



ПРОГНОЗ СКРЫТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ СЕВЕРНОГО СКЛОНА АЛДАНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ И ГРАВИМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Е. Н. Махнач, А. В. Мамаева

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Перспективы обнаружения твердых полезных ископаемых в пределах северного склона Якутского поднятия Сибирской платформы остаются до конца невыясненными. Однако в свете новых данных и переоценки старых материалов этот район представляет интерес на обнаружение редкоземельного оруденения в апатитах. Выделенная Толонская аномалия, связанная с массивом щелочных пород, может рассматриваться как перспективный для промышленного освоения объект в рамках реализации проекта «Комплексное развитие Южной Якутии».

Ключевые слова: Толонский массив, гравитационное и магнитное поля, геоэлектрический разрез, зоны повышенной проводимости, рудоносная структура.

THE FORECAST OF HIDDEN ORE MINERALIZATION WITHIN THE NORTHERN SLOPE OF THE ALDAN ANTECLISE ACCORDING TO THE DATA OF ELECTRIC EXPLORATION AND GRAVIMAGNETIC FIELDS

E. N. Makhnach, A. V. Mamaeva

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

Prospects for the discovery of solid minerals within the northern slope of the Yakut uplift of the Siberian Platform remain unclear to the end. However, in the light of new data and reassessment of old materials, this district is of interest for the identification of rare-earth mineralization in apatites. The isolated Tolon anomaly associated with a massif of alkaline rocks can be considered as a prospective target for commercial development within the framework of “Integrated Development of South Yakutia” project.

Keywords: Tolon massif, gravity and magnetic fields, geoelectric sections, zones of increased conductivity, ore-bearing structure.

DOI 10.20403/2078-0575-2022-3-39-44

Якутское поднятие – крупная положительная структура, представляющая собой выступ фундамента, перекрытый юрскими и, предположительно, кембрийскими отложениями. В 2019–2020 гг. в пределах северного склона поднятия на Нижнеалданской площади выполнены комплексные геофизические (сейсморазведка МОГТ-2D и электроразведка ЗСБ и МТЗ) и геохимические исследования с целью выяснения перспектив нефтегазоносности (рис. 1).

При проведении полевых работ ЗСБ в качестве регистрирующей аппаратуры использовались станции «ЦИКЛ-8» и «SGS-TEM». Шаг между пунктами наблюдений по профилю составлял 500 м, между центрами генераторных петель – 2,5 км. В качестве источника электромагнитного поля применялась незаземленная петля (диполь) размером 600×600 м.

Полевые измерения в точках МТЗ выполнены канадской аппаратурой фирмы «Phoenix Geophysics Ltd». Использовались измерительные модули MTU-V5 System 2000, позволяющие регистрировать пять компонент (E_x , E_y , H_x , H_y , H_z) магнитотеллурического поля и двухканальные модули MTU-2E, регистрирующие только электрические компоненты МТ-поля (E_x , E_y). Шаг наблюдений по профилю 1000 м. Длительность записи более 18 ч. Частотный диапазон измерений при регистрации МТЗ 200–0,001 Гц.

Обработка и интерпретация данных ЗСБ и МТЗ осуществлялась по стандартному графу в программном комплексе «EM-Data Processor» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018664058); построение сплайнов – в программе «MT-Corrector-5». Инверсия велась в одномерном варианте. В результате были получены геоэлектрические разрезы, характеризующие распределение электропроводности по латерали и глубине. По данным ЗСБ выполнялась дифференциация ВЧР, а по материалам МТЗ изучалось глубинное строение разреза.

При интерпретации результатов электроразведочных работ и анализе потенциальных полей попутно с решением основных нефтегазопоисковых задач была выделена Толонская комплексная аномалия и спрогнозирована ее связь с массивом нефелиновых сиенитов с редкоземельным оруденением (предположительно, ниобиевым).

Первыми предположение о том, что Толонская аномалия обусловлена массивом щелочных пород, высказали в 1981–1982 г. Ю. М. Зюзин и С. С. Окман, проводившие гравиметрическую съемку на Амгинской площади. Этому же мнению придерживались И. Н. Истомин, Л. И. Жукова и др. (1993) после аналогичных работ на Чурапчинской площади, про-

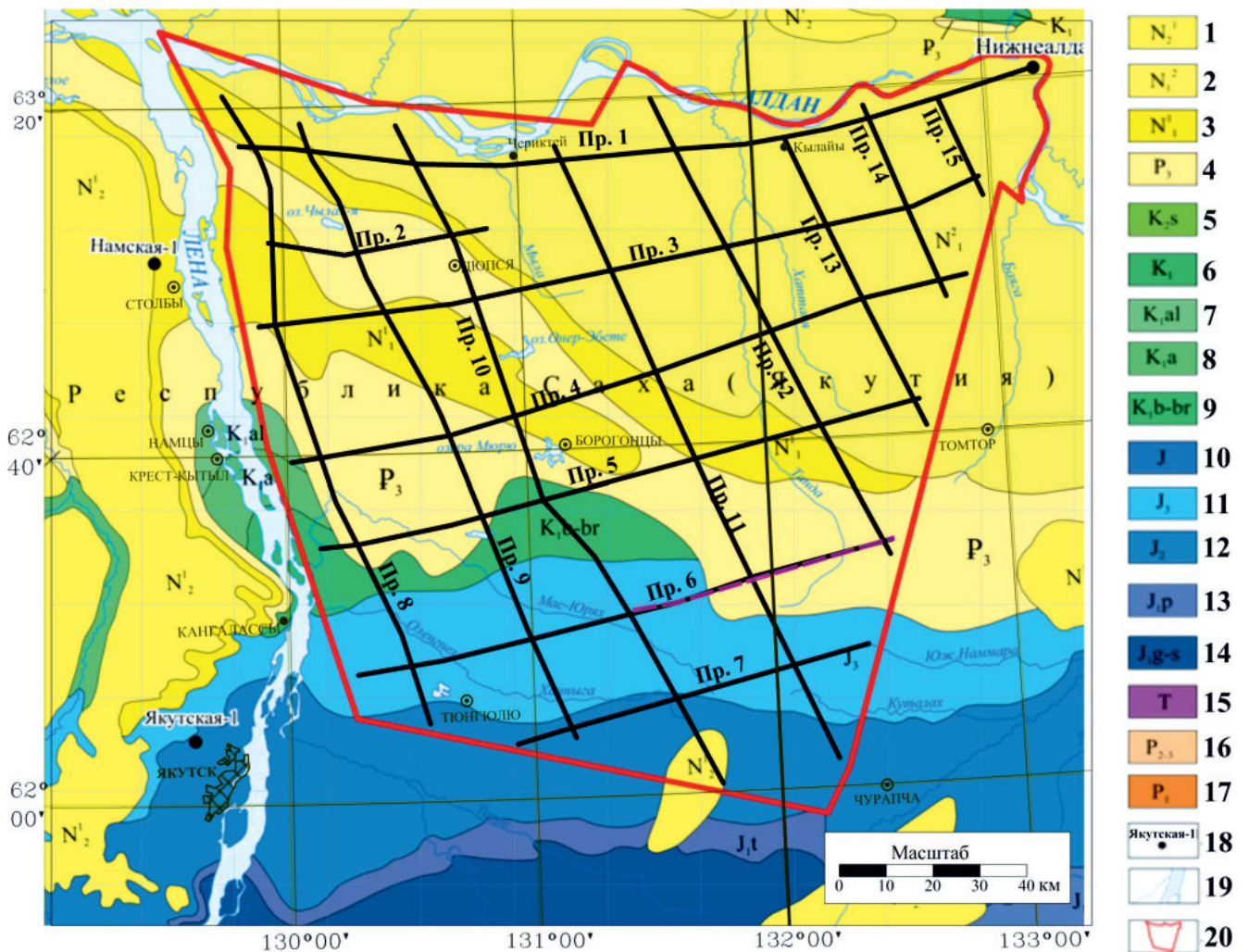


Рис. 1. Схема профилей на геологической карте (розовым цветом показан профиль моделирования потенциальных полей)

1 – плиоцен нижний; 2 – миоцен средний; 3 – миоцен нижний; 4 – олигоцен; 5 – меловая система, сеномарский ярус; мел: 6 – нижний отдел, 7 – альбский ярус, 8 – аптский ярус, 9 – берриасский и барремский ярусы; 10 – юра; юра: 11 – верхний отдел, 12 – средний отдел, 13 – плинсбахский ярус, 14 – геттангский и синемюрский ярусы; 15 – триас; пермь: 16 – средний – верхний отделы, 17 – нижний отдел; 18 – скважины; 19 – гидросети; 20 – площадь работ

вода аналогию с Хибинским массивом апатитовых руд. Глубина до верхней кромки массива оценивалась в 4,5 км.

В настоящее время по материалам электро- и сейсморазведочных работ глубина верхней кромки определяется на уровне 450–680 м, что повышает значимость выделяемого геологического объекта.

Толонский массив расположен к востоку от Якутска, в 20 км на север от пос. Чурапча. В рельефе он выражен поднятием округлой формы около 30 км в поперечнике. Интрузивный массив перекрыт мезозойскими и четвертичными отложениями. По данным аэромагнитной съемки массив представляет собой почти изометричное тело размером 30×35 км, пространственно совпадающее с его отображением в рельефе (рис. 2). В магнитном поле над массивом прослеживается концентрическая зональность, позволяющая выделить четыре субкольцевые зоны. Внешняя зона охватывает весь массив с интенсивностью магнитного поля 0–500 нТл. Внутри его располагается вторая зона, имеющая вид эл-

липса с осями длиной 15 и 25 км и интенсивностью магнитного поля 550–750 нТл. В центральной части оконтуриваются две кольцевые зоны размером 0,75×1,0 и 1,0×1,1 км, в пределах которых, в свою очередь, высокоамплитудные аномалии (750 нТл и более) отвечают небольшим телам, сгруппированным в кольцевую зону более мелкого порядка. Форма аномалий, интенсивность, отсутствие глубоких минимумов, окаймляющих их, свидетельствуют о морфологии образующих аномалии объектов, которые имеют вид вертикальных пластов, уходящих на большую глубину. Зонально-кольцевое отображение массива в аномалиях магнитного поля, вероятно, связано с несколькими фазами внедрения магмы и последующим неоднократным метасоматическим преобразованием пород.

В поле силы тяжести массив выражен в виде отрицательной аномалии интенсивностью до –22 мГал, имеющей в плане форму овала, сплюснутого в северной части. Размер аномалии 30×45 км. Более детальные особенности строения анома-

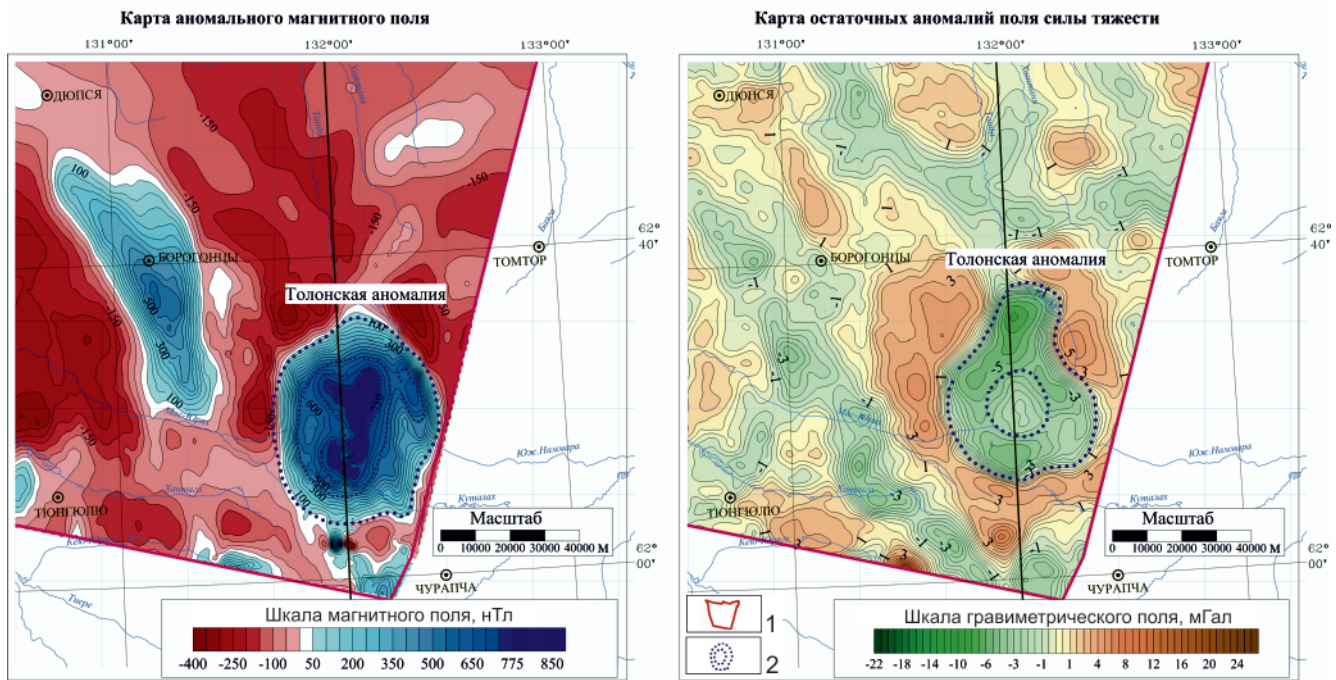


Рис. 2. Отображение Толонского массива в потенциальных полях

1 – площадь работ; 2 – концентрическая зональность в пределах Толонской аномалии по данным магнито- и гравиметрической разведки

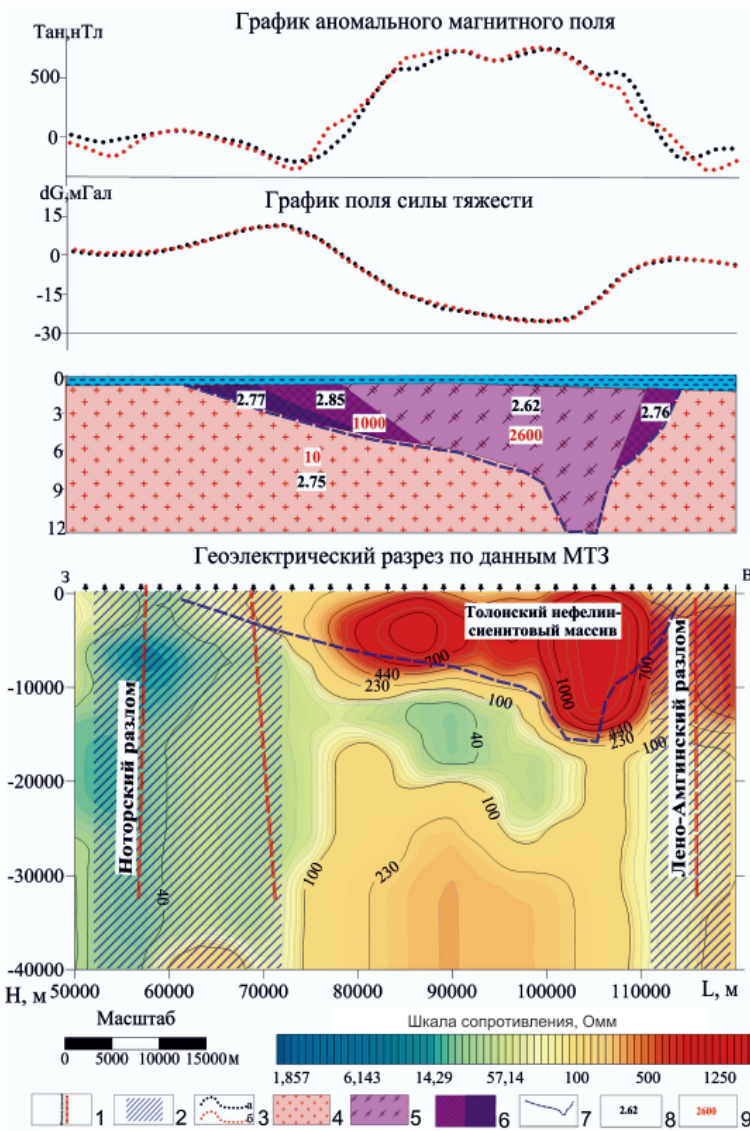


Рис. 3. Геолого-геофизический разрез через Толонский массив (фрагмент профиля б)

1 – региональные разломы; 2 – зоны влияния разломов; 3 – графики: а – исходные, б – подобранные; 4 – породы фундамента, представленные гранитоидами; 5 – щелочные нефелиновые сиениты; 6 – меланократовые апатит-нефелиновые сиениты разной степени проработки; 7 – контур массива; 8 – плотность, г/см³; 9 – намагниченность, $n \cdot 10^{-6}$ ед. СГС

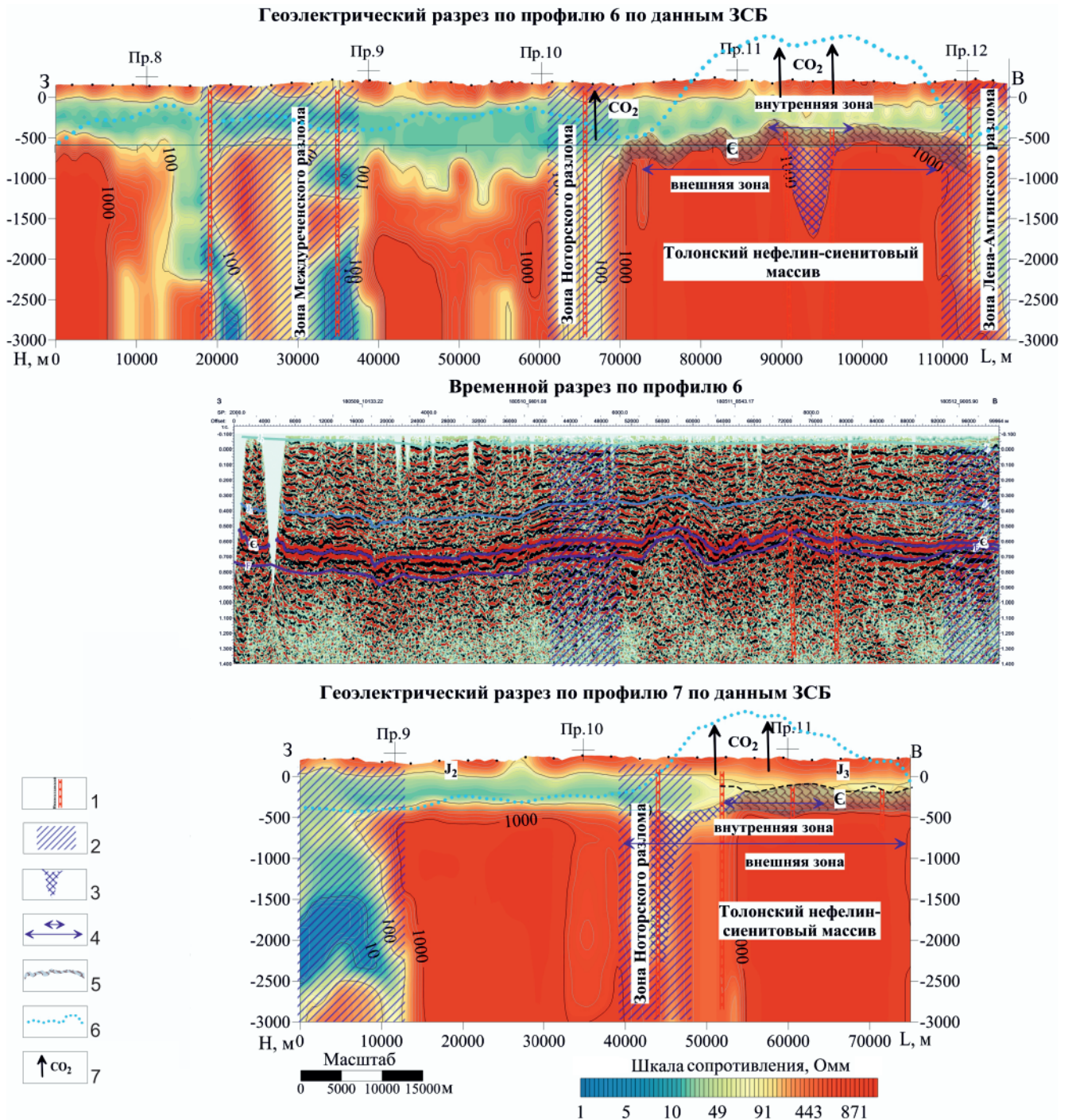


Рис. 4. Геоэлектрические разрезы через Толонский массив

1 – региональные разломы; 2 – зоны влияния разломов; 3 – зоны проработки пород фундамента в зонах разломов по данным электроразведки; 4 – внешняя и внутренняя кольцевые зоны по данным магниторазведки; 5 – прогнозируемая кора выветривания в карбонатах кембрия; 6 – график аномального магнитного поля; 7 – миграция CO₂

лии подчеркиваются в остаточных аномалиях поля (см. рис. 2). По гравитационному полю в строении массива прослеживается концентрическая зональность, заключающаяся в наличии внешнего контура и внутренней кольцевой зоны, где интенсивность поля несколько повышается относительно внешней зоны. Возможно, в остаточных аномалиях в большей степени отображается кровля массива, имеющего чашеобразную форму, что хорошо видно на упрощенном геолого-геофизическом разрезе по фрагменту профиля 6 (рис. 3).

Конфигурация массива по данным МТЗ и потенциальных полей имеет чашеобразный или лополитоподобный вид и зонально-концентрическое строение, центральная часть его, предположительно, сложена щелочными (нефелиновыми) сиенитами, периферийные части – меланократовыми нефелиновыми, апатит-нефелиновыми сиенитами. Учитывая, что реальные петрофизические параметры геологического объекта неизвестны, настоящий разрез следует считать одним из возможных его вариантов.

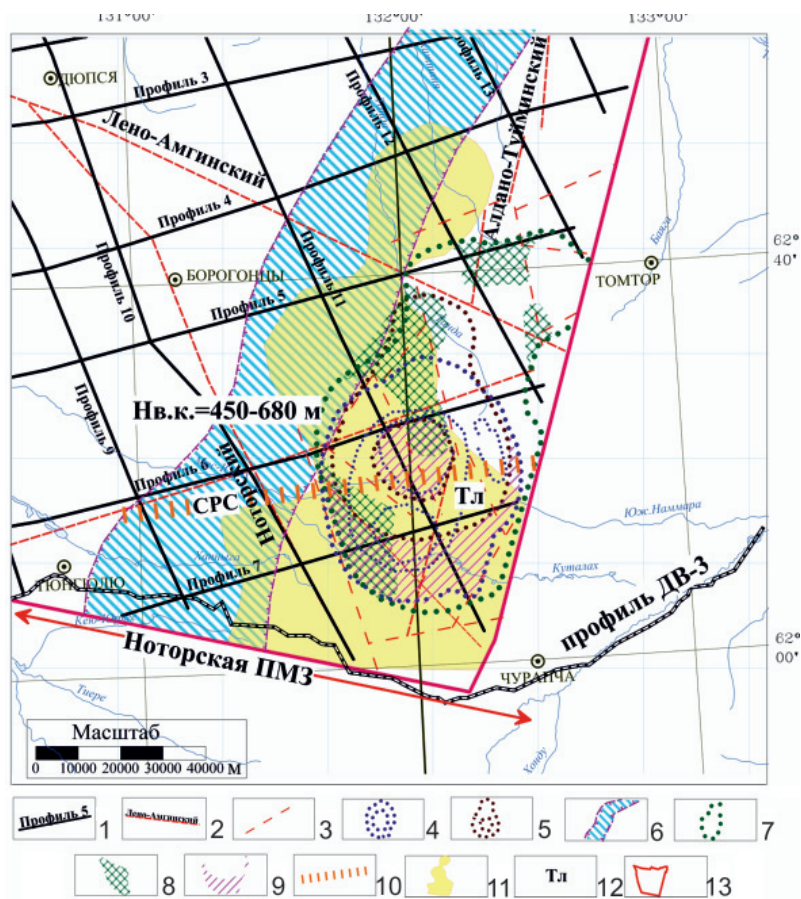


Рис. 5. Прогнозная схема оруденения Толонского массива

1 – профили электроразведочных работ ЗСБ и МТЗ, их номера; 2 – региональные разломы; 3 – разрывы фундамента, секущие осадочный чехол; концентрическая зональность по данным: 4 – магниторазведки, 5 – гравиразведки; 6 – зона повышенной проницаемости земной коры по данным МТЗ; 7 – контур массива по данным электроразведки ЗСБ; 8 – зоны проработки пород фундамента в зонах разломов по данным электроразведки; 9 – зона обогащения редкоземельными элементами; 10 – сквозная рудоконцентрирующая структура; 11 – аномальные концентрации CO₂; 12 – Толонский массив; 13 – площадь работ

Присутствие на глубинах 10–30 км крупного очага повышенной проводимости и связывающих этот очаг с поверхностью проводящих каналов (по данным МТЗ) можно рассматривать как один из признаков наличия рудоносной структуры. На геоэлектрическом разрезе массив контролируется двумя восходящими зонами повышенной проводимости, образующими V-образную фигуру (см. рис. 3).

По данным ЗСБ массив в плане оконтуривается высокоомной аномалией размером (35–40)×65 км, вытянутой в северо-восточном направлении. Превышение размеров по данным электроразведки, возможно, обусловлено наличием апофиз от основного тела и большей глубиной их залегания. В разрезе он представлен высокоомным объектом с изрезанной верхней кромкой и неоднородным внутренним строением, что наблюдается и на сейсмическом разрезе. Объект рассечен зонами пониженного сопротивления, где интенсивность аномалий электрического поля понижается до 300–500 Ом·м на фоне 1500–1700 Ом·м. Проводящие зоны имеют заложение до глубины 1500 м, что хорошо видно на геоэлектрическом разрезе вдоль профиля 6 (рис. 4). С ними пространственно совмещены разломы, выделенные по данным сейсморазведки.

Перспективность выделенного объекта подтверждается материалами предшествующих работ.

По результатам интерпретации геолого-геофизических данных на профиле 3-ДВ (А. С. Сальников, В. С. Старосельцев, П. Н. Соболев, 2013) в пределах южной части площади работ выделена Ноторская

потенциально перспективная минерагеническая зона, вмещающая Толонский массив (рис. 5).

По данным И. Н. Истомина, В. М. Мишнина, массив располагается в пределах СРС (сквозной рудоконцентрирующей структуры) с концентрированным оруденением [1–3].

При геохимических исследованиях на Нижнеалданской площади П. Н. Соболев отмечал, что для ее юго-восточной части (район Толонского массива и севернее от него вдоль зоны Алдано-Туйминского разлома) характерны очень высокие содержания углекислого газа (см. рис. 5). Повышение концентрации газа в приповерхностной части разреза зависит от ряда факторов, одним из которых являются контактово-метасоматические реакции при внедрении интрузий в зонах региональных разломов и их воздействие на кембрийские карбонатные отложения. Методом полуколичественного спектрального анализа геохимических проб установлено, что в районе массива повышенных концентрациях присутствуют элементы литофильной группы (барий, стронций, хром, цирконий).

Выводы

Проведенные исследования дают основание полагать, что Толонский массив заслуживает дальнейшего геологического изучения с целью поисков месторождений цветных и редких металлов, апатитов и высокоглиноземистого сырья. Месторождения этих высоколиквидных полезных ископаемых могут представлять интерес, поскольку вмещающий их ин-



трузивный массив расположен вблизи населенных пунктов и федеральной трассы «Якутск – Магадан» и характеризуется значительными размерами, что позволяет прогнозировать масштабность оруденения. В связи с этим необходимо детальное изучение Толонского массива для уточнения его размеров, глубины и конфигурации верхней кромки, определения рудной специализации.

Для изучения рекомендуется комплекс геофизических методов: высокоточная магниторазведка, гравиразведка, малоглубинная электроразведка методом ЗСБ м-ба 1:10 000, геохимические исследования и бурение скважин до глубины 500–700 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Истомин И. Н.** Прогноз рудоносных интрузий в чехле и фундаменте восточной части Сибирской платформы (по геолого-геофизическим данным): автореф. дис. ... к. г.-м. н. – Якутск, 2005. – 26 с.

2. **Истомин И. Н., Мишнин В. М.** Перспективы поисков месторождений ниобия и редких земель в Центральной Якутии // Вестн. Госкомгеологии: материалы по геологии и полезным ископаемым Республики Саха (Якутия). – Якутск, 2003. – № 2 (5). – С. 64–76.

3. **Мишнин В. М., Истомин И. Н.** Новые промышленные типы высококонцентрированного оруденения в глубинных структурах Якутии (методика геолого-геофизического изучения и прогнозной

оценки) // Состояние и перспективы развития минерально-сырьевого комплекса Республики Саха (Якутия) в современных условиях: матер. конф. – Якутск, 2003. – С.89–92.

REFERENCES

1. Istomin I.N. *Prognoz rudonosnykh intruziy v chekhle i fundamente vostochnoy chasti Sibirskoy platformy (po geologo-geofizicheskim dannym). Avtoref. kand. diss.* [Prediction of ore-bearing intrusions in the cover and basement of the eastern part of the Siberian Platform (according to geological and geophysical data). Author's abstract of PhD thesis]. Yakutsk, 2005. 26 p. (In Russ.).

2. Istomin I.N., Mishnin V.M. [Prospects for the prospecting of niobium and rare earths deposits in Central Yakutia]. *Vestnik Goskomgeologii: Materialy po geologii i poleznym iskopaemym Respubliki Sakha (Yakutiya)*. Yakutsk, 2003, no.2 (5), pp. 64–76. (In Russ.).

3. Mishnin V.M., Istomin I.N. [New commercial types of highly concentrated mineralization in deep structures of Yakutia (methodology of geological and geophysical study and predictive assessment)]. *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya mineralno-syryevogo kompleksa Respubliki Sakha (Yakutiya) v sovremennykh usloviyakh: materialy konferentsii* [Current State and Perspectives of the development of raw mineral complex in the Sakha Republic (Yakutia): Conference proceedings]. Yakutsk, 2003, pp. 89–92. (In Russ.).

© Е. Н. Махнач, А. В. Мамаева, 2022