

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**
**APPLICATION OF THE MODERN ELECTRIC EXPLORATORY
TECHNOLOGIES IN PROSPECTING OF MINERAL DEPOSITS**

УДК 550 83/84; 550.814;553.98

С.Г.АЛЕКСЕЕВ, канд. геол.-минерал. наук, заведующий лабораторией, *sga49@mail.ru*
С.А.ВЕШЕВ, канд. хим. наук, заведующий отделом, *sveshev@bk.ru*
Н.А.ВОРОШИЛОВ, канд. геол.-минерал. наук, ведущий научный сотрудник,
voroshilov.nik@yandex.ru
ФГУ НПП «Геологоразведка», Санкт-Петербург

S.G.ALEKSEEV, PhD in geol. & min. sc., head of laboratory, *sga49@mail.ru*
S.A.VESHEV, PhD in chem. sc., head of department, *sveshev@bk.ru*
N.A.VOROSHILOV, PhD in geol. & min. sc., leading research assistant, *voroshilov.nik@yandex.ru*
FGU NPP «Geologorazvedka», Saint Petersburg

**ОПЫТ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ
И ГЕОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПРОГНОЗЕ
И ПОИСКАХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

В связи со сложностью прогноза и поисков глубокозалегающих месторождений полезных ископаемых, особенно на закрытых слабоизученных территориях, возникают новые требования к используемым технологиям. Они должны быть комплексными, ориентированными на структурно-тектоническую и вещественную характеристику искомым объектов, и иметь значительную глубину опоискования. Предложен комплекс, включающий методы грави- и магниторазведки, геоэлектрохимии и атмосферной, в наиболее трудных случаях он может дополняться сейсморазведкой и электроразведочными методами. Описан опыт применения комплексной технологии и приведен пример ее эффективного использования.

Ключевые слова: месторождение полезных ископаемых, поиски, комплексирование методов, геоэлектрохимические методы.

**EXPERIENCE OF THE COMPLEX APPLICATION
OF GEOPHYSICAL AND GEOELECTROCHEMICAL METHODS
FOR THE PREDICTION AND PROSPECTING
OF MINERAL DEPOSITS**

Due to the complexity of prospecting and exploration of deep seated mineral deposits, there are new requirements for the methods used. Methods should be focused on the structural and tectonic characteristics of target objects. A set of methods, including gravity, magnetic, geoelectrochemistry is introduced. This article describes applying of this complex technology and an example of using it effectively is given.

Key words: mineral deposit, prospecting, complexity of methods, geoelectrochemical methods.

Воспроизводство запасов минерального сырья напрямую связано с решением проблемы прогноза и поисков месторождений полезных ископаемых на новых слабоизученных территориях (в том числе на закрытых территориях, например в пределах платформ), а также с возможностью обнаружения глубокозалегающих месторождений в экономически освоенных районах. В связи со сложностью поставленных задач возникают новые требования к технологиям прогноза и поисков месторождений полезных ископаемых. Они должны быть комплексными и ориентированными на структурно-тектоническую и вещественную характеристику искомым объектов. Каждый из включенных в комплекс методов должен иметь значительную глубину (так, при поисках залежей углеводородов она должна составлять не менее 2 км). Технологии в целом должны быть универсальными, рассчитанными на прогноз и обнаружение разнообразных типов месторождений в регионах, отличающихся по геологическому строению.

Среди геофизических методов по степени изученности территории и сравнительно низкой стоимости работ выделяются магнито- и гравиразведка. Результаты мелкомасштабных наблюдений этими методами имеются для обширных территорий России, США, Канады, Австралии и других стран. Показано, что при надлежащей интерпретации этих данных можно выявлять поисковые предпосылки разноранговых углеводородных (от провинции, области, района, зоны нефтегазонакопления до крупных месторождений) и глубокозалегающих рудных (от провинции, бассейна, района, узла, поля до месторождений) систем.

Прямыми поисковыми признаками таких систем и объектов являются наложенные ореолы рассеяния элементов-спутников в легкоподвижных формах нахождения и природных газов. Как правило, вещественный состав геологических объектов отражен в связанных с ними наложенных ореолах рассеяния. К числу отечественных геохимических методов прогноза и поисков по наложенным ореолам рассеяния элементов-спутников и природных газов

относятся: метод поисков по металлоорганическим соединениям элементов в почвах (МПФ); термомагнитный геохимический метод (ТМГМ); метод диффузионного извлечения (МДИ) элементов, сорбированных почвой; атмосферический метод поисков месторождений в варианте исследования сорбированных газов. Перечисленные методы позволяют с дневной поверхности по обнаруженным наложенным ореолам рассеяния выявлять глубокозалегающие рудные (до 1 км) и нефтегазовые (до 6 км) месторождения.

При прогнозно-поисковых работах имеется опыт комплексного использования геофизических методов (гравиразведка и магниторазведка), геоэлектрохимических методов (МПФ, ТМГМ, МДИ) и атмосферического метода в варианте исследования сорбированных газов [3]. В наиболее трудных случаях, когда прогноз и поиски месторождений проводятся в сложных геологических условиях, предлагается использовать полный комплекс методов с привлечением электро- и сейсморазведки.

В ряде случаев имеется возможность использовать уже имеющиеся геофизические ретроматериалы, если их качество удовлетворительно. Иногда целесообразно проводить работы в два этапа. В этом случае на первом этапе применяются легкие и относительно дешевые несейсмические методы, а на втором – тяжелые и более дорогие. Поскольку во втором случае работы, как правило, проводятся на уже локализованных перспективных площадях, создается возможность рационально и с высокой эффективностью использовать дорогостоящие методы. В ряде случаев геоэлектрохимические и атмосферические методы могут быть использованы после проведения сейсмических наблюдений с целью разбраковки выявленных сейсмических структур и выделения из них первоочередных для бурения.

К числу главных геологических направлений применения предлагаемого комплекса относятся: глубинное геологическое изучение территорий, прогноз и поиски месторождений твердых полезных ископаемых и углеводородов.

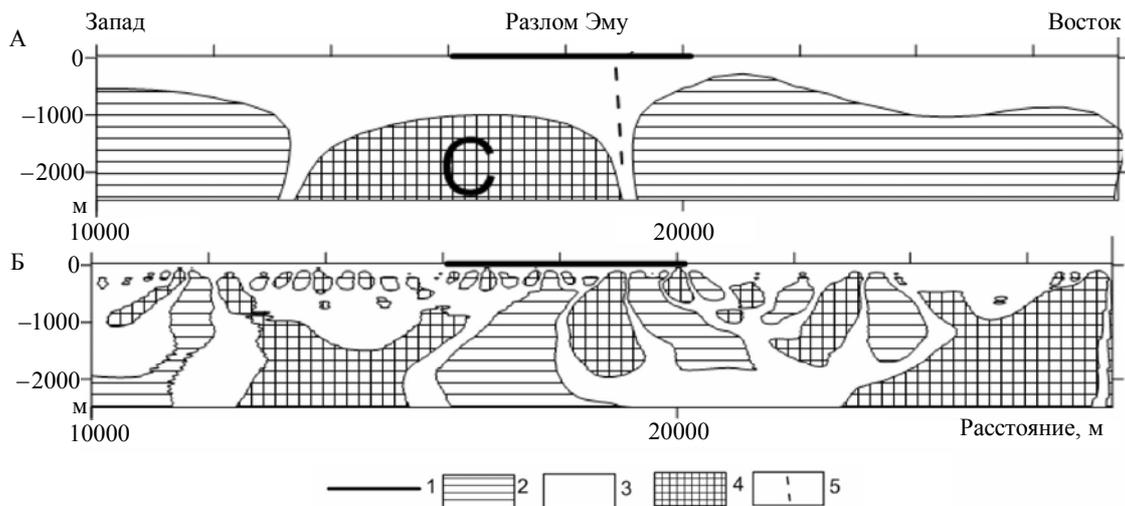


Рис. 1. Распределение значений эффективных плотностей (А) и намагниченности (Б) по разрезу профиля в пределах северного фланга полиметаллического месторождения (район Мак-Артур-Ривер, Северные территории, Австралия)

- 1 – местоположение профиля геоэлектрорхимических исследований, приведенного на рис.2;
 2, 3 и 4 – породы соответственно с пониженными, средними и повышенными значениями эффективной плотности и намагниченности; 5 – местоположение регионального разлома Эму

Примером работ по первому направлению могут служить комплексные геофизические и геохимические исследования по геотраверсам «Гранит» [7], 1ЕВ, 4В. Они включали сейсмические и электроразведочные наблюдения (МТЗ), обработку данных магнито- и гравиразведки, геоэлектрорхимические и атмосферические съемки.

К настоящему времени имеется обширный опыт применения комплексной технологии на различных стадиях геологоразведочных работ: от оценочных и поисковых работ до прогнозирования полезных ископаемых [1-10]. Новые технологии опробованы в различных регионах России, странах СНГ, а также в Канаде, Австралии, Китае, Индии, США при прогнозных и поисковых работах на разные типы полезных ископаемых. Они показали высокую геологическую эффективность при поисках алмазоносных кимберлитов, золота, полиметаллов, хромитов, урана, меди с никелем, углеводородов. Широкое применение технологий в ряде случаев привело к открытию новых рудных и углеводородных объектов.

На рис.1, 2 приведен пример комплексного геофизического и геохимического изучения на одном из участков с полиметаллическим оруденением в пределах рудного района Мак-Артур-Ривер (Северные территории, Австралия). Результаты грави-

и магниторазведочных наблюдений по исследованному профилю получены с помощью Archive Data Delivery System [11]. Разрезы распределения эффективных плотностей и намагниченности пород (рис.1) получены по исследованному профилю с помощью вейвлет-трансформаций с физическим смыслом [3]. Следует учитывать, что расстояние между точками магниторазведочных наблюдений составляло 12 м, в то время как между точками гравиразведочных наблюдений – 300 м. Поэтому разрез распределения эффективной плотности может дать сведения только о региональном распределении эффективной плотности пород.

Поисковыми предпосылками рудного объекта (крупное полиметаллическое месторождение) являются глубинное тело пород с повышенной эффективной плотностью (С, рис.1, А) и связанная с ним переходная зона от высоких значений к пониженным значениям эффективной плотности в верхней части разреза. Глубинное тело С ограничено с востока региональным разломом Эму. Местоположение этого разлома уверенно фиксируется близвертикальной зоной пород повышенной намагниченности (рис.1, Б, пикет 19000). Потенциально перспективным на полиметаллы является участок профиля к западу от этого разлома, в пределах которого наблюдается зона пони-

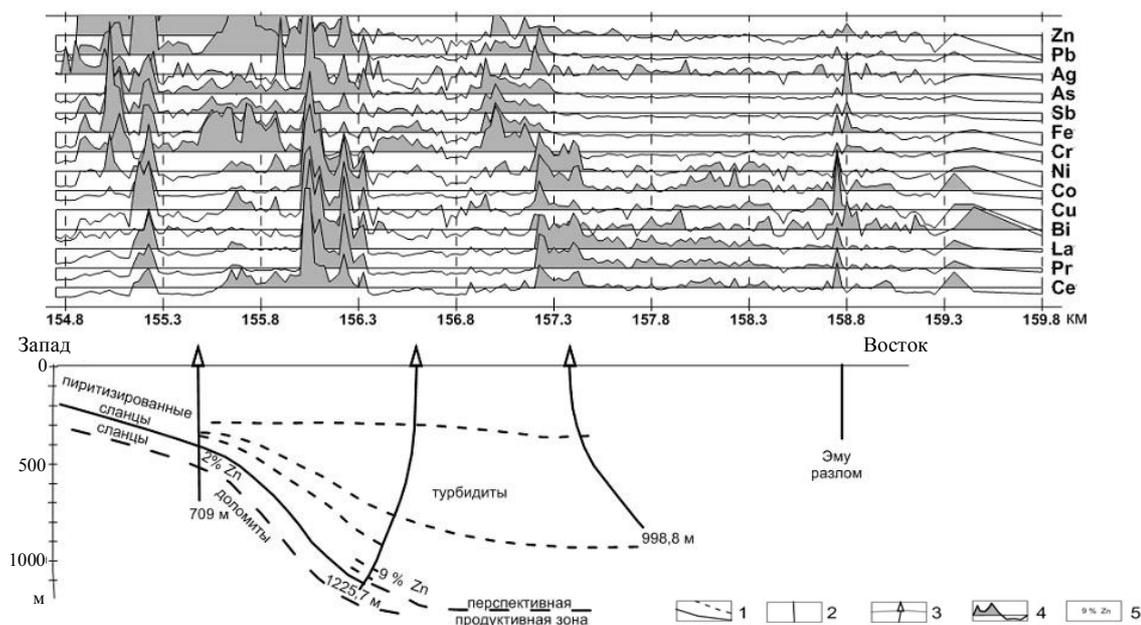


Рис.2. Схематический геологический разрез и графики распределения стандартизованных концентраций элементов ТМГМ по профилю в пределах северного фланга полиметаллического месторождения (район Мак-Артур-Ривер, Северные территории, Австралия)

1 – границы пород и рудоносного горизонта; 2 – разлом Эму; 3 – буровые скважины; 4 – графики распределения концентраций элементов (оси графиков проведены через три стандартных отклонения); 5 – концентрации цинка в рудных зонах по керну буровых скважин

женных значений эффективной намагниченности, трассирующая из глубины к верхней части разреза.

На схематическом геологическом разрезе (рис.2) можно видеть, что мощная продуктивная рудная зона месторождения вскрыта буровыми скважинами на глубинах 500-1000 м (далее к западу она полого подымается к дневной поверхности). Промышленное оруденение по восстанию рудовмещающей зоны выклинивается, ближе к поверхности оно представляет собой сильно пиритизированные сланцы. К востоку от самой глубокой скважины (1225,7 м), пересекающей мощную рудную залежь (с содержаниями цинка в керне до 9 %), продуктивная зона выполаживается, промышленные перспективы ее еще не оценены, нет скважин.

В наложенных ореолах рассеяния, выявленных на поверхности в пределах опробованного профиля методом ТМГМ, по аномальным концентрациям широкого спектра химических элементов (цинка, свинца и их спутников) четко и эффективно фиксируются как рудная залежь на глубине, так и рудовмещающая зона, в пределах ее

выхода на дневную поверхность. При этом по характеру распределения элементов-спутников обнаруживается зональность оруденения. На западе профиля, на участке приближения рудовмещающей толщи к поверхности, в наложенных ореолах преобладают высокие концентрации Zn, Pb, Ag и As, концентрации же других элементов, таких как Ni, Co и Cu, значительно ниже, а элементы редкоземельной группы и редкие металлы образуют лишь очень локальные аномалии. По мере погружения продуктивной толщи (в восточном направлении) роль элементов первой группы в наложенных ореолах заметно снижается, аномалии элементов двух других упомянутых выше групп элементов увеличиваются по ширине и интенсивности.

Следующая группа аномалий относится к участку профиля (пикеты 156,9-157,5), в пределах которого положение залежи на глубине не изучено. Для этого участка характерен полный набор рассмотренных элементов. Аномалии разных элементов имеют примерно одинаковую интенсивность, для некоторых элементов они смеще-

ны пространственно. В целом этот участок профиля по аномальности во многом сходен с участком над глубокозалегающей рудой и представляется перспективным. Для аномалии в восточной части профиля, связанной с крупным рудоконтролирующим разломом, характерен широкий спектр микроэлементов и локальность по ширине.

Из приведенного примера следует, что при изучении распределения эффективных плотности и намагниченности пород по гравимагнитным данным удастся выявить поисковые предпосылки рудных объектов, а оценить их вещественный состав – с помощью геоэлектрoхимических методов.

Таким образом, предлагаемый комплекс методов, ориентированных на структурно-тектоническую и вещественную характеристику искомых объектов, включает гравиразведку и магниторазведку, геоэлектрoхимические и атмосферoхимические методы. Имеющийся опыт комплексирования геофизических и геоэлектрoхимических методов показывает, что предлагаемые технологии позволяют повысить геологическую эффективность прогнозно-поисковых работ на твердые полезные ископаемые и углеводороды в сложных геологических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев С.Г.* Геоэлектрoхимические технологии прогноза и поисков рудных и нефтяных объектов / С.Г.Алексеев, С.А.Вешев, Н.А.Ворошилов // Прикладная геохимия. Прогноз и поиски. 2002. Вып.3. С.365-382.
2. *Алексеев С.Г.* Глубинное минерагеническое изучение территорий комплексом современных методов геохимии и геофизики / С.Г.Алексеев, С.А.Вешев, Н.А.Ворошилов // Разведка и охрана недр. 2011. № 12. С.40-48.
3. *Алексеев С.Г.* Прогноз и поиски разноранговых углеводородных объектов с использованием новых геофизических и геохимических методов / С.Г.Алексеев, Н.А.Ворошилов, С.А.Вешев // Российский геофизический журнал. 2011. № 49-50. С.70-93.
4. *Алексеев С.Г.* Региональные геоэлектрoхимические исследования на европейской части России с целью металлогенического прогноза / С.Г.Алексеев, Н.А.Ворошилов, В.И.Васильева // Российский геофизический журнал. 1994. № 3-4. С.38-40.
5. *Вешев С.А.* Геоэлектрoхимические технологии прогноза и поисков месторождений твердых полезных ископаемых и углеводородов / С.А.Вешев, Н.А.Ворошилов, С.Г.Алексеев // Разведка и охрана недр. 2003. № 4. С.38-43.

6. *Ворошилов Н.А.* Новый способ поисков месторождений полезных ископаемых на закрытых территориях / Н.А.Ворошилов, С.А.Вешев, С.Г.Алексеев // Российский геофизический журнал. 2002. № 29-30. С.25-33.

7. *Геотраверс гранит. Методика и результаты исследований.* Екатеринбург: УРГК и УТП ВНТГео, 1992. 113 с.

8. *Путиков О.Ф.* Геоэлектрoхимические методы при поисках нефтегазовых и рудных месторождений / О.Ф.Путиков, Е.Г.Маргович, С.А.Вешев // Зап. Горного ин-та. 2005. Т.162. С.50-54.

9. *New methods of regional exploration for blind mineralization: application in the USSR / L.V.Antropova, I.S.Goldberg, N.A.Voroshilov, Yu.S.Ryss // Journal of Geochemical exploration.* 1992. 43. P.157-166.

10. *Some aspects of practical use of geoelectrochemical methods of exploration for deep-seated mineralization / S.G.Alekseev, A.S.Dukhanin, S.A.Veshev, N.A.Voroshilov // Journal of Geochemical Exploration.* 1996. 56. P.79-86.

11. <http://www.geoscience.gov.au>

REFERENCES

1. *Alekseev S.G., Veshev S.A., Voroshilov N.A.* Geoelectrochemical technology prospecting and exploration for ore and oil deposits // Applied Geochemistry. Prospecting and Exploration. 2002. Iss.3. P.365-382.

2. *Alekseev S.G., Veshev S.A., Voroshilov N.A.* In-depth study of minerogenic complex areas of modern methods of geochemistry and geophysics // Prospecting and Exploration of mineral resources. 2011. № 12. P.40-48.

3. *Alekseev S.G., Veshev S.A., Voroshilov N.A.* Prospecting and exploration of different ranks hydrocarbon deposits using new geophysical and geochemical methods // Russian Journal of Geophysical. 2011. № 49-50. P.70-93.

4. *Alekseev S.G., Voroshilov N.A., Vasileva V.I.* Regional geoelectrochemical research in European Russia to metallogenic prognosis. // Russian Journal of Geophysical. 1994. № 3-4. P.38-40.

5. *Veshev S.A., Voroshilov N.A., Alekseev S.G.* Geoelectrochemical technology prospecting and exploration of solid minerals and hydrocarbons // Exploration and prospecting of mineral deposits. 2003. № 4. P.38-43.

6. *Voroshilov N.A., Veshev S.A., Alekseev S.G.* A new way to prospecting for mineral deposits in closed areas // Russian Journal of Geophysical. 2002. № 29-30. P.25-33.

7. *Geotraverse granite. The methodology and results of the studies.* Yekaterinburg: URGK VNTGeo and USP, 1992. 113 p.

8. *Putikov O.F., Margovich E.G., Veshev S.A.* Geoelectrochemical methods in the prospecting for oil, gas and mineral deposits // Proceeding of Mining Institute. 2005. V.162. P.50-54.

9. *Antropova L.V., Goldberg I.S., Voroshilov N.A., Ryss Yu.S.* New methods of regional exploration for blind mineralization: application in the USSR // Journal of Geochemical exploration. 1992. 43. P.157-166.

10. *Alekseev S.G., Dukhanin A.S., Veshev S.A., Voroshilov N.A.* Some aspects of practical use of geoelectrochemical methods of exploration for deep-seated mineralization // Journal of Geochemical Exploration. 1996.56. P.79-86.

11. <http://www.geoscience.gov.au>