



УДК (550.834+550.838.12/.013):553.31'32

## ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ИСТОЧНИКА ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ РУД БОТОМО-ЛЮТЕНГСКОГО ПОЛЯ В ФУНДАМЕНТЕ ЯКУТСКОГО БЛОКА ЛИТОСФЕРЫ

Г. Н. Черкасов, Е. Ю. Гошко, С. С. Долгушин, О. Г. Садур, А. С. Сальников

На тектонической схеме фундамента Северо-Азиатского кратона выделяются два архейских террейна, разделенных Алданским и Якутским орогенными поясами, представлявшими в протерозое подвижный бассейн. По стыку орогенных поясов проходит трасса глубинного сейсмического профиля 3-ДВ (Невер – Якутск – Хандыга – Агыдалах). Анализ частотно-энергетического разреза (программный комплекс «StreamSDS») показал, что подвижный бассейн сформировался на месте разрыва границы Мохоровичича и заполнялся в протерозое и неогее карбонатно-терригенно-вулканогенным материалом с участием мантийных флюидов. На юго-западном борту орогенного пояса трасса профиля 3-ДВ пересекает Южно-Алданский железорудный район с Таежнинским и Дес-Савгельским рудными узлами. Симметрично на северо-восточном борту орогенного пояса известно раннемезозойское Ботомо-Лютенгское поле железомарганцевых руд. По поводу генезиса рудного поля высказываются разные точки зрения: руды осадочные, гидротермальные или переотложенные продукты коры выветривания. По нашим представлениям, Ботомо-Лютенгское рудное поле всего лишь «телескопирует» первичное месторождение железомарганцевых руд, залегающих в породах фундамента и сингенетичным рудам Южно-Алданского района. Мощность подрудной венд-кембрийской толщи под Ботомо-Лютенгским полем до архейского фундамента по разным оценкам колеблется от 150 до 1300 м. В качестве генетического аналога ботомо-лютенгским рудам рассмотрено Тыйское проявление неоген-четвертичных железомарганцевых руд северного Прибайкалья. По минералогии, химическому составу руд и характеру залегания на поверхности тыйские и ботомо-лютенгские руды идентичны. Предположение о первичном месторождении в фундаменте, служившем источником рудных компонентов при формировании Ботомо-Лютенгского рудного поля, подтверждается на магнитной модели разреза через это поле.

**Ключевые слова:** Алданский орогенный пояс, Якутский орогенный пояс, железомарганцевые руды, Ботомо-Лютенгское рудное поле, магнитная модель разреза, джеспилит, террейны, разломы.

## GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL PROGNOSIS OF A FERROMANGANESIAN ORE SOURCE OF THE BOTOMA-LYUTENGA FIELD IN THE BASEMENT OF THE YAKUTIAN LITHOSPHERIC BLOCK

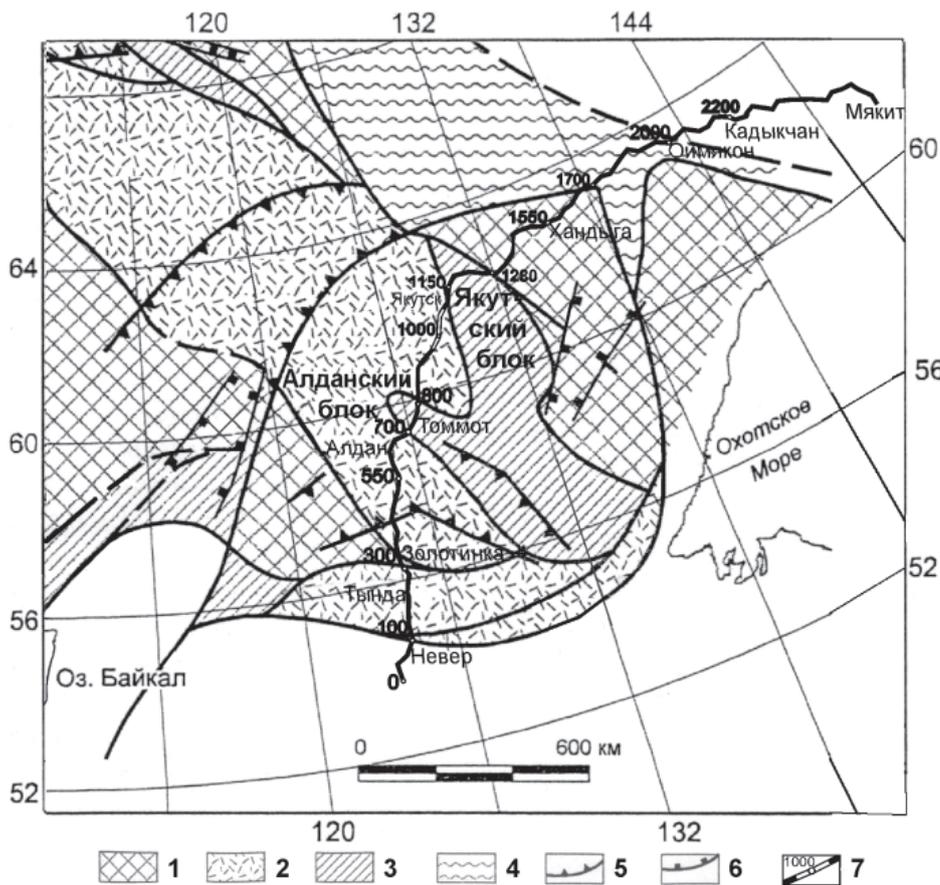
G. N. Cherkasov, E. Yu. Goshko, S. S. Dolgushin, O. G. Sadur, A. S. Salnikov

The tectonic map of the North Asian craton basement shows two Archean terrains separated by the Aldanian and Yakutian orogenic belts, which were a mobile basin in the Proterozoic. The Never-Yakutsk-Khandyga – Agydalakh 3-DV deep seismic profile runs along the junction of the orogenic belts. The frequency-energy section analysis («StreamSDS» software system) has shown that the mobile basin was formed in the Moho discontinuity gap. During Proterozoic and Neogene it was filled with carbonate-terrigenous-igneous material with some involvement of mantle fluids. On the south-western edge of the orogenic belt the 3-DV profile intersects the Southern Aldan iron-ore region with its Tayozhinsky and Dyos-Savgelsky ore clusters. The north-eastern edge of the orogenic belt hosts the Early Mesozoic Botoma-Lyutenga Fe-Mn ore field situated symmetrically about the Southern-Aldan region. The genesis of the ore field can be considered from different points of view: the ores can be sedimentary, hydrothermal, or re-deposited weathering crust products. The authors consider the Botoma-Lyutenga ore field just to be superimposed on the primary iron-ore deposit and assume that the ores from the former originate from the latter. The primary deposit ores are hosted by the basement rocks and are syngenetic to the ores of the Southern-Aldan region. Thickness of the sub-ore Vendian-Cambrian strata under the Botoma-Lyutenga field down to the Archean basement is variously estimated from 150 to 1,300 m. Ore genesis analogous to the Botoma-Lyutenga ores was examined at the Neogene-Quaternary Tya Fe-Mn ore show. The Tya and Botoma-Lyutenga ores are identical in mineralogy, chemical composition, and mode of occurrence at the surface. An assumption about the primary deposit in the basement that may be the source of ore components during the Botoma-Lyutenga ore field formation can be supported by the magnetic model of the field cross-section.

**Keywords:** Aldanian orogenic belt, Yakutian orogenic belt, ferromagnesian ores, the Botoma-Lyutenga ore field, magnetic model of cross-section, jaspilite, terrains, faults.

При создании сейсмического опорного профиля 3-ДВ (Невер – Томмот – Якутск – Хандыга – Адыгалах, 2009–2013 гг.) комплексные геофизические работы включали обработку и построение сейсмических структурно-динамических разрезов, отра-

жающих современное физическое состояние литосферы. В результате получены интересные с точки зрения металлогении материалы, позволяющие обосновать прогноз некоторых видов полезных ископаемых. Один из таких случаев описан в данной статье.



**Рис. 1.** Тектоническая схема фундамента Северо-Азиатского кратона (по [2], с дополнениями авторов)

1 – террейны архейских кратонов; 2 – Алданский палеопротерозойский орогенный пояс; 3 – Якутский палеопротерозойский орогенный пояс; 4 – Лено-Алданский мезопротерозойский орогенный пояс; 5 – Нюрбинский мезопротерозойский рифтовый пояс; 6 – неопротерозойские рифты; 7 – линия опорного геофизического профиля 3-ДВ с указанием пикетов в км

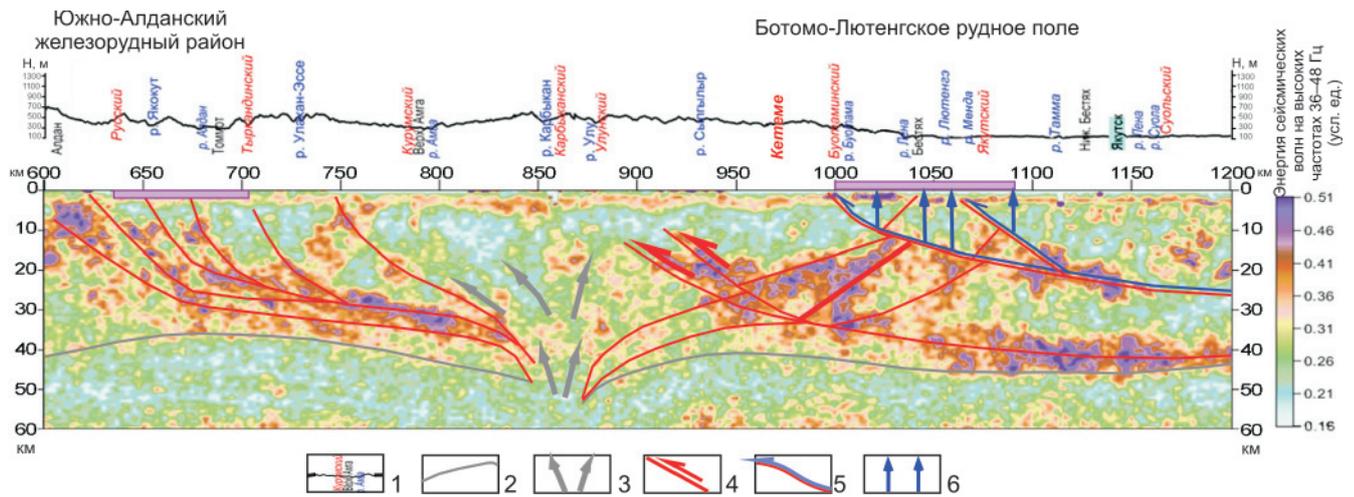
Для ориентировки в пространстве прилагается тектоническая схема фундамента Северо-Азиатского кратона, составленная А. П. Смеловым и др. в 2003 г. [2]. На ней отражены структурные особенности района: два архейских террейна, разделенных Алданским и Якутскими орогенными поясами северо-западного простирания (рис. 1). На схему нами нанесена трасса сейсмического профиля 3-ДВ. Проходит она примерно по границе сочленения орогенных поясов. На юго-западном фланге орогенного пояса между г. Алданом и г. Томмотом трасса профиля пересекает Южно-Алданский железорудный район (пикеты 650–700 км). В пределах района располагаются Таежинский и Дес-Савгельский железорудные узлы, локализованные в федоровской свите архея. Руды гематит-мартит-магнетитовые, залегают в виде штоков, жил, горизонтов среди биотит-амфибол-пироксеновых сланцев и перекрываются кембрийскими доломитами или выходят на поверхность в современном эрозионном срезе. Изредка в железных рудах некоторых месторождений, например Пионерского, отмечается примесь марганца (несколько процентов).

На частотно-энергетическом разрезе (пикеты 640–1100 км) локальных волновых пакетов в окне 2,5×1 км (программный комплекс «StreamSDS») (рис. 2) фиксируется мощная зона растяжения глубинного заложения с разрывом границы Мохорвичича, которая представляла собой подвижный бассейн, заполнявшийся карбонатно-терригенно-

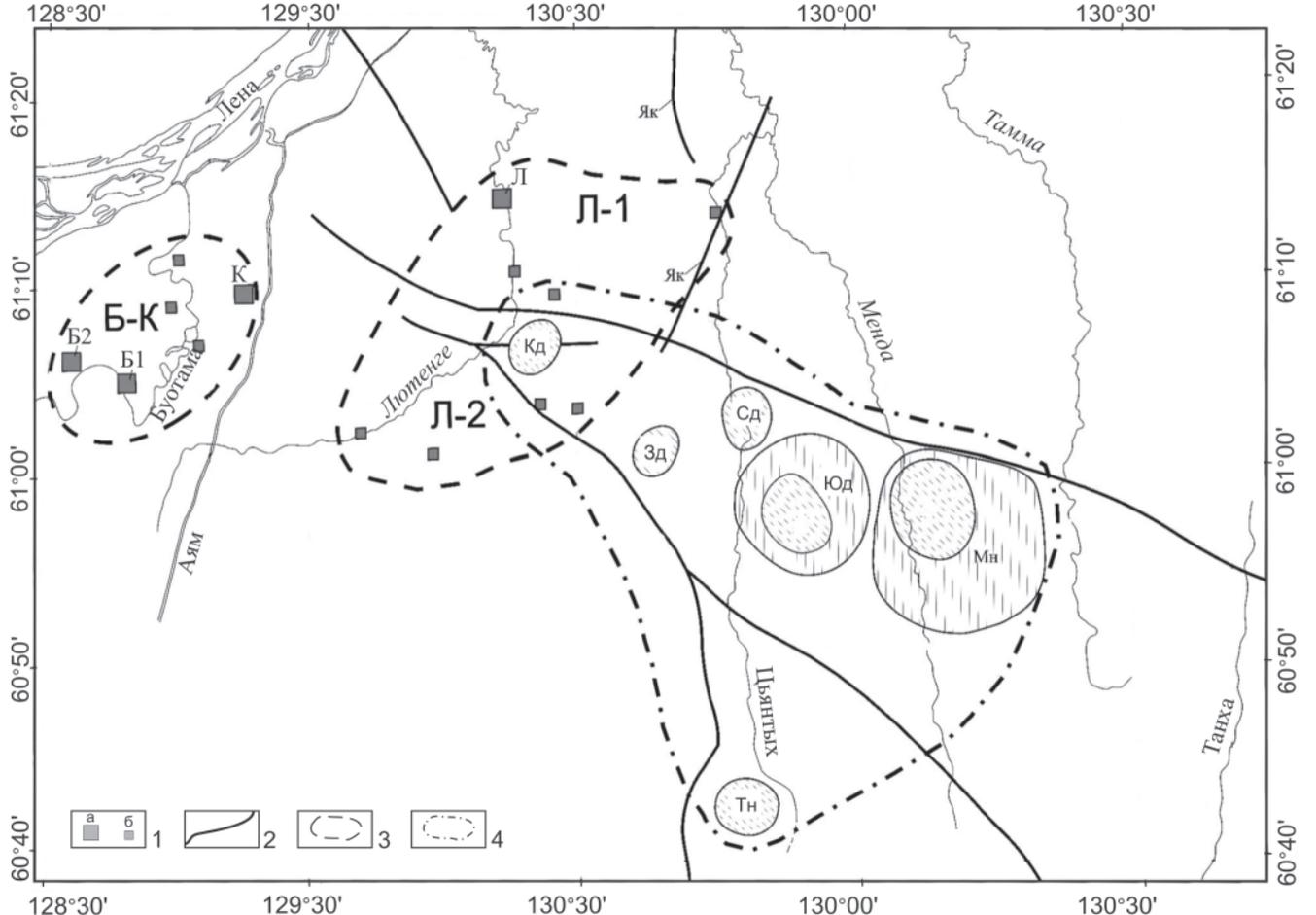
вулканогенными осадками протерозоя и неогей. Южно-Алданский железорудный район расположен на юго-западном плече этой зоны. Судя по тектонической обстановке, на северо-восточном плече зоны растяжения теоретически мог бы находиться такой же железорудный район. Однако нет сведений о присутствии здесь в фундаменте месторождений железных руд. Но в бассейне низовий рр. Буотама и Лютенге (между глубинными разломами Кетеме и Якутским) в правобережье р. Лена в результате работ якутских геологов открыто Ботомо-Лютенгское рудное поле (рис. 3), расположенное между пикетами 1000–1080 км профиля 3-ДВ.

В рудном поле выделяются два участка: Ботомо-Куртанский в бассейне р. Буотама и Лютенгский в бассейне р. Лютенге. Локализовано оно на кембрийских известняках и частично перекрыто юрскими и полностью четвертичными терригенными осадками. В пределах поля выявлено 4 непромышленных месторождения, 21 рудопроявление и 16 пунктов минерализации.

По мнению якутских геологов-съемщиков [1], в Ботомо-Лютенгском рудном поле наиболее широко распространены экзогенные осадочные руды и лишь несколько мелких объектов, представленных рудными жилами, имеют гидротермальный генезис. Причем на Лютенгском участке отдельные гидротермальные прожилки железных руд заходят и в перекрывающие юрские породы, что свидетельствует о существовании



**Рис. 2.** Частотно-энергетический разрез земной коры Северо-Азиатского кратона вдоль профиля 3-ДВ  
 1 – рельеф дневной поверхности вдоль линии профиля 3-ДВ с указанием названий разломов, населенных пунктов и рек; 2 – граница Мохоровичича; 3 – пути подъема мантийных флюидов вверх; 4 – пути и направления перемещения древних блоков земной коры; 5 – позднеюрско-нижнемеловое движение блока земной коры; 6 – направление движения восходящих вод сольфатарных минеральных источников



**Рис. 3.** Схематический план Ботомо-Лютенгского поля железомарганцевых руд  
 1 – а) непромышленные месторождения (Б1 – Ботомское-1, Б2 – Ботомское-2, К – Куртанское, Л-1 – Лютенгское-1, Л-2 – Лютенгское-2), б) проявления; 2 – основные глубинные разломы; 3 – примерные границы рудных участков; 4 – спроецированные на поверхность (по геофизическим данным) границы Мендской интрузии с мелкими купольными поднятиями ее апофиз

юрских осадков к моменту формирования Ботомо-Лютенгского рудного поля. Руды оолитовые, землистые, брекчиевидные и плотные, сложен-

ные гетитом, гидрогетитом, лимонитом, пиролюзитом и псиломеланом (75–80 % общей массы), 20–25 % руды приходится на опал с примесью



обломков полевого шпата и чешуек слюд. Мощность рудоносного горизонта колеблется от 1,5 до 3,5 м. Он заключен в 8-метровой глинистой толще и содержит повышенные концентрации тантала и ниобия. Последнее позволило В. М. Мишнину и др. в 2006 г. отнести руды к продуктам коры выветривания по Мендской щелочной ультрабазитовой интрузии одноименного поднятия, несущего на поверхности следы в виде местных мелких куполов, образованных апофизами интрузии.

По заключению специалистов ВИМСа, ботомо-лютенгские бурожелезняково-марганцевые руды представляют собой не монолитную по простиранию пластовую залежь, хотя часто имеют слоистое и плитчатое строение, а высокодискретную систему мелких и мельчайших разбросанных между собой рудных тел на карбонатном ложе – неглубокие «карманы», воронкообразные западины, чаше- и блюдцеобразные просадки, заполненные делювиальными свалами местных пород, сцементированных бурожелезняково-марганцевым рудным материалом, и мелкие секущие рудные прожилки.

По нашему мнению, изучаемое рудное поле, скорее всего, лишь «телескопирует» крупное месторождение железных руд с марганцем, залегающее под ним в фундаменте Алданской антеклизы, которое сформировалось в протерозое одновременно с железорудными узлами Южно-Алданского района. Ботомо-Лютенгское рудное поле обязано своим появлением активизации Ноторской зоны разломов, расположенной в настоящее время восточнее рудного поля (между пикетами 1350–1450 км) и представленной массой субмеридиональных нарушений, заполненных дайками основного состава от диабазов до долеритов. На протяжении неогена Ноторская зона разломов пережила, вероятно, несколько эпох активизации в режиме растяжения земной коры. Исходя из геологии Ботомо-Лютенгского проявления, можно предположить, что его формирование совпало с позднеюрско-нижнемеловым этапом тектономагматической активизации. Юго-западным плечом зоны растяжения обеспечивался надвиг (см. рис. 2) пород фундамента на отложения протерозойского подвижного бассейна, приведший в конечном счете к выходу в этом районе пород фундамента близко к поверхности. По материалам Государственной геологической съемки м-ба 1:1000000 [1] геологический разрез подрудной толщи представлен архейскими, вендскими и кембрийскими породами.

Архейские образования составляют кристаллический фундамент и слагаются регионально метаморфизованными породами в гранулитовой, амфиболитовой и зеленосланцевой фациях, на которых с большим стратиграфическим перерывом залегают отложения терригенно-карбонатной юдомской серии венда.

Представлена она известняками и доломитами с прослоями алевролитов и мергелей, включающих линзы (0,3 м) кремней. В базальной части серии залегают кварц-полевошпатовые песчаники, алевролиты, перекрытые битуминозными водородослевыми доломитами с линзами ангидритов. Мощность серии 117 м.

Юдомская серия согласно перекрывается пестроцветной свитой нижнего кембрия. Это комплекс пестроокрашенных глинисто-карбонатных пород, представленных переслаивающимися мергелями и глинистыми известняками общей мощностью 144–210 м.

На пестроцветной свите без видимого перебива залегают переходная свита нижнего кембрия. Сложена она светлыми глинистыми известняками, часто вторично доломитизированными. Мощность ее на Ботомском участке 28,5 м.

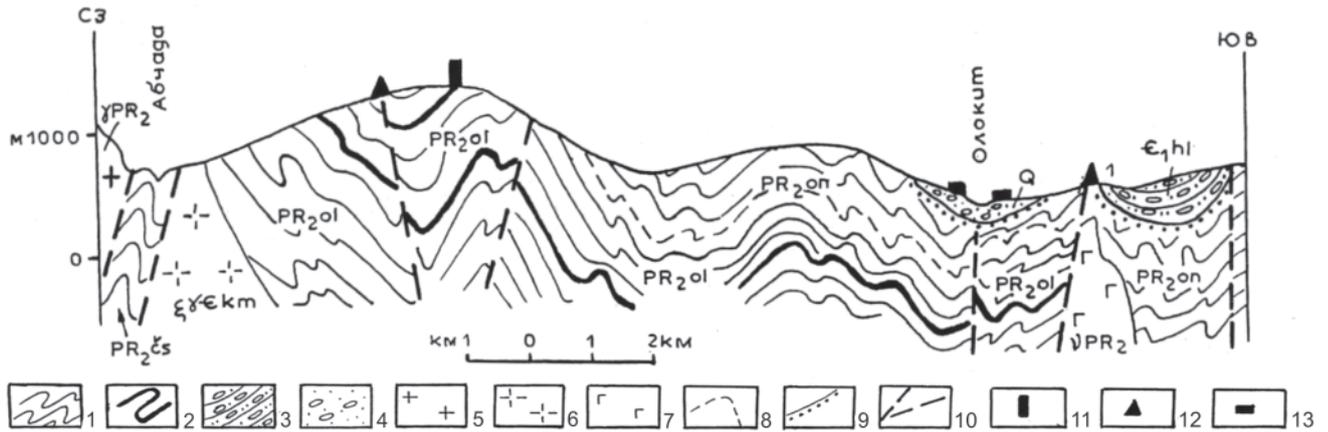
Выше по разрезу на нее согласно налегает синская свита нижнего кембрия. Слагается она известняками, для которых характерны темно-коричневая окраска и сильная битуминозность с содержанием битума до 20–25 %. Мощность ее на Ботомском участке 32,7 м.

Синская свита согласно перекрывается кетеманской. Это толща переслаивающихся пористых и кавернозных известняков и доломитов. Мощность свиты на р. Буотама 3–7 м.

И наконец, на кетеманской свите тоже согласно залегают еланская (Є<sub>1-2</sub>) свита – породы светлой окраски, состоящие из известняков, доломитов и песчаников. Мощность их в правобережье р. Буотама первые метры.

Таким образом, по р. Буотама мощность подрудных пород, перекрывающих фундамент, составляет 327,2–398,2 м. Для всего же Ботомо-Лютенгского рудного поля данные по мощности подрудной толщи (до кристаллического фундамента) довольно противоречивы. Так, в объяснительной записке к Государственной геологической карте м-ба 1:1 000 000 [1] указано, что в синской скважине, пробуренной в приустьевой части р. Синяя, в левобережье р. Лена вблизи Ботомского участка, фундамент вскрыт на глубине 502,5–516,0 м, на Якутском поднятии – 400–500 м. На тектонической схеме м-ба 1:2 500 000, помещенной в объяснительной записке [1, с. 81], Ботомо-Лютенгское рудное поле располагается между изогипсами –1 и –2 км, т. е. кристаллический фундамент под рудным полем может оказаться на глубине 1000–1300 м. По геофизическим данным В. М. Мишнина и др. (2003 г.), глубина залегания кристаллического фундамента оценивается в 150–300 м.

Предполагается, что Ботомо-Лютенгское оруденение сформировано восходящими водами минеральных источников, пересекавших прогнозируемые первичные залежи протерозойских гематит-магнетитовых с марганцем руд, аналогичных алданским леглиерского или хатыминского



**Рис. 4.** Схематический геологический разрез через Абчадо-Олокицкий водораздел (по П. Б. Дедюхину и др., 1971) 1 – отложения PR, смятые в складки; 2 – горизонты гематит-магнетитовых кварцитов; 3 – терригенные отложения  $E_1$ ; 4 – четвертичные водно-ледниковые отложения; 5 – граниты ирельского комплекса; 6 – граносиениты конкундеро-мамakanского комплекса; 7 – габбронориты довыренской интрузии; 8 – геологические границы; 9 – граница несогласного налегания; 10 – разломы; 11–13 – проявления на поверхности и вскрытые шурфами: 11 – железистых кварцитов, 12 – «выветрелых» лимонитовых руд (1 – Ондокско-Олокитское), 13 – современных осадочных гетит-гидрогетит-лимонитовых руд

го (Десовское, Леглиер, Комсомольское и др.) типов, сконцентрированных в архейских кварцитах, сланцах и карбонатных породах.

С целью аргументации нашего мнения об источнике Ботомо-Лютенгского железомарганцевого оруденения была проведена аналогия с моделью Тыйского проявления подобных руд, формирующегося в настоящее время в долине р. Олоkit в Северном Прибайкалье (рис. 4). Водораздел рр. Абчады и Олоkit сложен различными сланцами ондокской и олоkitской свит позднего протерозоя [3]. В олоkitской свите встречаются горизонты мощностью 1–40 м гематит-магнетитовых кварцитов (джеспилитов), залегающих согласно с вмещающими породами и содержащих 30–38 %  $Fe_{вал}$ , 1–8 %  $MnO$ . Рудные ресурсы джеспилитов около 1 млрд т. Долина р. Олоkit, представляющая собой эмбриональную впадину байкальского типа, заполнена четвертичными водно-ледниковыми отложениями мощностью 2–40 м, залегающими на сланцах ондокской свиты. Вдоль Ондокско-Олоkitской зоны разломов на четвертичных отложениях и черных сланцах ондокской свиты на протяжении 10 км известно более 20 покровов железных руд размером от 50×100 до 700×1200 м и мощностью 3–8 м [3]. Железные руды образуют землистые, губчатые или плотные слоистые породы красно-бурого, красного цветов плитчатого, массивного, брекчиевидного или пористо-кавернозного облика. Состав руд гетит-гидрогетит-лимонитовый с примесью марганца. Содержание основных рудных компонентов приводится в таблице.

Как видим, по минеральному и химическому составам ботомские и олоkitские руды аналогичны. Но накопление железомарганцевых руд в долине р. Олоkit продолжается и в настоящее время из минеральных источников, сопровождающих гетит-лимонитовые покровы. Там, где эти источни-

ки функционируют вблизи Йоко-Довыренской базит-ультрабазитовой интрузии, лимониты в покровах обогащаются Ni и Co. Ресурсы руд постоянно наращиваются и сейчас, по экспертной оценке различных авторов, составляют 15–50 млн т.

Воды источников, переносящих железо, холодные (2–4 °C), гидрокарбонатно-сульфатно-натриевые с минерализацией 0,1–0,3 г/л, pH 5,8–6,3, содержат 15–50 мг/л Fe. Вскрытый шурфом глубиной 10 м на абчадском водоразделе первичный горизонт джеспилитов, оказался переработанным этими водами до гидрослюдисто-каолинит-лимонитового состояния с остатками в глинисто-железистой массе сохранившихся фрагментов первичных руд.

Исходя из таких генетических представлений, под рудным полем Ботомо-Лютенгских месторождений в фундаменте прогнозируется крупное месторождение первичных железомарганцевых руд псиломелан-гематит-магнетитового состава. Предположение подтверждается магнитной моделью разреза (рис. 5), которая показывает под Ботомо-Лютенгским рудным полем крупную и четкую расчетную аномалию намагниченности I–II интенсивностью 1,0–1,5 А/м, прослеживающуюся до глубины 15 км, отражая залегание предполагаемого венд-раннекембрийского месторождения железных с марганцем руд. Прогнозные ресурсы его по категории  $P_3$  (в авторской оценке по аналогии с Тыйским джеспилитовым) могут составить 1,5–2,0 млрд т.

Отмечаются аналогичные по интенсивности намагниченности следующие аномалии: III, расположенная юго-западнее первой, на местоположении разлома Кетеме (пикеты 950–980 км), заполненного дайками и силлами долеритов, и IV, присутствующая на пикетах 860–880 км и отвечающая Карбыканской ультрабазит-базитовой

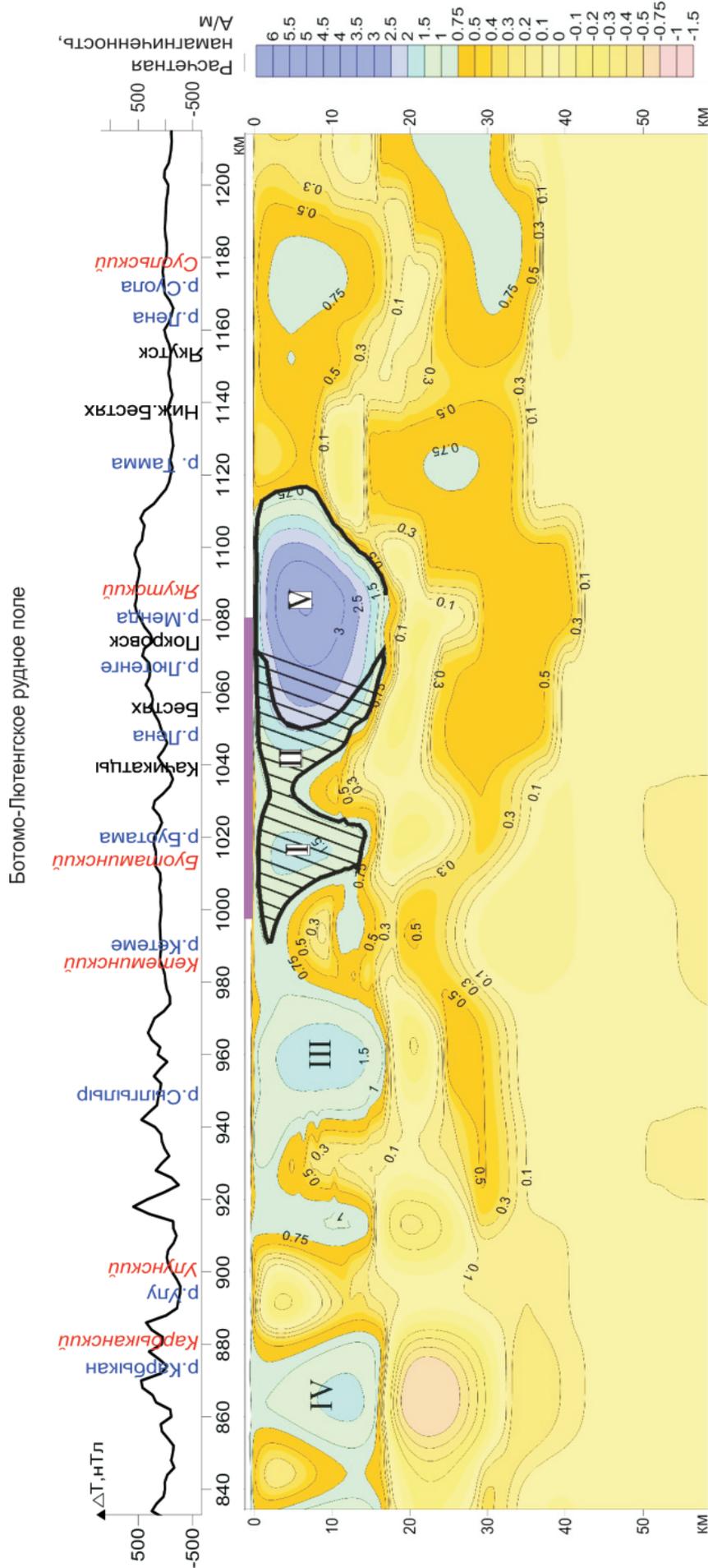


Рис. 5. Магнитная модель разреза по профилю 3-ДВ Северо-Азиатского кратона (заштрихованный контур – аномальная намагниченность предполагаемого железорудного узла в фундаменте Якутского блока)



Химический состав руд Ботомо-Лютенгского (Якутия) и Тыйского (северное Прибайкалье) рудных полей [1, 3]

Месторождение	Компонент, вес. %				
	Fe <sub>вал</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	SiO <sub>2</sub>
Куртанское	26,89–37,39	38,45–53,45	0,014–0,056	0,0–3,29	27,56–99,66
Ботомское-I	32,57–39,30	46,66–54,10	0,0–1,52	6,58–8,58	20,82–26,72
Ботомское-II	26,75–32,10	36,36–44,01	1,63–1,70	3,70–8,83	28,32–41,45
Лютенгское	48,09	68,7–68,8	0,0–0,20	6,20–8,50	4,80–10,20
Тыйское на р. Олоки	47,6–51,8	68,0–74,0	Не определялось	1,0–10,0	Не определялось

интрузии. Еще одна мощная магнитная аномалия V (2,5–3,0 А/м) соответствует залеганию Мендской щелочной ультрабазитовой интрузии (пикеты 1050–1120 км).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Лист Р-52, 53. Объяснительная записка [Текст] / Под ред. Л. М. Натапова). – СПб. : ВСЕГЕИ, 1999. – 186 с.

2. Смелов, А. П. Террейновый анализ и геодинамическая модель формирования Северо-

Азиатского кратона в раннем докембрии [Текст] / А. П. Смелов, В. Ф. Тимофеев // Тихоокеанская геология. – 2003. – Т. 22, № 6. – С. 42–54.

3. Тайсаев, Т. Т. Приразломные лимониты северного Прибайкалья [Текст] / Т. Т. Тайсаев // Этапы литогенеза и закономерности локализации осадочных полезных ископаемых Сибири и Дальнего Востока : матер. X совещ. Сиб. отделения Комиссии по осадочным породам при отделении геологии, геофизики и геохимии АН СССР. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 1975. – С. 46–48.

© Г. Н. Черкасов, Е. Ю. Гошко, С. С. Долгушин, О. Г. Садур, А. С. Сальников, 2014

#### ЧЕРКАСОВ Геннадий Николаевич

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, гл. науч. сотр., д. г.-м. н.  
E-mail: [cherkasov@sniiggims.ru](mailto:cherkasov@sniiggims.ru)

#### ГОШКО Елена Юрьевна

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, ст. науч. сотр., к. т. н.  
E-mail: [goshco@sniiggims.ru](mailto:goshco@sniiggims.ru)

#### ДОЛГУШИН Сергей Степанович

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, зав. лабораторией, д. г.-м. н.  
E-mail: [sadur.oleg@sniiggims.ru](mailto:sadur.oleg@sniiggims.ru)

#### САДУР Олег Гареевич

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, науч. сотр., к. г.-м. н.  
E-mail: [sadur.oleg@sniiggims.ru](mailto:sadur.oleg@sniiggims.ru)

#### САЛЬНИКОВ Александр Сергеевич

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, зав. отделом, д. г.-м. н.  
E-mail: [sas@sniiggims.ru](mailto:sas@sniiggims.ru)

CHERKASOV Gennadii, DSc, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

E-mail: [cherkasov@sniiggims.ru](mailto:cherkasov@sniiggims.ru)

GOSHKO Elena, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

E-mail: [goshco@sniiggims.ru](mailto:goshco@sniiggims.ru)

DOLGUSHIN Sergei, DSc, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

E-mail: [sadur.oleg@sniiggims.ru](mailto:sadur.oleg@sniiggims.ru)

SADUR Oleg, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

E-mail: [sadur.oleg@sniiggims.ru](mailto:sadur.oleg@sniiggims.ru)

SALNIKOV Aleksandr, DSc, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

E-mail: [sas@sniiggims.ru](mailto:sas@sniiggims.ru)