

**С.А. Жданов**

(S.A. Jdanov)

Уральская геофизическая экспедиция, Екатеринбург  
(Ural Geophysical Expedition, Ekaterinburg)

**Ю.Б. Пыжьянов**

(U.B. Pyzhyanov)

УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

**РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ ПО ОБОБЩЕНИЮ  
ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ  
В ДЕГТЯРСКО-ПОЛЕВСКОМ РАЙОНЕ  
(RESULTS RESULTS TO COMPILE GEOLOGICAL  
AND GEOPHYSICAL DATA IN DEGTYARSK-POLEVSKOY  
DISTRICT)**

В 80-х годах XX столетия в Дегтярско-Полевском районе перед геологами и геофизиками стояла задача определения дальнейшей перспективы этого бывшего когда-то крупнейшего меднорудного района. Решение этого вопроса было вызвано необходимостью обобщения и переинтерпретации геологических и геофизических материалов ранее проведенных полевых работ. В частности, была сделана работа по обобщению и переинтерпретации материалов ГИС по Дегтярско-Полевскому району с использованием материалов как УГЭ Мингео СССР, так и УКГЭ Минцветмет СССР.

При выполнении работы по обобщению материалов ГИС (комплекс методов: КС, ГК, МСК, МЭП, ПС, токовый каротаж и БКЗ) составлены карты изученности масштаба 1:10000 по каждому участку и каталог исследованных скважин, который включает перечень геофизических методов по 667 скважинам, пробуренным на 19 условно выделенных участках работ, находящихся на территории Ревдинского и Полевского районов Свердловской области (рис. 1). Всего в районе пробурено около 1400 скважин глубже 100 м, 400 из них – «докаротажного» периода.

В Дегтярско-Полевском районе в конце XX в. эксплуатировалось 3 месторождения меди: Дегтярское, Зюзельское и Гумешевское. В геологическом строении рудное тело Дегтярского месторождения представляет вытянутую в субмеридиональном направлении линзу длиной в несколько километров, вмещающими породами которой являются сланцы кварц-серицит-хлоритового состава, приурочено к зоне Серовско-Маукского глубинного разлома. Зюзельское месторождение меди состоит из серии локальных рудных тел, залегающих среди сланцев кварц-серицит-хлоритового состава. Гумешевское месторождение меди приурочено к

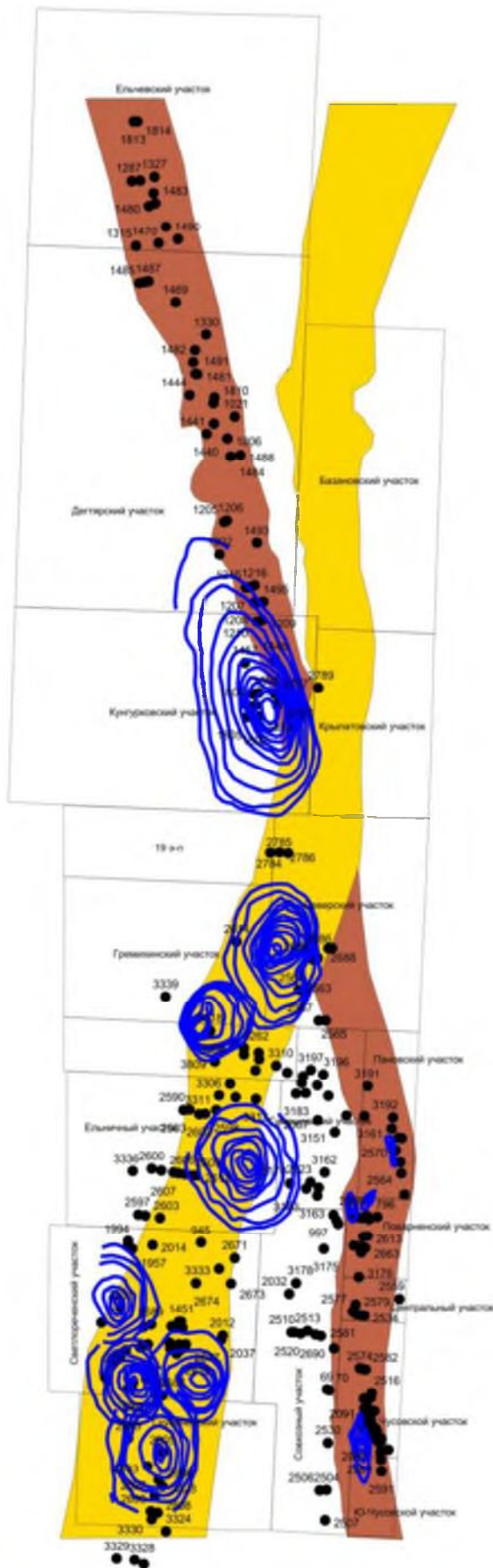


Рис. 1. Схема интерпретации геофизических материалов в Дегтярско-Полевском районе

скарновой зоне по контакту цевых диоритов и мраморов. Разведано Чусовское месторождение и выявлен ряд рудопроявлений.

В геологическом строении Дегтярского, Зюзельского и Гумешевского месторождений наблюдаются существенные различия. Общим является вытянутость рудных зон в субмеридиональном направлении, приуроченность к зонам развития окварцевания, тектоническим разломам и нарушениям. На картах физических локальных аномалий  $\Delta g$ ,  $\Delta Z$  и  $\rho_k$  зона, к которой приурочены Дегтярское, Чусовское месторождения и ряд рудопроявлений: Поварненское, Пановское, Центральное, Южно-Чусовское, Станционное, отмечается вытянутостью изолиний в субмеридиональном направлении – зонами минимума по  $\Delta g$ , хорошо проводящими по  $\rho_k$ , и цепочками аномалий  $\Delta Z$  от 200-200  $\gamma$ , к которым приурочены тела ультрабазитов. Рудные зоны отмечаются пониженными значениями  $\Delta Z$ .

В юго-западном направлении прослеживается другая зона, в которой находится Зюзельское месторождение и рудопроявления: 12 э.п., Кунгурковское, Ельничное, Светлореченское, Глубоченское, где нет гипербазитов. В физических полях зона выделяется пониженными значениям по  $\Delta g$ , цепочками положительных аномалий по  $\Delta Z$ , локальными хорошо проводящими зонами по  $\rho_k$ .

При анализе материалов ГИС была использована попытка выделить в геолого-геофизических разрезах реперы и уже к ним привязывать геологию отдельных участков, выявить общие закономерности. Для этой цели были использованы серпентиниты, мраморы, углистые сланцы, которые комплексом ГИС уверенно выделяются при описании керна. Но оказалось, что серпентиниты отличаются между собой по физическим свойствам, кажущееся сопротивление варьирует от десятков Ом.м до нескольких тысяч Ом.м,  $\gamma$ -активность не для всех серпентинитов является пониженной, по магнитному каротажу могут как повышенные значения  $\chi$  (магнитная восприимчивость), так и ничем не отличаться от мраморов, известняков в разрезе (рис. 2).

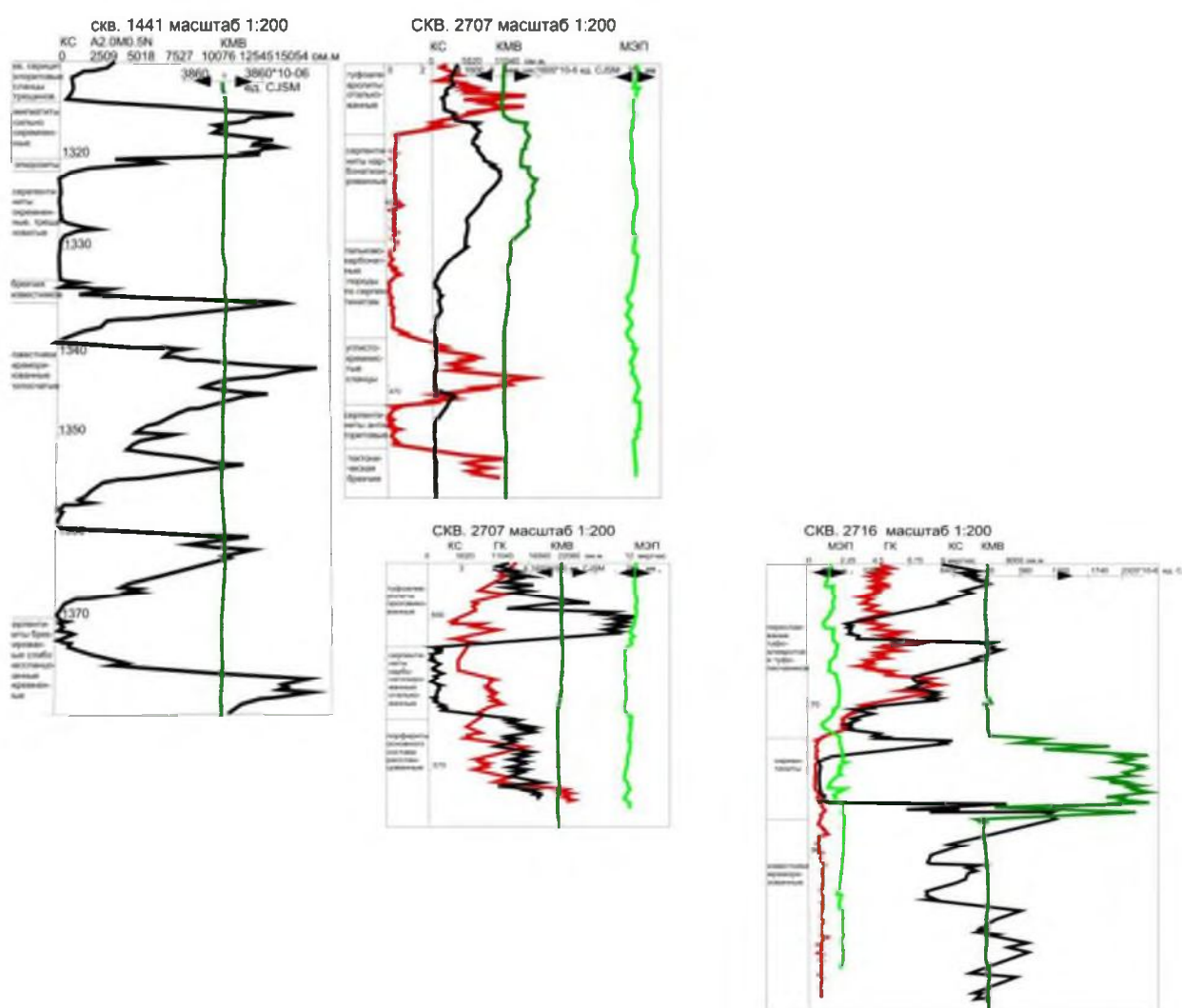


Рис. 2. Материалы ГИС, иллюстрирующие особенности серапентинитов по физическим свойствам

Также выявились такие факты, что, например, кривые приведенного потенциала МЗПКВ в скважинах, начиная от Дегтярского месторождения и по всей полосе субмеридионального простирания до Кладовского участка, имеют характерных вид кривых, на них наблюдается вынос тока на устье скважины для разных заземлений (от 50 до 350 м). Такой тип кривых присущ, как лежащему боку Дегтярского месторождения, так и висящему для Поварненского, Чусовского участков (рис. 3). Для этих скважин наблюдается общее в геологическом строении, наличие серпентинитов, углистых сланцев, кварц-серицитовых сланцев. Эти факты, наблюдаемые по отдельным участкам, позволили объединить группы участков и выделить общие черты и закономерности. Для группы участков Ельчевский, Дегтярский, Крылатовский, Поварненский, Пановский, Чусовской, Южно-Чусовской, Центральный – это наличие в лежащем и висящем боку серпентинитов, мраморов, среди которых развиты зоны ороговикования, тектонических брекчий, углистых сланцев. На северо-востоке зона этих участков, протянувшихся в субмеридиональном направлении, граничит с Верх-Исетским гранитным массивом, на северо-западе – с Ревдинским габбровым массивом, горные породы резко отличаются между собой по физическим свойствам, в частности по плотности: граниты –  $2.65-2.70 \text{ г/см}^3$ , габбро –  $2.95-3.05 \text{ г/см}^3$ .

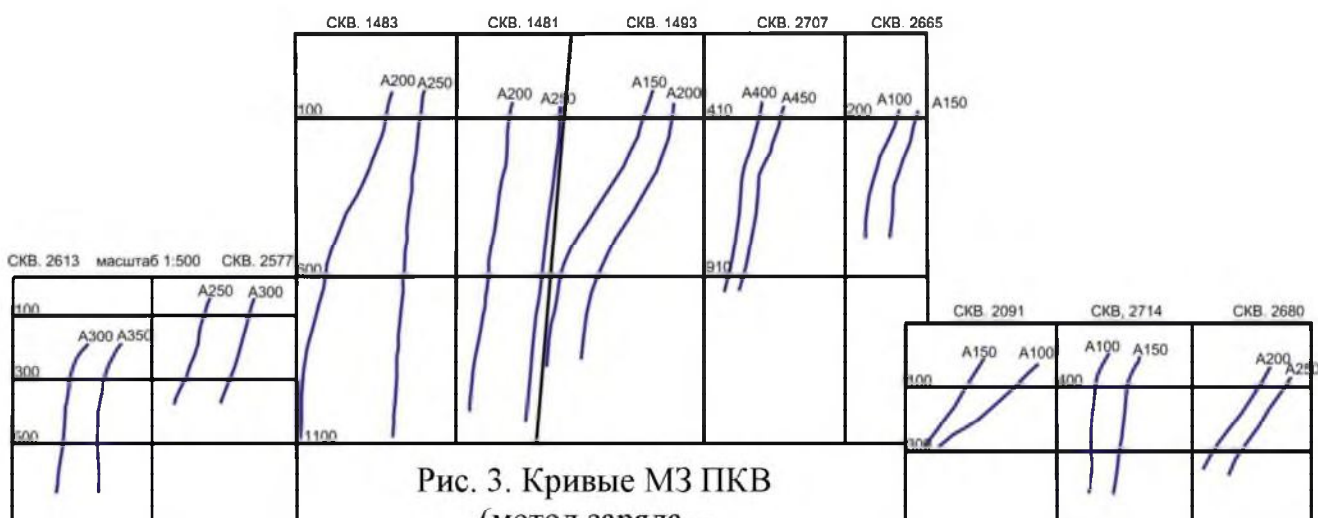


Рис. 3. Кривые МЗПКВ  
(метод заряда –  
поисково-картировочный вариант)  
масштаб 1:500

Факт выноса тока на устье скважины можно объяснить наличием линейного проводника, имеющего субмеридиональное простирание и секущее положение относительно основного восточного падения горных пород (см. рис. 3). В описании керна этих скважин характерно наличие тектонических зон в серпентинитах, мраморах, известняках, зон ороговикования. То есть в электрическом поле уверенно выделяется тектоническая зона.

При составлении сводного плана электрических зарядов оказалось, что изолинии для Дегтярско-Чусовской зоны имеют форму эллипсов, вытянутых в субмеридиональном направлении, тогда как для Зюзельской зоны ничего такого не наблюдается, хотя в разрезе находятся сланцы одного состава. Форма изолиний зарядов имеет изометричную форму (рис. 4).

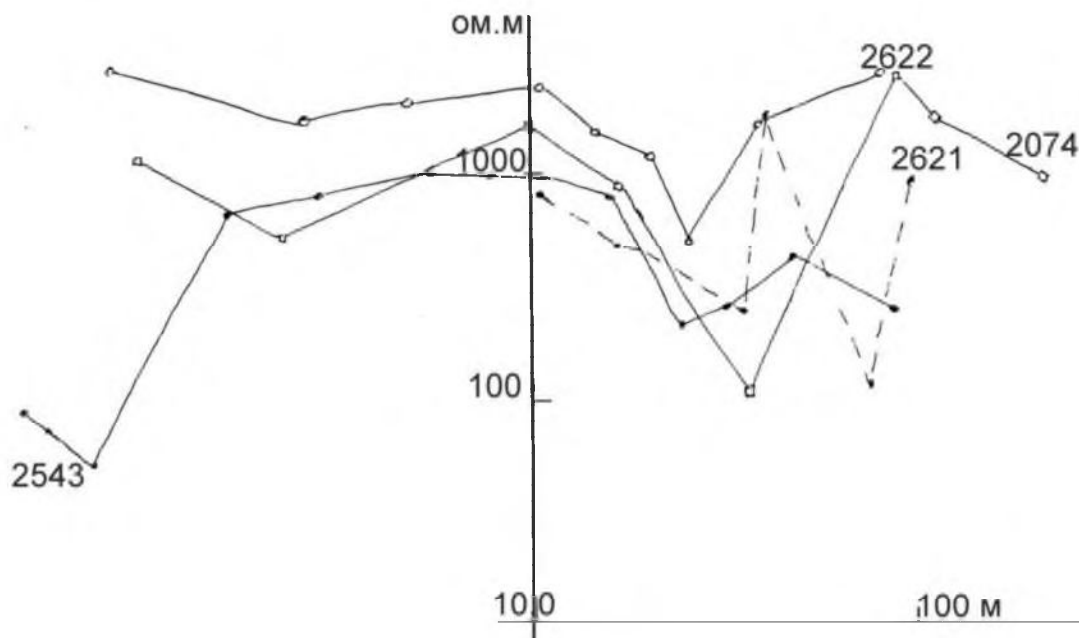


Рис. 4. Графики изменения сопротивления при приближении к рудному телу для скважин, которые пересекли рудное тело

При сопоставлении всех этих зон построений с материалами наземной геофизики убедительно прослеживаются общие черты, присущие Дегтярско-Чусовской зоне и другой Зюзельской зоне, для которой характерно наличие серий локальных аномалий. Характерным для выделения этих двух зон является заряд по скв. 2727 на Кунгурковском участке, общая вытянутость изолиний в субмеридиональном направлении и характерная оттяжка изолиний на юго-запад, что соответствует направлению Зюзельской зоны (см. рис. 4).

По имеющимся скважинам Дегтярско-Полевского района была сделана выборка определения для гидротермально изменённых пород для участков: Дегтярский, Ельчевский, Пановский, Кунгурковский, Ельничный, Северский, Светлореченский, Поварненский, Чусовской. Осреднение кривой КС проводилось по площади, снимались значения  $\rho_k^{\min}$  и  $\rho_k^{\max}$  и мощности гидротермально изменённых пород. Был произведён подсчёт по участкам с учётом данных МЭП, т.е. гидротермально изменённые породы условно были разбиты на две группы: первая группа – аномалии больше

или равны 10 mV, вторая группа – меньше 10 mV. По результатам этой работы составлена таблица.

Название участка	1 группа (в Ом.м)	2 группа (в Ом.м)
Ельчевский	2700	3300
Дегтярский	2400	5800
Кунгурковский	10000	14300
Ельничный	1200	5000
Северский		6000
Светлореченский	2000	10000
Поварненский	1500	10000
Чусовской	3000	6000
Пановский	3000	5000

Что сразу бросается в глаза, глядя на таблицу, так это высокие сопротивления для Кунгурковского участка по сравнению с другими, что для второй группы для участков Поварненского, Светлореченского они такие же, как для первой группы Кунгурковского участка. Это позволило высказать мысль, что гидротермально изменённые горные породы, имеющие интересующую нас сульфидную минерализацию, изменяются от единиц Ом.м для рудного тела до 1000 Ом.м – границы, за которой маловероятно оруденение.

В дальнейшем при обработке метода КС на Чусовском месторождении по рудным скважинам была установлена закономерность уменьшения сопротивления при приближении к рудному телу. Её можно описать формулой  $\rho = \rho_0 e^{-k \frac{R}{R_0}}$  – уравнение прямой на полулогарифмических бланках. Сопротивление  $\rho$  откладывается по оси X в логарифмическом масштабе, а  $R(m)$  – расстояние до рудного тела в линейном масштабе.  $\rho_0$  в данной формуле – верхняя граница изменения гидротермально изменённых пород (см. рис. 4).

Для Чусовского месторождения  $\rho_0 = 3000$  Ом.м, для второй группы пород  $R_0 \approx 140$  м – расстояние, с которого наиболее заметно изменение сопротивления горных пород. Это точка перегиба на графиках.

При обобщении рассматриваемых материалов высказаны соображения по вопросу возникновения серпентинитов (см. рис. 2, где показаны материалы ГИС, по которым видно, что серпентиниты, пересеченные скважинами, имеют разные физические свойства), по некоторым процессам рудообразования.

Образование минералов пирита, халькопирита (или, точнее, солей сероводородной кислоты  $FeS_2$ ,  $CuS$ ) проходило из окислов этих металлов при наличии восстановительной среды. Последнее обеспечивалось наличием окиси углерода CO, которая может возникать при воздействии высо-

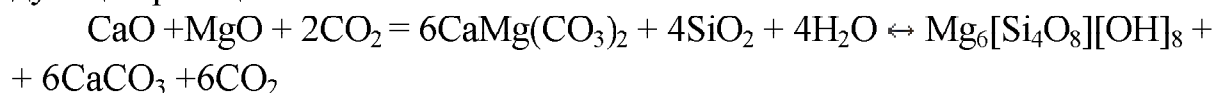
кой температуры на известняк,  $2CaCO_3 \rightleftharpoons 2CaO + 2CO + O_2$ , эта реакция равновесная и управляет процессом реакции: давление и температура, или при наличии окиси кремния SiO:  $CaCO_3 + SiO \rightleftharpoons 2CaO + 2C + SiO_2$ .

При поступлении окисей CuO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> могут происходить следующие реакции  $CuO + CO = Cu + CO_2$  и  $Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$ , а при поступлении с больших глубин H<sub>2</sub>S при условии наличия катализатора Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> следующая реакция:

$SO_2 + 2H_2S = 2H_2 + 3S$  и  $SO_2 + 2CO = 2CO_2 + S$ , эта реакция происходит при температуре около 500 °С. Далее  $Cu + Fe + 2S = CuFeS_2$  и  $Fe + 2S = FeS_2$ .

Образовавшиеся соединения являются трудно растворимыми не только при нормальных условиях, но и при высоких температурах и давлениях и выпадают в осадок, цементируясь окисью кремния SiO<sub>2</sub>, которая образуется по приведенной выше реакции. В случае недостатка окиси углерода и сероводорода происходит следующая реакция  $CuO + SiO = Cu + SiO_2$  (самородная медь).

Образование серпентина в этих случаях происходит в результате следующей реакции



Последняя реакция тоже является равновесной, и процессом равновесия управляет давление и температура. В заключение следует отметить, что приведенные выше реакции достаточно известны и вряд ли стоило на них подробно останавливаться, если бы не регулирующая роль при их течении давления и температуры.

Рассмотрение совместного влияния этих факторов приводит к существенным практическим выводам. В отдельности каждый из факторов влияет следующим образом. По принципу М-Шателье увеличение температуры сдвигает равновесие в сторону эндотермической реакции, а давление сдвигает равновесие в сторону меньшего числа молей. Или, другими словами, на лицо два противоречащих друг другу фактора, если высокая температура способствует процессу рудообразования, то высокое давление ему препятствует. Таким образом, на больших глубинах влияние фактора давления превосходит влияние температуры, и процессы рудообразования происходить не могут.

В зонах, где имеются глубинные разломы, трещины, по мере движения с глубоких горизонтов к поверхности давление падает значительно быстрее, чем температура с определенной глубины, и влияние температуры начинает преобладать над давлением, и начинается процесс рудообразования. Более проницаемые перекрывающие сверху породы способствуют процессам рудообразования на более глубоких горизонтах, чем при плохо

проницаемых породах, но как в том, так и другом случаях существует предельная глубина рудообразования.

### **Заключение**

Результаты обобщения геолого-геофизических материалов по Дегтярско-Полевской площади позволяют судить о разной геологической ситуации для месторождений Зюзельское, Дегтярское, Чусовское, что подтверждается материалами геофизических работ.

Изучение природы горных пород, особенно серпентинитов, образованных по карбонатным породам, позволяет судить о возможно более глубоких горизонтах рудообразования для Дегтярско-Чусовской полосы (300-500 м) относительно Зюзельской (до 300 м), может привести и к дальнейшему изучению геологической природы Среднего Урала, и к новым открытиям рудных проявлений медного колчедана.

Установленная закономерность уменьшения сопротивления при приближении к рудному телу позволяет установить границы гидротермально измененных пород, в которых возможно обнаружение рудного тела.



УДК 504.003.12:630\*23](477.83)

**Л.Д. Загвойская, Ю.В. Шведюк**  
(L.D. Zahvoyskaya, U.V. Shvediuk)  
НЛТУ Украины, г. Львов  
(UNFU, Lviv)

## **МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ (MULTICRITERIA FOREST DECISION-MAKING: FORESTATION METHODS)**

Human activity has violated three planetary boundaries out of nine ones identified by J. Rockström [1]. As never before, humanity fundamentally depends on forest ecosystems, their structure and services they provide. Therefore forest scientists and decision-makers should be especially careful and sensitive in their recommendations to forest owners concerning activities with long-term impacts. In-