то есть в стороне от участков, на которых в основном проводил разведочные работы Алибер. Сведений о том, кем были открыты новые залежи и их представлениях о геологии месторождения не сохранилось.

Графитовый «Ботогольский»

рудник

После окончания Гражданской войны и восстановления Советской власти в Сибири Президиум Иркутского губернского совета народного хозяйства принял постановление о национализации Мариинского графитового рудника и передаче всех графитовых рудников в ведение Горного отдела Иркутского губернского совета народного хозяйства. В 1925 году ВСНХ РСФСР передал месторож-

дение в разработку гостресту «Русские самоцветы» и в этом же году был создан рудник «Ботогол», просуществовавший до 1951 г. После реорганизации треста «Русские самоцветы» разработку продолжил трест «Минеральное сырье», затем месторождение последовательно переходило в ведение трестов: «Минералруд», «Союзграфитнеруд», «Союзграфит» (с главной конторой (рудоуправлением) в г. Черемхово). В 1941 году Черемховское рудоуправление вместе с Ботогольским рудником были переданы тресту «Союзслюда» (Снопков и др., 2022а).

1924–1930 гг. стали периодом первого систематического научного и поисково-разведочного изучения Ботогольского месторождения. Несмотря на более чем полувековую историю добычи графита и большое количество (более 40) публикаций разных исследователей по теме Ботогола, научное описание геологического строения месторождения и механизма его формирования отсутствовали!

В 1924 г. на Ботогол отправляется первая научная экспедиция — экспедиция Минералогического Музея Всесоюзной Академии Наук, под руководством А.Н. Лабунцова. (Лобунцов, 1925) Экспедиция изучила геологическое строение Ботогольского гольца, горные породы его слагающие, и подсчитала запасы графитовой руды в месторождении.

Следующая научная экспедиция — экспедиция Института прикладной минералогии и металлургии под руководством Б.Н. Некрасова, организованная на средства треста «Минеральное Сырье», отправилась на месторождение в 1927 году. Её результатом стало составление топографической и геологической карт, проведение поверхностных разведочных работ и опробование старых выработок. Экспедицией было проведено минералого-петрографическое изучение с отбором образцов всех выходов графита и вмещающих пород в пределах участка работ.

Кроме того, было проведено опробование всех старых выработок с целью определения объема выхода графитовой руды путем ручной сортировки на месте. Одним из результатов работ стало открытие новой залежи, названной позднее Некрасовским штоком. По результатам экспедиции Б.Н. Некрасов выдвинул свою гипотезу о генезисе месторождения. Он объяснял появление графита ранним выделением из магматического очага после ассимиляции щелочной магмой богатых углеродом осадочных пород (Некрасов, 1928).

Летом 1929 и 1930 года на Ботогольском гольце работала разведочная партия Института прикладной минералогии по заданию сначала треста «Минеральное сырье», а затем объединения «Минералруд». Работы партии, под руководством И.И. Орешкина, явились последовательным продолжением предшествующих научных работ и имели цель выявить промышленные запасы графитовой руды. Работы включали неглубокое разведочное бурение, проходку канав, отбор проб и геологическую съемку (рис. 5). Ручным алмазным бурением было пройдено 23 мелких скважин, общей длиной около 235 м (Орешкин, 1930). И.И. Орешкин впервые отметил сложность и особенности в расположении графитовых залежей. Его наблюдения кардинально меняли представление о генезисе графитовых руд, бытующее со времен Алибера.

Результатом этих экспедиций стало не только впервые сделанное детальное научное описание геологии Ботогола (научные статьи А.Н. Лабунцова, Б.Н. Некрасова, Б.М. Куплетского, Е.Е. Костылевой, И.И. Орешкина и др.), но и открытые новые залежи и подсчитанные запасы месторождения. Важным событием для научной общественности стал выпуск в 1925 году сборника статей «Материалы к изучению Русского графита» (Материалы ..., 1925).

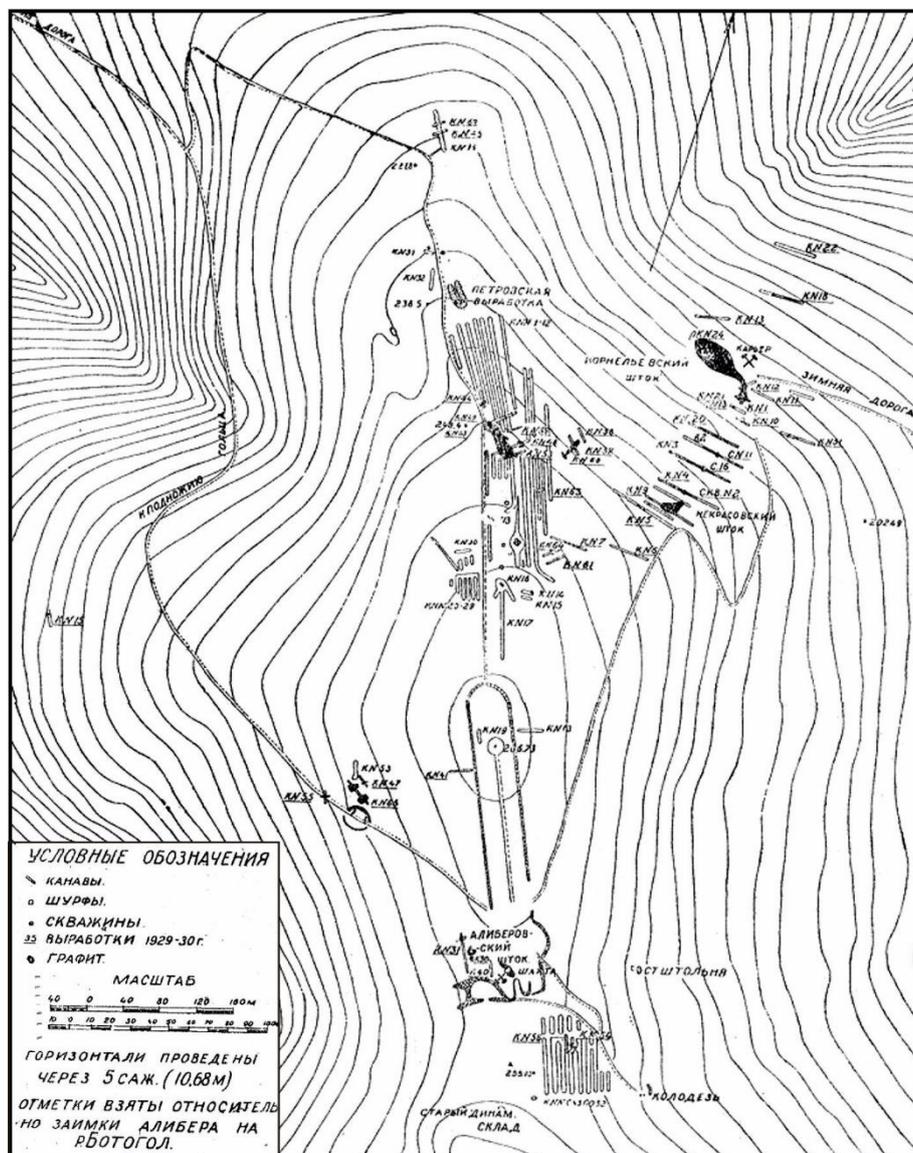


Рис. 5. Расположение горных выработок в центральной части Ботогольского гольца в 1929 г. ((Орешкин, 1930).).

Fig. 5. Location of mine workings in the central part of the Botogolsky Goltz in 1929 (Oreshkin, 1930).

Всё для фронта, всё для Победы

Наивысший расцвет в области изучения и разработки месторождения пришелся на самый сложный и трагический период истории страны — Вторую мировую войну и послевоенные годы.

Значение ботогольского графита для промышленности страны к концу 1930-х годов было велико. Несмотря на ряд открытых графитовых месторождений Ботогол сохранял лидирующие позиции по качеству руды. «В данное время ботогольский графит является основным сырьем всей нашей отечественной промышленности» (Флоренсов и

др., 1942); «Ботогольский графит ... единственное в СССР сырье для карандашной промышленности, в последнее время он получил применение в металлургии, электротехнике и др.» — сообщалось в геологических отчетах треста «Сибгеолнеруд».

Основным потребителем ботогольских руд являлась Кыштымская фабрика на Урале. Из ботогольского графита на фабрике производился карандашный (марка КК), элементный (марка ЭК) и литейный графит (марка ЛК).

В годы Великой Отечественной войны в связи с оккупацией Украины графитовая промышленность страны оказалась полно-

стью утраченной, и добыча графита на Ботоголе приобрела стратегическое значение. Высокая интенсивность добычи графита была напрямую связана с возросшим стратегическим значением графита не только как сырья для оборонной промышленности, но и как компонента, обеспечивающего создание ядерного щита нашей страны. Для реализа-

ции «ядерного проекта» требовалось большое количество чистейшего графита.

Рудник непрерывно работал всю войну и был закрыт в 1951 г. Со времен 1930-х годов на руднике действовало два поселка: Верхний (рудничный) – на восточном склоне гольца, и Нижний в долине реки Ботогол (рис. 6).



Рис. 6. Нижний поселок. Долина реки Ботогол. Фото 2004 г.

Fig. 6. Lower settlement. Botogol river valley. Photo 2004.



Рис. 7. Паровой двигатель электростанции. Фото 2004 г.

Fig. 7. Steam engine of the power plant. Photo from 2004.

В нижнем поселке действовали контора, склады рудника, больница, школа, почта, магазин Райпотребсоюза, электростанция, радиостанция, и др. (рис. 7).

Во время войны добыча руды в основном шла на крупнейшем Корнельевском штоке, где руды, имея содержание углерода выше 80 % оказались уникальными и не имеющими аналогов в мире. «Добыча графита ведется в двух забоях двумя женскими бригадами, по 6–8 человек каждая, с применением ... динамита. Бурение шпуров производится вручную, длина шпура ... от 1 до 1.5 м. ... Взорванная руда в вагонетках вручную отвозится до бункера, устроенного в одном из восстающих гезенков и через него подается

на вагонетки нижнего откаточного штрека и вывозятся конной тягой на поверхность. Освещение лампочками Вольфа, стеориновыми свечами и, изредка, фонарями «летучая мышь». Вентиляция естественная ... Вся добытая ... руда складывается вблизи места добычи в штабеля и зимой, с установлением санного пути (по льду замерзших рек), гужем вывозится в Ингу или Голуметь, оттуда на автомашинах доставляется в Черемхово для погрузки в вагоны и отправки потребителям, главнейший из которых является Кыштымский завод» — так описывал работу рудника Н.А. Флоренсов (Флоренсов, и др., 1942) (рис. 8–10).



Рис. 8. Подъем вагонетки на голец. (фото из отчета о геологоразведочных экспедиции за 1942 год. (Флоренсов и др., 1942)).

Fig. 8. Lifting of the wagon to the loach. (photo from the report on geological exploration expeditions for 1942. (Florensov et al., 1942)).



Рис. 9. Добывающая штольня возле Алиберовской шахты. (фото из отчета о геологоразведочных экспедиции за 1942 год. (Флоренсов и др., 1942)).

Fig. 9. Mining adit near the Aliberovskaya mine. (photo from the report on geological exploration expeditions for 1942. (Florensov et al., 1942)).



Рис. 10. Узкоколейная дорога с карьера Южного штока. (фото из отчета о геологоразведочных экспедиции за 1942 год. (Флоренсов и др., 1942)).

Fig. 10. Narrow-gauge road from the South Stock Quarry. (photo from the report on geological exploration expeditions for 1942. (Florensov et al., 1942)).

Если до начала 1940-х г. рудник добывал в среднем 4000–5500 *t* руды, то с началом войны объемы добычи резко поднялись: в 1941 г. было добыто 4859 *t*, а в 1942 г. уже 8017 *t*. В 1943–1945 гг. было добыто 12000 *t*. Таким образом, за период 1941–1945 гг. рудник дал стране около 25 тыс. тонн графитовой руды превосходного качества.

В 1947 г. В.П. Солоненко и И.А. Кобеляцкий сообщают, что: «*в настоящее время Ботогольский рудник в значительной степени механизирован — установлены компрессоры, сооружен бремсберг (способ транспортировки руды в вагонетках вниз по наклонной горной выработке под собственной тяжестью с помощью тормозного устройства на откаточный горизонт — авт.) Механизация и новые формы труда позволяют добывать в год в двадцать раз больше руды, чем было добыто за 70 дореволюционных лет эксплуатации рудника*» (Солоненко и др., 1947).

Деятельность рудника в этот период сопровождалась комплексными поисковыми работами.

Восточно-Сибирское геологическое управление (ВСГУ) в 1939 году организует поисково-разведочный отряд для съемочных и поисковых работ на Ботогольском месторождении под руководством М.Г. Ноздрина,

Г.А. Шарова, М.Г. Королева. В ходе этих поисковых работ впервые в Восточной Сибири использовались геофизические методы разведки. В 1940 г. разведочные и геофизические работы продолжились (Флоренсов и др., 1943).

В 1941 г. по договору с ВСГУ работы были продолжены трестом «Сибгеолнеруд». Экспедиция треста под руководством И.И. Орешкина выполняла геологическую съемку, геофизические (электроразведочные) поиски залежей, горные работы (бурение и шурфование). Результатом работ стало подробное описание известных рудных тел месторождения; детализация строения сиенитового массива и его контактов с известняками; обнаружение нескольких мелких рудных тел (Орешкин, 1941).

После работ 1939–1941 гг., в ходе которых был получен ничтожный прирост запасов, а на руднике приближалось полное исчерпание ранее известных залежей руд, встал вопрос о дальнейшей судьбе месторождения. Открытие новых рудных тел стало первостепенной задачей.

Изучение месторождения перешло в ведение треста «Сибгеолнеруд» Народного Комиссариата промышленности строительных материалов СССР (НКПСМ СССР). Приказом НКПСМ СССР за № 1-44/с тресту

«Сибгеолнеруд» было приказано организовать геологоразведочную партию для изучения месторождения. Для проектирования и выполнения работ были привлечены лучшие специалисты-геологи, такие как: Михаил Михайлович Одинцов, Лев Иосифович Шаманский, Владимир Степанович Соболев, Николай Александрович Флоренсов, Виктор Прокопьевич Солоненко, Леонид Яковлевич Нестеров и др.

«Сибгеолнерудом», с участием М.М. Одинцова и Л.И. Шаманского, был подготовлен трехлетний проект работ (утвержден 25 мая 1942 года). (Косыгин и др., 1942) Этот проект стал важнейшим этапом в истории изучения месторождения.

В программе работ указывалось, что недостаточная изученность месторождения (особенно его структуры и генезиса) и неясность промышленных перспектив в тот момент, когда разведанные запасы графитовых руд приближаются к концу, создали угрозу консервации Ботогольского графитового рудника. Согласно утвержденного проекта планировались следующие работы:

1942 год – подготовительный этап на пути освоения месторождения, во время которого по своей значимости на первый план выдвигались геологические исследования, а вопросы промышленной разведки (из-за отсутствия новых объектов) занимали второстепенное место. Планировалось лишь провести доразведку заброшенного Алиберовского штока и других графитовых тел, если таковые будут обнаружены.

1943 год – продолжение геологического изучения; развитие и проверка выработанной в предыдущем году методики поисков; поисковые работы с применением геофизических методов; разведка новых графитовых тел и изучение возможности вовлечения в эксплуатацию бедных руд.

1944 год – промышленная разведка, с дополнительным проведением поисковых и гидрогеологических работ.

Фактически же трест «Сибгеолнеруд» проводил работы на Ботогольском гольце с 1942 г. по 1951 г.

Работы 1942 г. сначала проводились под руководством И.И. Осташкина при участии геолога Н.К. Дорошенко. В конце лета ад-

министративное руководство было возложено на Г.В. Иванова, а обязанности старшего геолога на Н.А. Флоренсова. В октябре того же года партия была реорганизована в экспедицию. Экспедиция должна была провести изучение месторождения на площади в 10–12 га для прогноза локализации графитовых тел, их формы, размеров, и, следовательно, определения направления поисковых и разведочных работ. Кроме того, необходимо было провести геолого-экономическую оценку месторождения и выявить кондиционную (с концентрацией углерода более 50 %) графитовую руду в количестве 10000 тонн.

По плану работ 1942 года необходимо было: пробурить 6 скважин (185 п. м.), осуществить проходку канав (1000 м³), шурфов (77 п. м.) и 4 штолен (212 м). Следы этих работ сохранились до настоящего времени (рис. 11-12). Дополнительно необходимо было провести опробование графитовых тел в горных выработках (240 п. м.). (Флоренсов и др., 1942) В результате механическое бурение было выполнено на 72 %; проходка канав — 97.1 %, шурфов — 5.8 % и штолен — 16 %. Невыполнение плана по отдельным видам работ и в целом по партии объяснялось: 1) недостатком рабочей силы на горных и топографических работах; 2) сильными бурями в октябре-декабре, прекращавшими надолго всякую работу в поле; 3) недостатком транспорта; 4) неукomплектованностью бурового парка и невозможностью ремонта сносившегося бурового инструмента на месте работ.

Основными результатами работ стали: 1) разведка заброшенного Алиберовского штока буровыми работами, которая установила, что залежь почти полностью отработана (рис. 13); 2) открытие и разведка новой графитовой залежи, названной «шток Новый» с запасами богатой графитовой руды в 400 т; 3) выявление около 100 тыс. т бедных руд (с содержанием углерода 5–15 %); 4) изучение центрального участка месторождения детальным структурным картированием (масштаб: 1:1000); 5) обнаружение (впервые) связи графита с первичной тектоникой сиенитового массива и проявлениями пострудной тектоники вблизи графитовых тел; 6)

доказательство возможности обнаружения новых крупных графитовых тел.



Рис. 11. Разведочный шурф. Фото 2021 г.

Fig. 11. Exploration pits. Photo 2021.

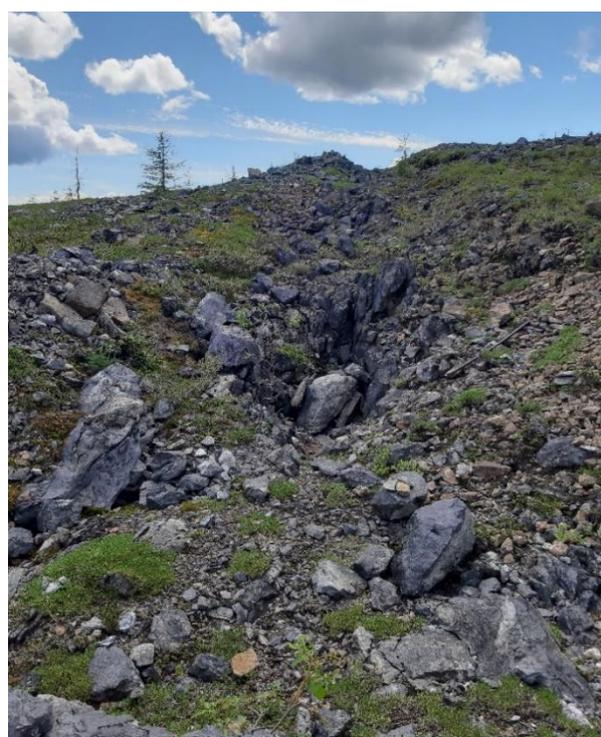


Рис. 12. Разведочные канавы. Фото 2021 г.

Fig. 12. Exploration ditches. Photo 2021.



Рис. 13. Буровая вышка экспедиции на Алиберовском штоке (Из отчета Ботогольской геологоразведочной экспедиции за 1942 г.).

Fig. 13. The drilling derrick of the expedition on the Aliberov Shtok (From the report of the Botogol exploration expedition for 1942).

В 1943 году работы на Ботогольском месторождении были продолжены. В задачи работ экспедиции входило: детальное геологическое картирование (масштаба 1:5000 и 1:1000); поисковые работы с применением геофизики; глубинная разведка с помощью горных выработок. На производство работ было ассигновано 600 тыс. руб.

В 1943 году экспедиция работала непрерывно в течение всего года. Летом она состояла из 5 отрядов, а в остальное время из одного — поисково-разведочного, состоящего из 5 чел. (рук. геолог И.И. Блинников). Геологосъемочный отряд состоял из старшего геолога Н.А. Флоренсова, геолога В.П. Солоненко и 3-х студентов Иркутского горно-металлургического института (ныне ИрНИТУ); топографический отряд включал 2 чел.; геофизический отряд был укомплектован тремя студентами Ленинградского горного института; гидрогеологический отряд в середине лета был расформирован, и работы выполнялись геологическим отрядом. Руководил работой экспедиции Г.В. Иванов. В июле-августе количество рабочих достигало 53 чел. (Флоренсов и др., 1943).

Вследствие исключительно трудных климатических и транспортных условий, в ко-

торых находится месторождение, производственные планы всех работавших здесь ранее геологоразведочных экспедиций, начиная с 1938 года по 1943 г., систематически недовыполнялись. Только в 1943 году, несмотря на дополнительные трудности, обусловленные режимом военного времени, экспедиция не только выполнила, но и перевыполнила свой производственный план на 50 %.

Разведка графитовых залежей проводилась штольнями и скважинами. Проходка штолен шла в зимнее время, когда из-за сильных снежных буранов прекращалась транспортировка горючего, воды и дров для буровой вышки, которая вынуждена была простаивать. В ходе работ впервые была составлена гидрогеологическая карта Ботогольского гольца масштаба 1:25000.

Важным результатом работ экспедиции стало выявление новых графитовых залежей с помощью геофизических методов разведки. Как было указано выше, геофизические исследования выполнялись геофизическим отрядом Ленинградского горного института по договору с трестом Сибгеолнеруд. Начальником отряда был студент-геофизик 4 курса Н.И. Шувал-Сергеев, операторами

работали студент-геофизик 3 курса Ю.Н. Сытин и студентка-геофизик 2 курса Т.Н. Сироткина. Научным руководителем геофизических работ был заведующий кафедрой геофизических методов ЛГИ, профессор Л.Я. Нестеров. Главной целью геофизических работ был поиск новых графитовых тел. Комплекс методов разведочной геофизики включал магниторазведку (предполагалось, она сможет выявить контакт сиенитов с известняками) и электроразведку методами естественного электрического поля и электрического профилирования на постоянном токе (определение положения графитовых тел). Электроразведочными измерениями была покрыта площадь 3 км².

В результате геофизических работ был выявлен ряд аномалий, которые в том же году были проверены горными выработками. В большинстве аномалий были обнаружены новые графитовые залежи, такие как: шток «Большой» (с запасами 8000 т); 2-й южный (1800 т); Юго-восточный (1300 т); Ильинская залежь (8000 т); Гнездо №2 (400 т); 2-й юго-западный (40000 т). Это было самое большое открытие графитовых тел в один полевой сезон за всю историю изучения месторождения!

Важным результатом 1943 года стала корректировка методики поисковых работ. В предшествующих работах генетическая связь графита с известняками не вызывала никаких сомнений, поэтому искали рудные залежи, в первую очередь, там, где в массе сиенита встречались известняки. Предпочтение в поисковых методах отдавалось минералого-петрографическому изучению и горнопроходческим работам. В основу работ, начатых в 1942 году, была положена гипотеза о том, что графитовые тела имеют закономерную связь с тектоникой сиенитового массива и складчатой структурой известняков. Поэтому в ходе поисковых работ изучалась приуроченность графитовых тел к разломам, контактам сиенитов и известняков. Поэтому предпочтение получили методы структурного и геофизического картирования. Также были сделаны выводы о том, что при проведении геофизических работ в 1939 г. использовалась недостаточно детальная сеть наблюдений, и графитовые те-

ла, массой до 3000 т пропускались в ходе съемки (Флоренсов и др., 1943).

Работы 1944 г. (начальник Г.В. Иванов, геолог Т.И. Баранова), заключающиеся в геологической съемке масштаба 1:5000 центральной части гольца, площадью 4 км², не внесли никаких новых изменений в прежние представления о месторождении, но дали ощутимый прирост запасов графитовых руд за счет вновь открытых и доразведанных залежей. Продолжалось геофизическое изучение месторождения. Электроразведочные измерения под руководством инженера Нестеровой проводилась в восточной и западной части гольца. По результатам предыдущих лет, использовалась эффективная методика работ: поиск графитовых залежей методом естественного электрического поля по сети 20x20 м, а затем детализация границ обнаруженных залежей с помощью метода измерения электрического сопротивления по сети 10x2 или 10x5 м (Глазов, 1951).

В 1945-1946 гг. работы продолжались под руководством И.И. Блинникова. В задачи входила: доразведка обнаруженных ранее залежей, а также поиски новых с применением геофизических методов. Доразведка проводилась на Юго-западной залежи, штоке «Бедный» и штоке «Большой». Разведаны новые графитовые залежи на участках геофизических аномалий 13, 14, 17, 20 и штоке «КИМ». И.И. Блинниковым и В.М. Катковой был собран богатый материал по юго-восточной части гольца, послуживший основой для этой части при составлении геологической карты месторождения масштаба 1:5000. (Исайков, 1971) На площади 12.3 га продолжались геофизические исследования под руководством инженера-геофизика А.И. Иванова. Впервые было изучено влияние на результаты электрических измерений мерзлоты и наносов (Глазов, 1951). В 1948 г. С.М. Литвинцевой были продолжены поиски графитовых тел по ранее выявленным геофизическим аномалиями. Обнаружено несколько рудных тел и дан незначительный прирост запасов. (Исайков, 1971) Одним из главных результатов этих работ стало составление подробной геологической карты месторождения (рис. 14).

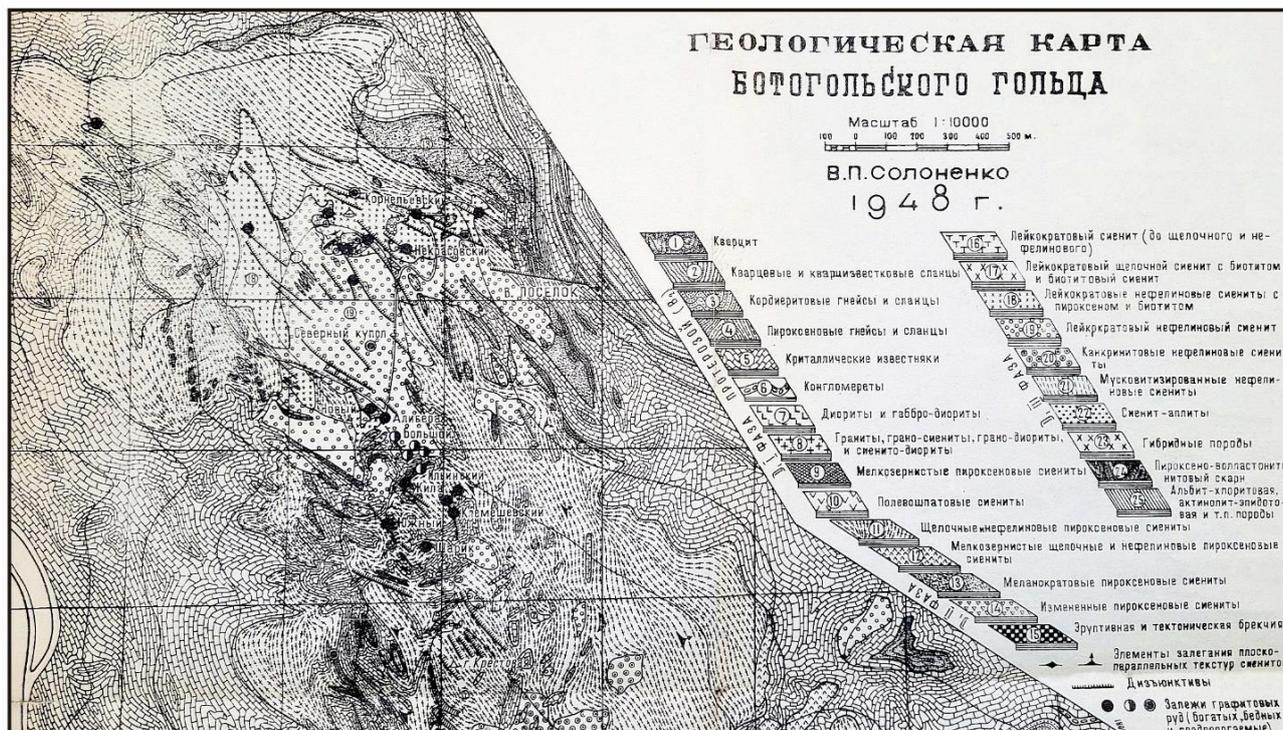


Рис. 14. Фрагмент геологической карты Ботогольского месторождения. (Из отчета о геологоразведочных работах в 1950 г. (Глазов, 1951)).

Fig. 14. Fragment of the geological map of the Botogolskoye field. (From the report on geological exploration works in 1950 (Glazov, 1951)).

Завершающим этапом изучения Ботогольского месторождения трестом «Сибгеолнеруд» стали работы 1950-1951 гг. Ботогольская геологоразведочная экспедиция была организована в 1950 г. по заданию Главгеологии МПСМ СССР. Основной целью работ являлась оценка запасов бедных графитовых руд (с содержанием углерода более 5 %).

Проектом предполагалось: доразведка предварительно разведанных в прошлые годы графитовых залежей, путем постановки на них глубинных разведочных работ; площадные поисковые работы на участках, не охваченных работами в прошлые годы в пределах северной, наиболее перспективной части месторождения; детальную разведку вновь открытых графитовых залежей; разведку и опробование валунных руд. На работы было выделено 1310 тыс. руб. По итогу

этих работ ожидалась подготовка запасов бедных графитовых руд в пределах 100 000 тонн (Глазов, 1951).

К полевым работам приступили в марте 1950 г. В состав экспедиции входил один поисково-разведочный отряд. В работах приняли участие: главный инженер И.И. Блинников; старший геолог Ю.Н. Глазов; прорабы Д.В. Карманов, З.И. Мишарин, М.И. Каргопольцев, В.Я. Ястремжевский; коллекторы: Р.В. Гизатулина и М.М. Богомяков; буровой мастер В.А. Бабушкин; начальник экспедиции Е.Ф. Балановский (Глазов, 1951).

Экспедиция выполняла: топографическую съемку, механическое бурение, проходку штольни, проходку шурфов и канав, опробование, рудоразработку. Все работы были сосредоточены на штоке «Бедный», «Аномалия 17» и Поисковом участке (рис. 15–17).



Рис. 15. Выполнение топографических работ. Справа — топограф Г.И. Столяров; слева — речница Склянова. (Фото из отчета о геологоразведочных работах в 1950 г. (Глазов, 1951)).

Fig. 15. Execution of topographic works. On the right - topographer G.I. Stolyarov; on the left - Sklyanova's rack. (Photo from the report on geological exploration works in 1950 (Glazov, 1951)).



Рис. 16. Демонтаж бурового станка. (фото из отчета о геологоразведочных работах в 1950 г. (Глазов, 1951)).

Fig. 16. Dismantling of the drilling machine. (photo from the report on geological exploration works in 1950 (Glazov, 1951)).



Рис. 17. Патронирование аммонита. (фото из отчета о геологоразведочных работах в 1950 г. (Глазов, 1951)).

Fig. 17. Patronization of an ammonite. (photo from the report on geological exploration in 1950 (Glazov, 1951)).

Значительные трудности представляло снабжение водой буровой вышки: с мая по июнь воду подвозили в бочках с карьера Юго-западного штока; с июня собрали трубопровод из обсадных труб и пожарного шланга и качали воду насосом. Вода периодически — один раз в 2-3 дня — перекачивалась в глубокие шурфы, расположенные на возвышенной части гольца. Около шурфов

стояли бочки, соединенные шлангом с буровой, по которому вода шла самотеком. Вода доставалась из шурфов ведрами и выливалась в бочки. 1 июля вода ушла из карьера Юго-западного штока, пришлось насосную станцию переносить на Алиберовскую шахту (рис. 18), из которой воды хватило до сентября. После осушения шахты бурение пришлось прекратить.



Рис. 18. Насосная станция в карьере Алиберовской шахты. (фото из отчета о геологоразведочных работах в 1950 г. (Глазов, 1951)).

Fig. 18. Pumping station in the quarry of the Aliberovskaya mine. (photo from the report on geological exploration works in 1950 (Glazov, 1951)).

План прироста запасов в 1950 году был выполнен на 232 %. Работа экспедиции продолжалась до января 1951 года, когда, согласно приказу Главгеологии МПСМ СССР, трест «Сибгеолнеруд» принял решение о ликвидации экспедиции. По мнению Ю.Н. Глазова, прекращать геологоразведочные работы не следовало бы, так как месторождение несомненно являлось перспективным. В том же году был законсервирован и Ботогольский графитовый рудник (Глазов, 1951).

Главными достижениями геологоразведочных работ, проводимых трестом «Сибгеолнеруд» с 1942 по 1951 год, стало:

- Составление детальных геологических и гидрогеологических карт месторождения.
- Открытие и разведка новых графитовых залежей, в том числе благодаря геофизическим измерениям, таких как: шток Новый; шток «Большой»; 2-й Южный шток; Юго-восточный шток; Ильинская залежь; Юго-Западный шток, 2-й Юго-западный шток, «Аномалия-17», шток «Бедный», шток «КИМ», и ряд других мелких рудных тел. Это обеспечило бесперебойную работу рудника в течение 10 лет и снабжение стратегическим сырьем промышленности страны в самый сложный период её истории.
- Детальное изучение типов и свойств графитовых руд, в том числе их обогащаемость, что позволило рассматривать в качестве потенциального сырья не только богатые, но и более бедные руды.
- Создание эффективной методики поиска и разведки новых залежей графита, включающей детальные геологосъемку и геофизические исследования; поверхностные и глубинные способы разведки, причем отмечалось, что проходка штолен в условиях рельефа местности является наиболее эффективным способом глубинной разведки.
- И, наконец, главным достижением геологической науки стало понимание генезиса месторождения.

К разгадке главной тайны Ботогола

Как указывалось выше главной задачей геологических работ являлось установление генезиса месторождения, так как эффективную методику поиска и разведки графитовых залежей можно было выработать только в том случае, если понимать какие геологические факторы влияли на образование рудных тел.

Как было сказано выше, большинство исследователей на первых этапах изучения месторождения считали, что графит имеет магматическое происхождение и образовался в результате ассимиляции магмой известняков. Жан-Пьер Алибер считал, что графит зародился в недрах магматического массива и на поверхность из глубины выходит в виде узкой жилы. Л.А. Ячевский, давший первое геологическое описание месторождения, считал, что выделение графита происходило при застывании сиенитовой магмы, насыщенной углеродом за счет углеродсодержащих осадочных пород (Ячевский, 1898). Чисто магматического генезиса Ботогольского графита придерживался и В.И. Вернадский. Он отводил главную роль в выделении графита магматическому углероду (Флоренсов и др., 1943). Б.М. Куплетский приписывал основную роль диссоциации молекул карбонатов (известняков) под воздействием магмы, при которой освободившийся углерод пневмотологическим путем отлагался в виде штоков, гнезд и неправильной формы жил графита (Куплетский, 1925). Ещё один исследователь месторождения — Б.П. Некрасов — объяснял появление графита ранним выделением из магматического очага после ассимиляции щелочной магмой богатых углеродом осадочных пород (Некрасов, 1928).

Первым, кто обратил внимание на, необъяснимую в рамках вышеприведенных представлений, сложность строения месторождения был И.И. Орешкин. Он писал, что «в расположении отдельных графитовых месторождений на Ботогольском гольце нет ясно выраженной закономерности. Гнезда и штоки графита как будто беспорядочно

разбросаны по всей северо-западной оконечности вершины гольца». Орешкин связывал появление одних залежей с сиенитами, других с известняками. Графитовые тела, по его мнению, возникли в результате распада карбонатов известняковых ксенолитов в процессе пневматолитизации, поэтому форма залежей во многом отражает форму и размеры первичных ксенолитов. Он также считал, что, спрогнозировать расположение графитовых тел невозможно, а все наиболее крупные тела на месторождении уже выявлены (Орешкин, 1930). Единственным источником углерода, по мнению Орешкина, было карбонатное вещество известняков. Процесс восстановления CO_2 или CO до углерода (графита) протекал в газовой среде в поствулканическую фазу интрузии под влиянием ряда катализаторов (Si, Al и др.).

Геологи «Сибгеолнеруд» (Флоренсов, Солоненко и др.), работая на месторождении, выявили большое количество фактов, которые противоречили чисто магматическому и пневматолитовому генезису руд. Также не подтвердилась гипотеза об образовании графита в результате ассимиляции магмой глыб известняков (ксенолитов) (Флоренсов, 1943).

Первым шагом к пониманию генезиса месторождения стала оригинальная гипотеза, высказанная в 1942 г. одним из авторов проекта работ — Л.И. Шаманским. Он предположил, что между формой графитовых тел и их размещением в пространстве, с одной стороны, тектоникой сиенитового массива и структурой поглощенных магмой известняков, с другой, существует непосредственная связь (Косыгин и др., 1942). Эта гипотеза подтвердилась уже в первый год работы.

Полевые работы 1942 г. стали своеобразным научным прорывом в понимании Ботогольского месторождения. Был выявлен ряд принципиально новых моментов, которые во многом расходились с представлениями исследователей прошлых лет:

- сиенитовый массив сформировался не в один этап, а имели место несколько следовавших друг за другом стадий, сопровождающихся повышением щелочности сиенитов; кроме того, в массиве отчет-

ливо прослеживалась первичная тектоника;

- рудоотложение также представляло собой длительный процесс, в основном связанный с жидкой (гидротермальной) фазой интрузии;
- графитовые проявления не ограничивались только наружной (корковой) частью массива, а залежали на гораздо большей глубине, чем считалось ранее.

Эти данные позволили не только убедиться в том, что на Ботоголе ещё есть много неоткрытых залежей и признаков, по которым эти графитовые тела можно искать, но и дали новые факты к пониманию образования месторождения.

В 1942 г. Флоренсов предположил, что образование графита происходило в жидкую фазу интрузии, но в отличие от взглядов Ячевского и Некрасова, графитообразование являлось весьма длительным процессом.

В это же время, В.С. Соболев впервые обратил внимание на то, что графитизация различных пород Восточного Саяна имеет региональное распространение. Он предположил, что этот процесс связан с высоким восстановительным потенциалом древних битуминозных толщ этой территории. Соболев также сформулировал основные условия образования Ботогольского месторождения:

- значительная глубина формирования Ботогольской интрузии;
- существование восстановителей CO_2 в окружающих горных породах;
- локальное освобождение больших масс CO_2 под воздействием магмы.

В.П. Солоненко, соглашаясь с мнением В.С. Соболева и Н.А. Флоренсова о гидротермальном происхождении графита, считал, что гидротермальный по характеру отложения графит является органическим по происхождению углерода и связанным с битуминозной карбонатной толщей.

Выводы трех выдающихся ученых позволили сформировать новую точку зрения относительно происхождения графитовых залежей на Ботоголе. Согласно этой гипотезы:

- образование графита тесно связано с генезисом сиенитов ботогольского массива;

- последние образовались в большей мере за счет ассимиляции известняков граносиенитовой магмой, создавшей в Восточном Саяне большое количество граносиенитовых массивов;
- ассимиляция магмой известняков приводила к освобождению больших масс углекислоты в первую очередь за счет их битуминозности;
- так как интрузивный массив застывал на значительной глубине, то высокое давление содействовало образованию чистого углерода за счет восстановления CO_2 по известной в технике реакции Будуара: $2\text{CO} (\text{газ}) = \text{CO}_2 (\text{газ}) + \text{C} (\text{тв.})$;
- этому процессу благоприятствовала восстановительная среда (битуминозность ассимилируемых магмой известняков).

В результате этих гипотетических построений сформировалось понимание процессов, приведших к образованию графитовых залежей:

1. Графитизация началась ещё в жидкую магматическую фазу и в основном закончилось при сравнительно высокой температуре. В это время образовалось некоторое количество графита (первой генерации). Источник графитового углерода — углеводородная примесь в известняке на этой стадии была растворена в щелочной магме.

2. Затем по древним разломам началось проникновение горячих водных растворов, содержащих большое количество CO , что привело к графитизации различных пород вблизи этих разломов (вторая генерация). Замещение графитом первоначальной породы (сиенита, известняка) во многих случаях носило избирательный характер, и приводило к образованию полосчатых и «пропитанных» руд, насыщенных силикатами. Вкрапленные, пропитанные и сплошные руды представляют один генетический ряд: вкрапленные при увеличении насыщения графитом переходили в пропитанные, а те в свою очередь — в сплошные богатые руды.

3. Основная же масса графитовых руд сформировалась в низкотемпературную постмагматическую стадию (третья генерация). Графитовый углерод на этой стадии (так же, как и предыдущей) был растворен в

горячих растворах, имевших температуру порядка 450–500 °С. Процесс проходил прерывисто. В результате проникновения растворов по трещинам образовывался графит с аморфной и волокнистой структурой, в виде гнезд неправильной, жильной, каплевидной, шарообразной или яйцевидной формы, как во вмещающих породах, так и в плотнокристаллическом графите предыдущих генераций. К этой же стадии относится образование самого чистого и мягкого древовидного графита.

В 1950–1960 годы основные позиции предложенной гипотезы были подтверждены новыми методами, используемыми в геологии. Экспериментально была подтверждена возможность образования графита путем восстановления углекислоты карбонатов в ходе реакции Будуара. Изотопный анализ ботогольского графита показал, что изотопный состав углерода имеет похож на состав углерода битумов в известняках (Исайков, 1971).

Возобновление работ

После длительного перерыва, в 1959 году разработка ботогольских графитовых руд была возобновлена, а в 1968 году были начаты поисково-разведочные и научно-исследовательские работы на месторождении. Добычу графитовой руды до 1993 года осуществлял тальковский рудник «Онот» Производственного объединения «Востокслюда».

Поисково-разведочные работы выполнялись геологоразведочной партией Нижнеудинской экспедиции Иркутского геологического управления Министерства геологии РСФСР. Главной задачей работ был прирост запасов для работы рудника (Исайков, 1971).

Следует отметить, что в период между окончанием работ треста «Сибгеолнеруд» (1951 г.) и началом работ Иркутского геологического управления, на Ботоголе работала ещё одна экспедиция. В 1959 г. на месторождении были проведены поисково-разведочные работы Бурятского геологического управления под руководством В.А. Лбова, целью которых была оценка запасов не графитовых руд, а вмещающих их нефелиновых сиенитов. Нефелиновые сиениты

могут использоваться в качестве сырья для получения алюминия. По результатам работ В.А. Лбов подсчитал, что ботогольский массив содержит 316 млн тонн нефелиновых сиенитов, что в пересчете на глинозем составляло 71021 тыс. тонн. По результатам этих работ Экономической партией Бурятского геологического управления (Руководитель А. Клигерман) в 1961 г. было дано технико-экономическое обоснование комплексной разработки месторождения — одновременно графита и нефелиновых руд. Это предложение в 1967 г было поддержано Ленинградским институтом «ГИПРОИНЕМЕТАЛУРОД», которым был составлен технико-экономический доклад о целесообразности комплексной разработки Ботогольского месторождения (Исайков, 1971). К сожалению, это предложение осталось только на бумаге.

Причиной возобновления интереса к Ботогольскому месторождению (кроме предложений о его комплексной разработке) стало то обстоятельство, что для изготовления электродов авиационных двигателей подходил только ботогольский графит и заменить его графитом других месторождений не удавалось. В целом же, на балансе запасов графитового сырья в СССР числилось около 20 месторождений и на долю Ботогольского месторождения приходилось всего лишь 0.002 % балансовых руд. Добыча графита (на 1971 г.) составляла 0.006 % от общей добычи графитовых руд СССР.

В соответствии с техническим заданием МПСМ СССР и плановым заданием Мингеологии РСФСР, Иркутским геологическим управлением в 1968 г. были начаты геологоразведочные работы на Ботогольском месторождении с целью доразведки известных крупных залежей (Юго-Западная, шток Бедный и Аномалия 17), а также поисков новых рудных тел с подготовкой запасов графитовых руд с содержанием углерода более 30 % в количестве 250 тыс. тонн. Но уже в декабре того же года решением совещания Главноруда МПСМ СССР задачи были сужены и сведены к подготовке запасов графитовых руд с содержанием углерода более 30 % в количестве 7–10 тыс. тонн за счет доразведки Юго-Западной залежи. Дополни-

тельным условием для доразведки стало требование выявления и подсчета запасов только яснокристаллических руд, так как по результатам обогащения опытных партий графитовых руд на Кыштымском комбинате руды, представленные скрытокристаллической (аморфной) разновидностью графита, оказались непригодными для переработки.

Полевые работы по утвержденному проекту выполняли геологи: Г.Л. Исайков, Б.П. Прошутинский, К.Р. Горбунов; техники-геологи: Т.Н. Лейзерукова, Л.Н. Исайкова. Руководили работами начальник партии С.К. Олейник и старший геолог Г.Л. Исайков. Работы закончились в январе 1970 г. Проводимые работы включали бурение с поверхности, подземное механическое бурение и шурфовку. Составитель итогового отчета работ старший геолог Г.Л. Исайков указывает, что в период с 1968 по 1970 гг. задачи работ партии менялись три раза: сначала работы были направлены на доразведку выявленных ранее крупных залежей и поиск новых тел, с привлечением геофизики; затем все работы были переориентированы на эксплуатируемую Юго-Западную залежь; позднее партии было приказано переключиться на расчистку старых канав для отбора технологических проб для получения концентрата по залежам «Аномалия 17», шток «Бедный» и «Ильинская», и в случае положительного результата испытания проб провести детальную разведку этих залежей. Безусловно, эти управленческие решения вносили определенную бессистемность в проводимые исследования.

В планировании работ геологи Нижнеудинской экспедиции в полной мере использовали результаты геологических работ 1940-х годов. Но в связи с новыми техническими условиями на графитовую руду месторождения, а также графитовый концентрат, был выбран другой подход к оценке качества графита. Основную роль в оценке залежей стали играть структурные особенности, совершенство структуры, кристалличность, а не высокое содержание углерода, как было раньше. Одновременно с геологоразведочными работами, проводились испытания разных типов руд, для оценки их

пригодности для изготовления авиационных электродов.

Поменялось и представление о графитовой руде. Если раньше она рассматривалась как агрегат из вмещающей породы и графита, то в начале 1970-х годов геологи воспринимали руду как вмещающую породу, аморфный (непригодный) и кристаллический (сырье для электродов) графит. Аморфный графит представлял собой шарообразные, каплеобразные, сферические, скрытокристаллические образования, которые могли находиться даже внутри ясно кристаллической массы графита (Исайков, 1971).

Интересно, что Алибер оценивал аморфный, скрытокристаллический графит как «годный», а яснокристаллический как «отвальной». А через сто лет технологи оценивали графит с точностью наоборот. По технологическим условиям Кыштымского комбината графит с совершенной кристаллической структурой относился к 1 сорту и представлял собой большую ценность вследствие однородности своего состава и способности обогащаться, а графит с различной степенью нарушений в укладке слоев (древовидный графит, массивный скрытокристаллический, почковидный) относился к категории непригодных руд. Удивительно, но самыми пригодным сырьем для изготовления авиационных электродов оказались вкрапленные руды, так как состояли из исключительно яснокристаллического графита. Вкрапленные руды представляют собой сиенит с вкрапленниками графита различных размеров и частоты. Содержание углерода в них составляет 10–30 %.

В прошлые периоды разработки месторождения на эти руды даже не обращали внимания, относя их к бедным, забалансовым. Остается только удивляться прозорливости Николая Александровича Флоренсова, который первым заговорил о перспективности бедных вкрапленных руд в то время, когда добытчики старались выбрать в залежах только самые богатые руды.

Основные работы партии были проведены на Юго-Западной залежи, которая была обнаружена работами 1940–1945 гг. треста Сибгеолнеруд. Залежь объединяет два ранее

выделявшихся рудных тела под названием 1-го и 2-го Юго-Западных штоков. Из 32 рудных тел и залежей, числящихся на балансе месторождения, Юго-Западная залежь являлась наиболее крупной. Особенностью залежи являлось преобладание яснокристаллического графита. Аморфный графит присутствовал в небольшом количестве, слагая небольшие гнезда сплошных богатых руд.¹

За весь период работ залежь была разведана: 1) с поверхности сетью канав через 10–20 м; 2) на глубину скважинами по сети 15х25 м; 3) штольной 4) скважинами из подземных выработок (103 шт.). В ходе доразведки залежи было выявлено 8 новых рудных тел.

Проведенная доразведка Юго-Западной залежи позволила значительно (почти на порядок) скорректировать (уменьшить) запасы. Если в 1946 г. подсчитанные запасы залежи составляли почти 400 тыс. тонн, то в 1970 году эта цифра составила 54.04 тыс. тонн, в том числе кондиционных (яснокристаллических) руд — 36.34. Содержание графита в рудах залежи изменялось от 32 до 69 %. Запасы были утверждены научно-техническим советом Иркутского геологического управления 20.08.1971.

В 1975 г. по заданию АН СССР на месторождении проводились работы Р.В. Лобзовой по уточнению генезиса графита. (Лобзова, 1975) В конце 1990-х годов проводились минералогические исследования месторождения под руководством А.Г. Миронова.

Кроме поисково-разведочных работ на месторождении в 1960–1970-е годы шла разработка кондиций ботогольских графитовых руд и способов их разработки. После технико-экономического обоснования комплексной разработки месторождения (графита и

¹ Исайков Г.Л. Отчет о работах по доразведке Юго-Западной залежи Ботогольского месторождения графита, проведенных в 1968–70 гг. — Иркутск: 1971 г. Рукопись. С. 56.

нефелиновых руд) в 1961–1967 гг., Ленинградским ГИПРОНИИМЕТАЛЛУРОДОМ были разработаны временные кондиции для отработки залежей (Юго-Западная, «Аномалия 17», «шток Бедный») открытым способом. В этих кондициях минимальное содержание углерода в пробах составляло уже 30 % (яснокристаллические руды с примесью аморфного графита). Попутно оценивались бедные яснокристаллические руды с содержанием углерода 10–30 %.

Решение о проведении ревизии, запасов, доразведки нижних горизонтов известных залежей «Юго-Западная», «17 аномалия» и «шток Бедный» было принято на совещании, проведенном 27 ноября 1989 года, в Производственном объединении «Востокслюда».

Это решение было принято в связи с тем, что вновь изменились потребности потребителей. Учитывая современные технологические требования к графитовой руде для производства различных видов изделий на основании заявок потребителей, было решено провести полупромышленные испытания графитовых руд для того, чтобы можно было судить о их пригодности.

В конце 1980-х годов на Ботоголе проводились в небольшом объеме геологоразведочные работы старательской артелью «Графит».

Следы разных этапов разработки месторождения сохранились на Ботогольском гольце до настоящего времени (рис. 19–22).



Рис. 19. Рудничный поселок артели «Графит». Фото 2004 г.

Fig. 19. Mine settlement of the Grafit artel. Photo of 2004.



Рис. 20. Штабель заготовленной графитовой руды. Фото 2021 г.

Fig. 20. Stack of harvested graphite ore. Photo 2021.



Рис. 21. Части рудничной вагонетки. Фото 2021 г.

Fig. 21. Parts of a mine wagon. Photo 2021.



Рис. 22. Остатки рельсовой (деревянной) вагонеточной дороги. Фото 2021 г.

Fig. 22. Remains of the rail (wooden) wagon road. Photo 2021.

Современные представления о геологии месторождения

Результатом почти полуторавековой истории изучения ботогольского графита стали следующие представления о строении и генезисе месторождения.

Месторождение графита связано с массивом щелочных нефелиновых сиенитов ботогольского комплекса, внедрившихся в толщу позднепротерозойских известняков и сланцев. Сиенитовый массив находится вблизи мощного разлома и приурочен к замку антиклинального изгиба метаморфической толщи. Основные залежи графита сосредоточены в северной части интрузивного массива. Рудные тела встречаются как в контактах известняков, так и на значительном удалении от них.

Происхождение ботогольского графита тесно связано с генезисом щелочных пород интрузивного массива. Последние (сиениты) образовались в большей мере за счет ассимиляции известняков граносиенитовой магмой, создавшей в Восточном Саяне большое количество граносиенитовых массивов. Ассимиляция известняков приводила к освобождению больших масс углекислоты, а так как интрузив застывал на значительной глубине, то высокое давление способствовало образованию чистого углерода за счет восстановления CO_2 . Этому процессу особенно

благоприятствовала восстановительная среда, возникающая благодаря битуминозности ассимилируемых магмой известняков.

Выделение графита происходило в несколько стадий, а сам процесс был весьма длительным. Начало отложения графита относится к непосредственно магматической фазе, а затем его выделение продолжалось в постмагматическую фазу, когда углерод отлагался из гидротермальных растворов, циркулировавших по зонам дробления сиенитов. Большая часть графитовых руд месторождения была отложена гидротермальным путем.

Графитовые тела имеют общую субмеридианальную ориентировку, и залегают, в основном, внутри сиенитового массива, реже на контакте его с вмещающими породами. Форма рудных тел — это гнезда с неправильными обычно с несколько вытянутыми (эллипсоидными) очертаниями, но встречаются также тела в виде пластовых залежей, жил, зон и различных гнезд. Размеры тел также весьма разнообразны, крупнейшие из них (так называемые «штоки») достигают 50 м в длину, 15–20 м в ширину и 30 метров в глубину.

Кроме компактных однородных масс графитовой руды графит образует в сиените более или менее густую вкрапленность. Такие «графитизированные» сиениты часто за-

легают вокруг графитовых тел, образуя их оболочку, и могут сами являться объектом эксплуатации, так как содержание углерода в них достигает 8–10 %.

Внутри и вблизи графитовых тел наблюдаются, как правило, разнообразные разрывные нарушения: сбросы, мелкие чешуйчатые надвиги и сколы. По краям всех крупных залежей почти неизменно залегают графитовые брекчии, состоящие из обтертых обломков более плотного графита, сиенита, пегматита, погруженных в раздробленную и растертую массу графита. Такое тектоническое месиво также является «бедной» графитовой рудой.

Графит на Ботогольском месторождении встречается в различных формах. Наиболее распространен массивный мелкокристаллический графит, составляющий основную массу графитовой руды. Этот графит отличается беспорядочным или полухаотическим расположением очень мелких кристалликов. Другой разновидностью является крупнокристаллический (чешуйчатый) графит с размерами чешуй от нескольких квадратных миллиметров до 1-1.5 см². Кроме того, встречается, так называемый, древовидный графит с резко выраженной волокнистой текстурой. Значительно реже и в малых количествах встречается каплевидный графит, тельца которого сходны с каплями свинца. Внутренняя их часть состоит и лучевидно ориентированных кристаллов графита, как бы обтянутых наружной концентрически-скорлуповатой оболочкой плотного графита. Столь же редко, как и каплевидный, встречаются почковидный и оолитоподобный графит.

Химически ботогольский графит отличается высокой чистотой. Так, содержание углерода в древовидном графите, образующем наиболее богатые сорта руды, достигает 98 %. В графитовых рудах, всегда имеющих некоторую примесь силикатов, кальцита и окислов железа и титана, содержание углерода колеблется от 30–40 % («бедные руды») до 75–80 % («богатые руды»). Это необычно высокое содержание графитного углерода дало Ботогольскому месторождению мировую известность.

Общая площадь месторождения составляет около 3 км². За время поисково-разведочных работ на Ботогольском гольце было обнаружено более 20 графитовых залежей. Часть из них к настоящему времени полностью выработаны. Всего на руднике было добыто около 910 тыс. тонн графитовой руды превосходного качества с содержанием углерода от 60 до 98 %. Согласно информации Департамента по недропользованию по Дальневосточному федеральному округу (Приказ от 07.09.2020 № 1504), по состоянию на 1 января 2020 г. на месторождении запасы руд с содержанием углерода 60 % и выше по категории В+С₁ оцениваются в количестве: 100 тыс. тонн руды и более 40 тыс. тонн чистого графита. Прогнозные ресурсы графита составляют более 4000 тыс. тонн. (Государственный ..., 2019). Интересно что большая часть указанных запасов была выявлена работами экспедиций треста «Сибгеолнеруд» во время Великой Отечественной войны.

Заключение

Ботогольский графитовое месторождение является не только уникальным геологическим объектом и свидетельством развития горного дела в Сибири, но и памятником истории геологического поиска нескольких поколений рудознатцев и ученых-геологов.

История геологического изучения Ботогола, с одной стороны, отражает общую тенденцию изменения геологоразведочной отрасли в России, с другой, демонстрирует как неординарные целеустремленные люди, жизнь которых переплелась с историей ботогольского графита, стремились раскрыть геологические тайны и обнаружить нужное стране полезное ископаемое.

Ботогольский гольц во все времена привлекал путешественников и исследователей. Изучение истории геологических исследований и добычи графита безусловно открывает новую страницу интереса к этому месту.

Литература

Алибер Ж.-П. Об отыскании графита в Восточной Сибири Тавастгусским первостатейным купцом Алибером // Вестник Императорского

Русского географического общества. 1854. Кн. 3. Ч. 1.

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

Горный журнал. 1879. Т.1.– С. 343–351.

Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1 января 2019 года. Выпуск 54: Графит. // ФГБУ «Росгеолфонд», 2019.

Исайков Г.Л. Отчет о работах по доразведке Юго-Западной залежи Ботогольского месторождения графита, проведенных в 1968-70 гг. – Иркутск: 1971 г.

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. – Л.: 1925. С. 55–56.

Лабунцов А.Н. Описание Алиберовского графитового рудника. // Материалы к изучению Русского графита. Сборник статей. – Л.: 1925. С.39.

Лобзова Р.В. Графит и щелочные породы района Ботогольского массива / Р.В. Лобзова. – Москва: Наука, 1975.– 123 с.

Материалы к изучению Русского графита. // Материалы для изучения естественных производительных сил СССР. Сборник статей. № 55 – Л.: 1925.

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 г.г. // Минеральное сырье, № 8-9, 1930. С. 795–813.

Орешкин И.И. Полный отчет о работах Ботогольской геологоразведочной экспедиции за 1941 г. Рукопись.

Снопков С.В., Хобта А.В. Ботогольский графит. Удивительная история уникального месторождения. – Иркутск: Типография «Оттиск», 2022. - 214 с.

Снопков С.В., Хобта А.В. Сибирская одиссея Жан-Пьера Алибера. // Известия лаборатории древних технологий: научный журнал. № 1 (42) – Иркутск: Изд-во ИРННТУ, 2022. – 243 с. С. 128–141.

Снопков С.В., Хобта А.В., Богданова И.А. История открытия Ботогольского графитового месторождения. Мифы и факты. // [Электронный ресурс] // Геология и окружающая среда. — 2022.– Т. 2, № 1.– С. 145–156.

Солоненко В.П., Кобеляцкий И.А. Восточные Саяны (научно-популярный очерк). – Иркутск: Иркутское областное издательство, 1947.

Флоренсов Н.А., Осташкин И.П. Отчет Ботогольской геологоразведочной экспедиции за 1942 г. Рукопись.

Флоренсов Н.А., Соболев В.С., Блинников И.И., Солоненко В.П. Ботогольское месторождение графита. Отчет за 1943 г. (НКПСМ. Восточно-Сибирский геологоразведочный трест нерудных ископаемых «Сибгеолнеруд». Геологоразведочная экспедиция № 2. – Иркутск: 1943. Рукопись.

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

Ячевский Л.А. Алиберовское месторождение графита на Ботогольском гольце / Л.А. Ячевский // Геологические исследования и разведочные работы по линии Сибирской железной дороги. – СПб.: 1899. Вып. 11. С. 21.

References

Alibert J.-P. About finding graphite in Eastern Siberia by Tavastgus first-rate merchant Alibert // Bulletin of the Imperial Russian Geographical Society. 1854. Book 3. Ch. 1.

Glazov Yu.N. Botogolskoe graphite deposit in the Oka aimak of BMASSR. Report on geological exploration works in 1950. Vol. 3. – Irkutsk: 1951.

Mining Journal. 1879. VOL. 1.– P. 343–351.

State balance of mineral reserves of the Russian Federation as of January 1, 2019. Issue 54: Graphite. // FGBU "Rosgeolfond", 2019.

Isaikov G.L. Report on the works on additional exploration of the South-West deposit of Botogolskoye graphite deposit, conducted in 1968-70. – Irkutsk: 1971.

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 Aliberovskoye graphite deposit. // Materials for the study of Russian graphite. Collection of articles. – L.: 1925. P. 55–56.

Labuntsov A.N. Description of the Aliberovskiy graphite mine. // Materials for the study of Russian graphite. Collection of articles. – L.: 1925. P. 39.

Lobzova, R.V. Graphite and alkaline rocks of the Botogol massif area / R.V. Lobzova. – Moscow: Nauka, 1975.– 123 p.

Materials for the study of Russian graphite. // Materials for the study of natural productive forces of the USSR. Collection of articles. No. 55. – Л.: 1925.

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

Oreshkin I.I. Botogol graphite deposit. Preliminary report on the exploration work of the Institute of Applied Mineralogy in 1929 and 1930 // Mineral Raw Material, No. 8-9, 1930. P. 795–813.

Oreshkin I.I. Full Report on the Works of the Botogol Exploration Expedition for 1941. Manuscript.

Snopkov S.V., Khobta A.V. Botogol graphite. The Amazing History of a Unique Deposit. – Irkutsk: Typography "Ottisk", 2022. – 214 p.

Snopkov S.V., Khobta A.V. Siberian odyssey of Jean-Pierre Alibert. // Izvestiya laboratories of ancient technologies: scientific journal. No. 1 (42) – Irkutsk: Izd-vo IRNITU, 2022. – 243 p. P. 128–141.

Snopkov S.V., Khobta A.V., Bogdanova I.A. History of the discovery of the Botogol graphite deposit. Myths and facts. // [Electronic resource] // Geology and Environment. – 2022.– VOL. 2, No. 1.– P. 145–156.

Solonenko V.P., Kobelyatsky I.A. Eastern Sayers (popular science essay). – Irkutsk: Irkutsk Regional Publishing House, 1947.

Florensov N.A., Ostashkin I.P. Report of the Botogol Geological Exploration Expedition for 1942. Manuscript.

Florensov N.A., Sobolev V.S., Blinnikov I.I., Solonenko V.P. Botogol graphite deposit. Report for 1943 (NKPSM. East Siberian geological exploration trust of non-metallic minerals "Sibgeolnerud". Geological exploration expedition No. 2. – Irkutsk: 1943. Manuscript.

Yachevsky L. On the Aliberovskoye graphite deposit. Zap. SPB. Miner. O-va, ch. XXXV, 1898, p. 34.

Yachevskiy L.A. Aliberovskoe graphite deposit on Botogolskoe Goltse / L.A. Yachevskiy // Geological research and exploration work along the line of the Siberian railroad. – SPb.: 1899. Issue. 11. P. 21.

Снопков Сергей Викторович,

кандидат геолого-минералогических наук,
664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет,
геологический факультет,
доцент,
664074, г. Иркутск, ул. Курчатова, 3,
Сибирская школа геонаук, Иркутский национальный исследовательский технический университет,
ведущий научный сотрудник,
email: snopkov_serg@mail.ru.

Snopkov Sergey Viktorovich,

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
664003 Irkutsk, Lenin str., 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
Associate Professor,
664074 Irkutsk, Kurchatov str., 3,
Siberian School of Geosciences, Irkutsk National Research Technical University,
Leading Researcher,
email: snopkov_serg@mail.ru.

Хобта Александр Викторович,

кандидат исторических наук,
664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, д. 7,
Восточно-Сибирская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»,
начальник подразделения по сохранению исторического наследия ВСЦНТИБ,
email: dcnti_hobtaav@esrr.ru.
Khobta Alexander Viktorovich,
Candidate of Historical Sciences,
7, Karla Marksa St., Irkutsk, 664003,
East Siberian Railroad - branch of JSC "Russian Railways",
Head of the Historic Heritage Preservation Division of the VSCSTIB,
email: dcnti_hobtaav@esrr.ru.

Богданова Ирина Анатольевна,
664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,

*Иркутский государственный университет,
геологический факультет,
старший преподаватель,
email: irinairk@gmail.com.
Bogdanova Irina Anatolievna,*

*664003 Irkutsk, Lenin str., 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
Senior Lecturer,
email: irinairk@gmail.com.*
