

# МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ СИМПОЗИУМ «УРАЛЬСКАЯ ГОРНАЯ ШКОЛА – РЕГИОНАМ»

---

21-28 апреля 2009 г.

## ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 550.832.1/9:550.83(26)

### ИССЛЕДОВАНИЕ МОРСКИХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН КОМПЛЕКСОМ ГИС

*МУЛЛАГАЛЕЕВА Н. Р.*  
ОАО НПП «ВНИИГИС»

Специалистами ОАО НПП «ВНИИГИС» были выполнены инженерно-геологические исследования скважин под строительство мостового перехода на о. Русский через пролив Босфор Восточный в г. Владивостоке с целью определения физико-механических свойств горных пород. Особенностью работ является использование, помимо стандартных методов (гамма-каротаж (ГК), термометрия и резистивиметрия), специальных методов ГИС: спектрометрического гамма-каротажа (СГК), импульсного нейтронного гамма-каротажа (ИНГК), волнового акустического каротажа (ВАК) и бокового сканирующего каротажа (БКС).

При обработке материалов геофизических исследований использовались данные кернового опробования (литология, плотность, предел прочности на сжатие и на растяжение горной породы), что позволило повысить достоверность расчета объемной модели исследуемых отложений и физико-механических свойств пород по результатам ГИС.

Строительство моста на о. Русский – сложнейшая задача. Составной частью изысканий в районах строительства различного рода сооружений является определение физико-механических параметров горных пород. В дальнейшем эти параметры используются при расчетах и обосновании конструкций и режимов эксплуатации сооружений. Поэтому правильность оценки вводимых в расчет параметров определяет в значительной мере надежность и технико-экономическую эффективность проектируемых и строящихся сооружений, объектов и систем.

При выборе комплекса ГИС учитывались такие факторы, как суровые климатические условия, высокая сейсмичность, отсутствие стационарного источника гамма-излучения, что может быть связано со сложностью провоза источника к месту исследования, отсутствием лицензии на использование источника у заказчика и, соответственно, физическим отсутствием самого источника у заказчика работ.

Выполнение ГИС в скважинах, бурящихся под опоры моста, связано с необходимостью повышения достоверности данных о физико-механических свойствах пород, получаемых при помощи кернового материала, так как результаты исследования керна дают неполный объем информации о разрезе, что обусловлено малым радиусом отбора керна и потерей исходных физико-механических свойств образцов с момента их отбора до исследования в лаборатории. По результатам анализа керна также сложно определить углы наклона пластов горных пород и наличие трещиноватости.

Для решения задачи определения физико-механических свойств горных пород применялись спектрометрический гамма-каротаж, акустический каротаж, сканирующий боковой каротаж и стандартные методы (ГК, термометрия и резистивиметрия), а также импульсный НК. По результатам интерпретации вышеназванного комплекса была рассчитана объемная литологическая

модель, дана модель литологического состава глин и определены физико-механические свойства горных пород, элементы залегания пластов и выявлены трещиноватые материалы.

**Расчет объемной литологической модели горных пород** выполнен с применением петрофизического моделирования на основе интерпретации комплекса методов ГИС, включающего акустический каротаж (интервальных временных продольных и поперечных волн  $DTp$ ,  $DTs$ ), гамма-каротаж (ГК), термометрию и резистивиметрию, электрометрию (БКС), а также спектрометрический гамма-каротаж (СГК) и импульсный нейтронный гамма-каротаж (ИНГК).

#### 1. Спектрометрический гамма-каротаж

По результатам измерения спектрометрическим гамма-каротажом определяют весовые содержания естественно-радиоактивных элементов (Th, U и K) в горной породе. Основой геолого-геофизической интерпретации данных СГК являются закономерные вариации содержаний Th, U и K в горных породах в зависимости от элементного состава сред и генезиса формирования отложений.

Применительно к решаемым задачам данные СГК использовались для определения минерального состава глин и глинистости коллекторов, расчета литологической модели отложений, выделения интервалов пучения глин, выделения скопления органического вещества.

#### 2. Импульсный нейтронный гамма-каротаж

В основе метода лежат особенности распространения нейтронного и гамма-излучения в веществе, обусловленные составом и структурой исходных сред. ИНГК применялся для оценки водонасыщенной пористости и времени жизни тепловых нейтронов, которые использовались для расчета литологической модели исследуемых отложений.

Оценка водонасыщенной пористости [6] осуществлялась по плотности потоков гамма-квантов, полученных на двух расстояниях от генератора быстрых нейтронов.

Определение времени жизни тепловых нейтронов производилось по временным спектрам ИНГК.

#### 3. Акустический каротаж (АК)

В основе интерпретации акустических методов лежит различие упругих свойств пород, слагающих разрезы скважин. Результатами АК являются определение следующих акустических характеристик: скорости распространения упругих колебаний, удельного волнового сопротивления и затухания, интервальное время пробега  $\Delta t$  продольной звуковой волны.

Акустический каротаж использовался для определения пористости горных пород, расчета физико-механических свойств исследуемых сред, литологического расчленения геологического разреза, оценки качества цементирования заколонного пространства.

4. Сканирующий боковой каротаж (БКС) является модификацией бокового каротажа и обеспечивает распределение удельного электрического сопротивления горных пород как по оси, так и по радиусу фокусированной зондовой установкой. БКС характеризуется высокой эффективностью при исследовании азимутальных неоднородностей разрезов скважин. Результаты измерений использовались для литологического расчленения разреза, определения углов залегания пластов и выделения субвертикальных трещин.

Выделение коллекторов по данным СГК выполнялось по содержанию тория с применением методики оценки эффективной пористости Д. А. Кожевникова [5]. Используемая технология представляет собой достаточно гибкий и универсальный процесс. Суть расчета заключается в подборе таких геологических параметров породы, которые удовлетворяли бы каждому из геофизических методов в рамках их возможных погрешностей.

Литологическая модель позволяет наглядно представить исследуемый геологический разрез, спрогнозировать физико-механические свойства горных пород и т. д. По результатам исследований методом БК-С, крутопадающих пластов с углом наклона более  $45^\circ$  и субвертикальных трещин в разрезах исследуемых скважин не выявлено.

**Расчет физико-механических свойств пород (ФМС)** проводился по методике, разработанной во ВНИИГИС в отделе под руководством Болгарова А. Г. В основу методики положены результаты детального анализа и последующего статистического обобщения материалов исследования параметрических скважин методом АК (АК по скорости, АК по затуханию), изучения по действующим ГОСТам свежих образцов керна в полевых лабораторных условиях ( $V_p$ ,  $\delta_o$ ,  $\sigma_{сж}$ ,  $\sigma_{раст}$ ). Оперативностью исследований образцов пород сведено к минимуму влияние на их ФМС потери влаги и релаксации естественного напряженного состояния. В методике учтены структурно-

текстурные особенности пород, а также анизотропия их свойств в зависимости от угла наклона пластов.

Упругие динамические модули определяются по данным АК с помощью известных из теории механики сплошных деформируемых сред соотношений. Модуль слойчатости-трещиноватости  $M_{ст}$  получен с помощью эмпирического уравнения связи для слойков и трещин с различным заполнением по  $V_p$  и коэффициенту затухания с учетом частотного коэффициента регистрирующей акустической аппаратуры.

Расчет прочностных свойств при сжатии и растяжении осуществлялся по уравнениям многомерных связей, которые учитывают анизотропные свойства пород ( $\varphi^0$ ) и степень их слойчатости-трещиноватости.

**Выводы.** Комплекс ГИС, выполненный в морских инженерно-геологических скважинах, позволил определить следующие физические параметры: температуру и удельное сопротивление скважинного флюида; естественную радиоактивность пород по данным ГК; содержания естественно-радиоактивных элементов U, Th, K по данным СГК; время жизни тепловых нейтронов по данным ИНГК и водонасыщенную пористость; объемную плотность отложений и распределение удельного электрического сопротивления горных пород по оси и радиусу скважин.

Это позволило рассчитать объемную литологическую модель разреза скважины, объемные концентрации глинистых минералов – каолинита, хлорита и слюд, а также определить физико-механические свойства горных пород.

Были сопоставлены физико-механические свойства горных пород, определенных по керну и ГИС. Результаты сопоставлений свидетельствуют об удовлетворительной сходимости результатов измерений.

Примененный комплекс ГИС является оптимальным для данных геолого-технологических условий и позволяет решить поставленные задачи в полном объеме.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Урманов, Э. Г. Спектрометрический гамма-каротаж нефтегазовых скважин / Э. Г. Урманов. – М.: ВНИИОЭНГ, 1994.
2. Добрынин, В. М. Петрофизика / В. М. Добрынин [и др.] – М.: Недра, 2004.
3. Фертл, В. Х. Спектрометрия естественного гамма-излучения в скважине / В. Х. Фертл // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. – М.: Недра, 1983. – № 3-6, 8, 10, 11.
4. Блюменцев, А. М. Система метрологического обеспечения измерений содержаний естественно-радиоактивных элементов по данным спектрометрического гамма-каротажа нефтегазовых скважин / А. М. Блюменцев, А. Ю. Мельчук [и др.] – М.: ВНИИ Геоинформсистем, 1988.
5. Кожевников, Д. А. Методическое пособие «Гамма-спектрометрия в комплексе геофизических исследований нефтегазовых скважин» / Д. А. Кожевников // АИС «Каротажник». – 1997. – № 38-39.
6. Кузнецов, О. Л. Скважинная ядерная геофизика: справочник геофизика / О. Л. Кузнецов, Д. А. Кожевников. – М.: Недра, 1990. – С. 318.

УДК 550.832.53

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА НАСЫЩЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ В ОБСАЖЕННЫХ СКВАЖИНАХ КОМПЛЕКСОМ СГК И 2ННКТ

*ЛЫСЕНКОВ В. А.*  
ОАО НПП «ВНИИГИС»

Спектрометрический нейтронный гамма-каротаж позволяет расчленить геологический разрез по содержанию радиационно-активных химических элементов, содержащихся в горной породе и пластовом флюиде. В первую очередь, это радиационно-активные элементы, слагающие матрицу породы: кальций (Ca), кремний (Si), водород (H) и входящие в состав пластовых вод хлор (Cl) и водород (H). Спектрометрическая модификация СГК, ориентированная на расчленение геологического разреза по хлору, получила название «хлорный каротаж». Химический элемент Cl практически не входит в состав скелета горных пород. Исключение составляют только эвапоритовые

отложения. В пластовых водах Cl – это доминирующий химический элемент, так как пластовые воды нефтегазовых месторождений представлены в основном шестью разновидностями ионов солей, растворенных в воде: хлор-ион, сульфат-ион, гидрокарбонат-ион, ионы кальция, натрия, магния [1].

Метод информативен в условиях низкой минерализации пластовых вод (менее 20 г/л) и позволяет в обсаженных скважинах в коллекторах с пористостью более 15 % выделить газоносные, газоконденсатные и нефтяные пласты. В необсаженных скважинах в комплексе с электрическими методами при низком проникновении фильтрата бурового раствора однозначно решаются задачи разделения газоносных и газоконденсатных пластов от нефтеносных.

Спектрометрическая модификация нейтронного гамма-каротажа позволяет определять содержание хлора в коллекторах по энергетической характеристике спектра гамма-излучения радиационного захвата (ГИРЗ). В качестве аналитических параметров, отражающих содержание хлора, использовались комплексные функционалы  $F(Cl)$ , включающие интенсивности потоков ГИРЗ в различных энергетических областях и интенсивности потоков тепловых нейтронов на двух зондах. Функционалы были подобраны из расчета оптимальной чувствительности к содержанию хлора в воде и минимальной чувствительности к влиянию мешающих факторов (заполнение скважины и заколонного пространства, эксцентриситет колонны и т. д.). Для повышения информативности метода СНГК-Cl применяются два типа параметров: функция хлора «жесткая»  $F(Cl_{ж})$ , функция хлора «мягкая»  $F(Cl_{м})$ . Отличие заключается в том, что в первом случае используется диапазон энергий более 2,3 МэВ, во втором – менее 2,3 МэВ, т. е. включает в себя энергетические линии фотопиков водорода [2]. Использование двух типов функционалов, как показали результаты опытно-промышленного опробования метода, необходимо для повышения надежности разделения пластов, насыщенных минерализованной водой или углеводородами различного состава. «Дефицит плотности» у углеводородов оказывает более существенное влияние на функцию  $F(Cl_{м})$ .

Определение коэффициента нефтенасыщенности по результатам хлорного каротажа возможно для конкретных и учитываемых геолого-технических условий. Геолого-техническими факторами, осложняющими связь вычисленных значений  $K_n$  с истинными, являются литология, изменчивость минерализации пластовых вод по статиграфическим разделам, минерализация пластовой воды, применяемой для поддержания пластового давления воды, соляно-кислотная обработка, приводящая к повышению содержания хлора в нефтеносных пластах, наличие заколонных перетоков пластовых или закачиваемых вод из-за некачественного цементирования колонн, выпадение гипса из пластовых вод из-за нарушения термобарических и геохимических условий в пластах-коллекторах в ходе эксплуатации нефтегазовых месторождений, глинистость коллектора. На рис. 1, а дано схематичное изображение интерпретации функции хлора в комплексе с коэффициентом.

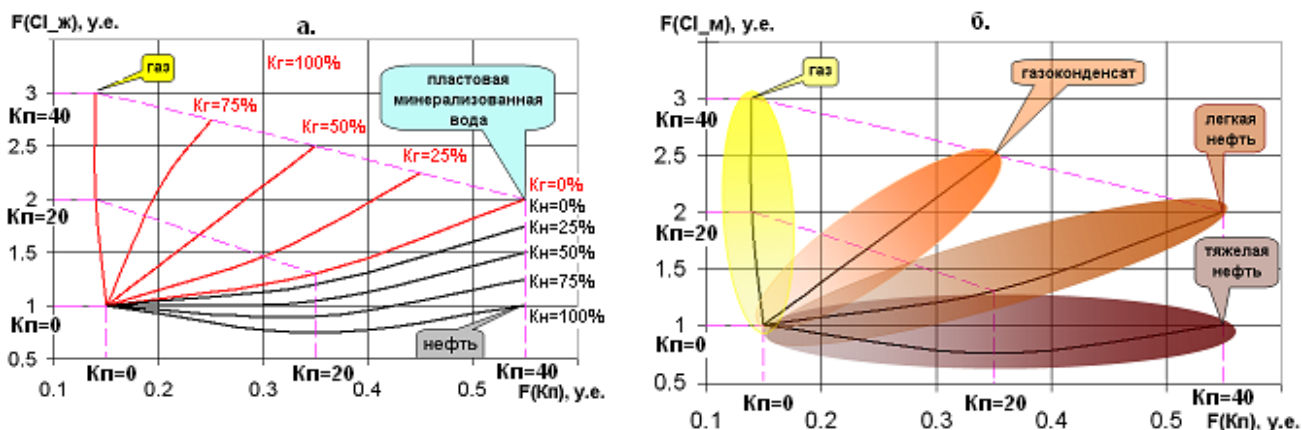


Рис. 1. Схема интерпретации методов СНГК-Cl и 2ННКт для определения характера насыщения коллекторов (а) и состава углеводородов в коллекторе (б)

Из рисунка видно, что при высокой минерализации пластовых вод функция хлора однозначно определяется произведением  $K_n \cdot K_v$ , тогда коэффициент нефтенасыщенности  $K_n$  определяется из расчета:

$$K_n = \frac{1 - K_n \cdot K_v}{K_n}$$

где  $K_n$  – коэффициент пористости по методу 2ННК-т;  $K_v$  – коэффициент водонасыщенности.

Газоносные и газоконденсатные пласты характеризуются низкими значениями пористости по методу 2ННК-т и высокими значениями функции хлора. На рис. 1, б схематично нанесены области группирования точек, соответствующих различному составу углеводородов.

Рассмотрим результаты применения хлорного каротажа в эксплуатационных скважинах с целью контроля процесса разработки месторождения. На рис. 2 приведены результаты геологической интерпретации метода СНГК-С1 в комплексе с методом 2ННКт в эксплуатационной скважине.

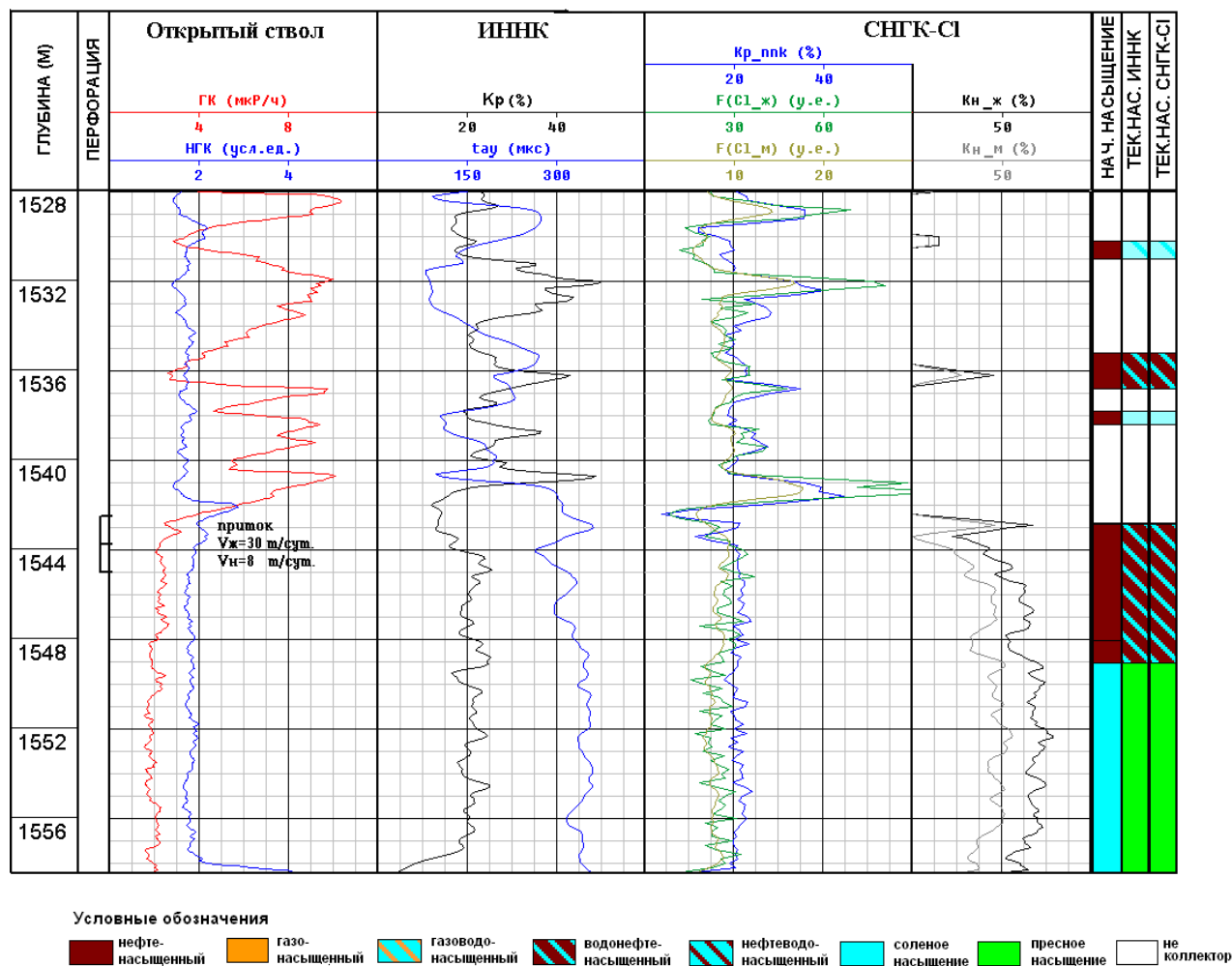


Рис. 2. Примеры обработки результатов СНГК-С1 и 2ННКт с целью определения характера насыщения коллекторов

Приведен пример, когда скважина находится на месторождении, на котором для поддержания пластового давления используется закачка пресных вод. Объект исследования – терригенные отложения нижнего карбона Пермского Прикамья. При геологической интерпретации коллекторами считались пласты, для которых выполнялись следующие условия:  $8\% \leq K_n \leq 25\%$ ,  $GK \leq 3$  мкР/ч. По результатам исследований, в открытом стволе нефтенасыщенные интервалы были выделены на глубинах, м: 1530,2-1531; 1535,2-1536,8; 1537,9-1538,8; 1542,8-1548,8. При этом в последнем интервале нефтеносная залежь водоплавающая. В ходе разработки месторождения нефтеносные интервалы на глубинах 1530,2-1531 и 1537,9-1538,8 м обводнились соленой пластовой водой. Этот

факт подтверждается результатами интерпретации ИННК (низкие значения времени жизни тепловых нейтронов  $\tau=140-150$  мкс). Частично обводнился соленой пластовой водой пласт на глубине 1535,2-1536,8 м. Нефтеносный интервал на глубине 1542,8-1548,8 м частично обводнился соленой пластовой водой. На глубине 1548,8-1558,2 м при проведении ГИС в открытом стволе был выделен водоносный интервал. На момент разработки пласт обводнен пресной водой, о чем свидетельствуют высокое время жизни по ИННК ( $\tau=350-380$  мкс) и пониженное значение  $K_n$ . При отсутствии первичной информации по результатам интерпретации открытого ствола интервал, насыщенный пресной водой, был бы проинтерпретирован как нефтеносный. При перфорации нефтеносного интервала на глубине 1542,8-1545,0 м был получен приток нефти с пластовой водой дебитом 30 т в сутки, дебит нефти составил 8 т в сутки.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воды нефтяных и газовых месторождений СССР: справочник / под ред. Л. М. Зорькина. – М.: Недра, 1989.
2. Лысенков, А. И. Хлорный каротаж на базе стационарных источников / А. И. Лысенков. — Тверь: НТВ АИС «Каротажник», 2006. – Вып. 7-8. – С. 202-216.
3. Лысенков, А. И. Результаты опробования спектрометрического нейтронного гамма-каротажа по хлору в обсаженных скважинах Казахстана / А. И. Лысенков, В. Н. Даниленко [и др.] — Тверь: Каротажник, 2005. – Вып. 7 (134). – С.144-150.

УДК 550.832.53:622.692.24

### **МОНИТОРИНГ СКВАЖИН ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА МЕТОДАМИ НЕЙТРОННОЙ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИИ**

*ГАББАСОВ Ш. В., ГАББАСОВА А. О.*  
ОАО НПП «ВНИИГИС»

Подземное хранилище газа (ПХГ) представляет собой сложную систему, поведение которой определяется геологическими, техническими и технологическими факторами. Изменение экологической обстановки на ПХГ может быть обусловлено как влиянием всего комплекса факторов в целом, так и любого из них в отдельности. Так, образование техногенного скопления газа может быть связано с трещиноватостью покрышки пласта, негерметичностью обсадной колонны или технологическим режимом отбора газа. В связи с этим в процессе эксплуатации ПХГ существует объективная необходимость не только в наземном мониторинге загазованности подпочвенного воздуха и состава извлекаемого продукта, но и основных объектов – газовых пластов и скважин.

Мониторинг газовых пластов и скважин ПХГ осуществляется в основном при помощи исследований методами ГИС. Однако специфика подземного хранилища газа предполагает проведение мониторинга скважин в условиях газозаполненного ствола скважины в работающем режиме через насосно-компрессорные трубы (НКТ). Это накладывает существенные ограничения как на габаритные размеры скважинных приборов, так и на вид геофизических исследований. В частности, газовое заполнение скважины не позволяет использовать для мониторинга акустические и электрические методы каротажа. Таким образом, для решения задач, связанных с оценкой качества цементирования межколонного и заколонного пространства, приходится останавливать и глушить скважину, выводя ее из технологического цикла.

Во избежание технологических потерь такого рода ОАО НПП «ВНИИГИС» и ЗАО НПФ «ГИТАС» опробовали комплекс спектрометрических методов радиоактивного каротажа, включающий спектрометрию естественного гамма-излучения (СГК), нейтронного гамма-излучения (СНГК) в стационарном варианте и одну из модификаций импульсного нейтронного каротажа (ИНГК, ИННК). При этом СГК позволяет уточнить литологию отложений и коллекторские свойства пластов и на основании этой информации сделать прогноз о вероятности проникновения газа продуктивных пластов в водоносные горизонты. Источником основной информации о наличии интервалов техногенного скопления газа являются результаты измерений нейтронными методами.

Основанием применения нейтронных методов для мониторинга скважин ПХГ является высокая чувствительность к водородосодержанию при малых концентрациях последнего, что позволяет на фоне 35-40 % содержания воды в цементе выявить техногенные скопления газа, радиальное расположение которых возможно оценить, применяя разноглубинные измерения многозондовой аппаратуры, получаемые при облучении исследуемых сред нейтронами разной энергии.

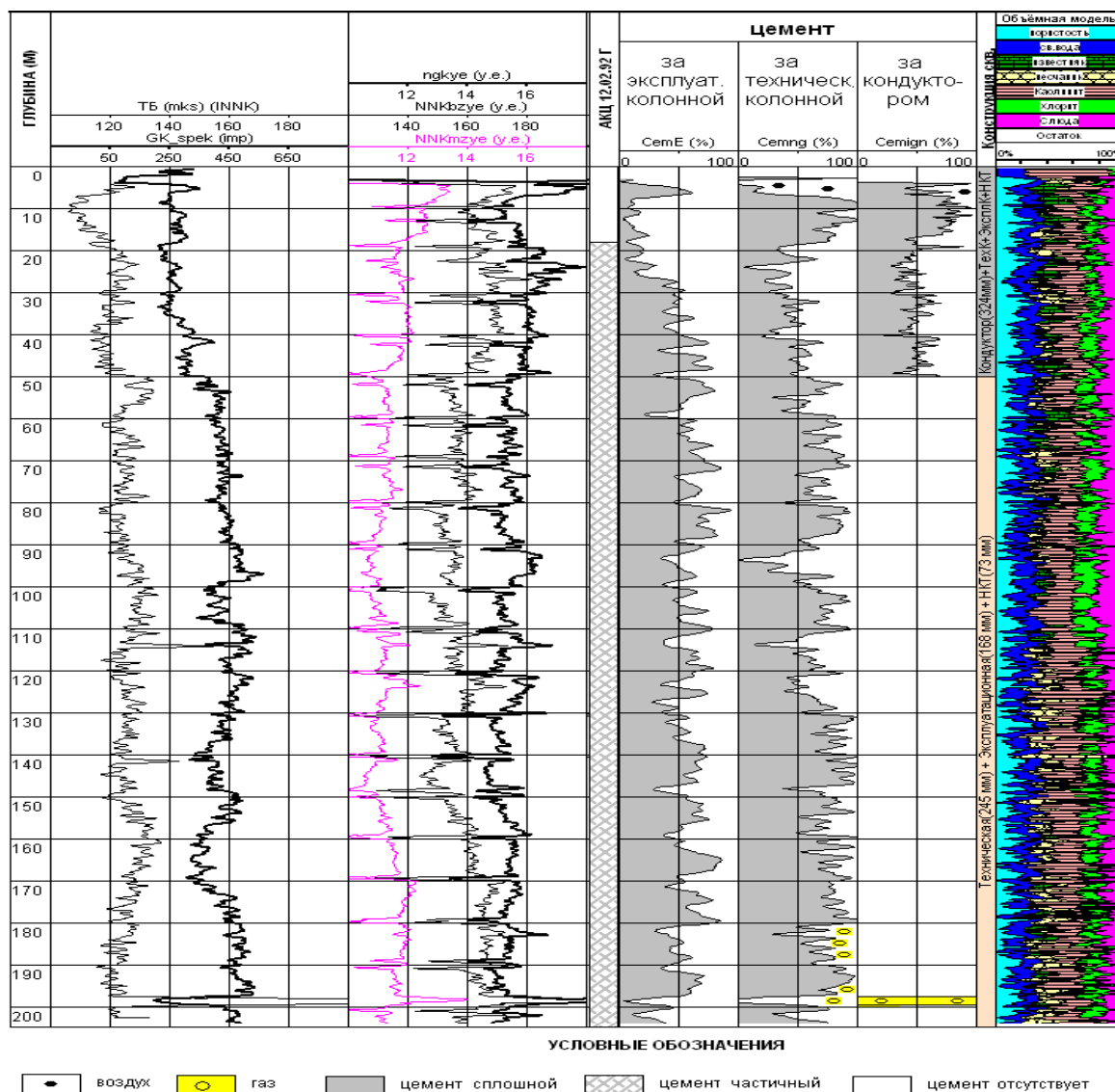
Нейтронный гамма-картаж (НГК) давно используется для выявления скоплений газа в условиях газонаполненного ствола скважины. Проблема состоит в том, что стандартная модификация НГК дает возможность только идентифицировать наличие газосодержащих интервалов. Использование многозондовых измерений НГК позволит оценивать радиальное положение определяемого объекта, т. е. даст возможность частично решить поставленные задачи. Но различить газовое и воздушное заполнение полости приустьевой зоны скважины по данным интегрального метода в любом случае не представляется возможным, поскольку физические параметры газа и воздуха близки. Незначительные различия, наблюдаемые по плотности и гамма-излучению радиационного захвата метана и воздуха, могут быть зафиксированы только спектрометрическими модификациями. Вероятность определений зависит от характеристик используемой аппаратуры, типа и размеров сцинтилляционного блока и составляет 50-75 %.

Первые исследования по мониторингу скважин ПХГ были выполнены в 2005 г. на Северо-Ставропольском ПХГ для определения радиального расположения и характера насыщения полостей в приустьевой зоне работающих скважин. Измерения выполнялись с аппаратурой СНГК двух модификаций: широкодиапазонной (2СНГК-Ш + СГК) и «хлорной» (СНГК-С1). Широкодиапазонная модификация СНГК по сути является многометодной, так как позволяет одновременно и на одном детекторе по спектру ГИРЗ в энергетическом диапазоне 30 кэВ – 9 МэВ регистрировать излучение разной природы: плотность потока тепловых нейтронов по фотопику отборного фильтра-конвертера, ГИРЗ от радиационно-активных элементов и многократно рассеянное гамма-излучение. «Хлорная» модификация СНГК реализуется специализированной аппаратурой для оценки содержания хлора (СПРК) и отличается от широкодиапазонной отсутствием детализации низкоэнергетической области спектра, что не позволяет использовать спектр ГИРЗ для определения плотности потока тепловых нейтронов. Для этой цели в СНГК-С1 используются специализированные счетчики нейтронов типа СНМ и стандартные зондовые установки 2ННК, что позволяет использовать при обработке информации известные методические разработки. Исследования СНГК проводились как в работающих скважинах через НКТ, так и в остановленных с извлеченными НКТ.

Сопоставление результатов измерений в разных технических условиях и результаты интерпретации данных показали перспективность спектрометрических исследований для решения поставленных задач. Комплекс исследований СНГК+СГК был дополнен методом ИННК, позволяющим получать информацию о свойствах зоны большего радиуса, чем СНГК. Решение увеличить глубинность зоны исследований связано с наличием 4-5-колонной конструкции скважины в приустьевой зоне. Для метрологического обеспечения выявления техногенного скопления газа в межколонном (заколонном) пространстве скважин был выполнен большой объем экспериментальных работ разными модификациями нейтронных методов, что позволило уточнить методику применения комплекса методов.

На рисунке показаны результаты измерений спектрометрическим комплексом СНГК-Ш, СНГК-С1 и ИННК в приустьевой зоне скважины. Наименьшую глубинность измерений имеет центрируемая в скважине аппаратура 2СНГК-Ш, наибольшую – 2ИННК. На левом поле диаграмм показана интегральная кривая СГК и время жизни тепловых нейтронов (ТБ), определенное по показаниям большого зонда ИННК. На втором поле диаграмм приведены данные 2ННКт и интегральная кривая нецентрированного СНГК. На третьем поле «ЦЕМЕНТ» показаны результаты определения наличия цемента по комплексу СНГК-Ш, СНГК-С1 и ИННК в различных радиальных зонах. На рисунке также показаны результаты АКЦ от 1992 г. Из приведенных данных видно, что пустоты в межколонном пространстве приустьевой зоны наиболее развиты в интервале 2,8-4,3 м. За эксплуатационной колонной до глубины 25 м пустоты наблюдаются практически по всему межколонному пространству. Верхняя граница цементного камня отмечается на глубине 4 м. За технической колонной интервалы плохого и частичного цементирования чередуются, что не противоречит результатам АКЦ 1992 г. В интервале 2,6-3,4 м наблюдается сплошное цементование, возможно, цементный сальник. На глубине 198-200 м выделяется газонасыщенный

пласт, хорошо прослеживаемый по всем радиоактивным методам. Выше него до 180 м наблюдается газонасыщение пустот цементного камня. В приустьевой зоне скважины насыщение пустот оценивается как воздушное.



Пример исследования приустьевой части скважины ПХГ с целью мониторинга состояния цементного камня и характера заполнения пустот в межколонном и заколонном пространстве

Таким образом, комплекс спектрометрических исследований позволяет в условиях работающих газонаполненных скважин оценивать качество цементирования межколонного и заколонного пространства, выделять участки скопления техногенного газа и их радиальное расположение, а также в приустьевой части скважины предполагать характер заполнения пустот на уровне газ-воздух. Это дает возможность беспрепятственно осуществлять мониторинг действующих скважин, оценивать необходимость и очередность проведения их ремонта.



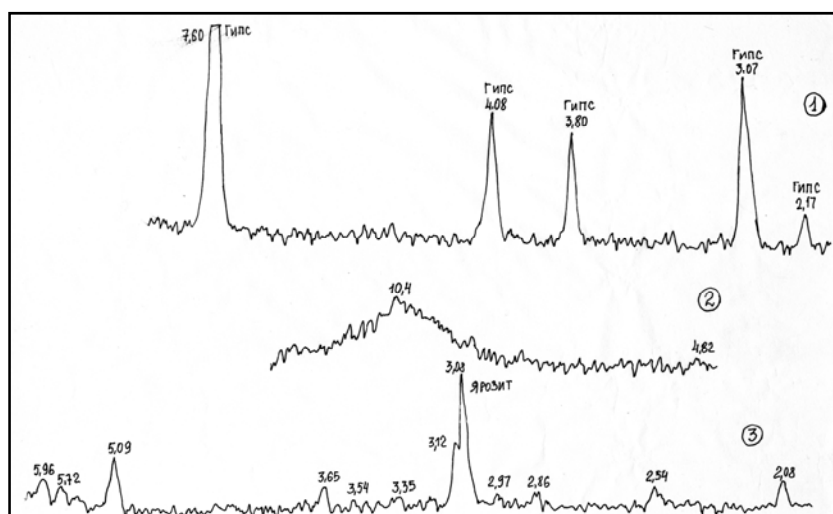
## МИНЕРАЛЬНЫЙ И МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ШЛАМОВ И ВТОРИЧНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ШЛАМОНАКОПИТЕЛЯ УРАЛЬСКОГО ЗАВОДА ПРЕЦИЗИОННЫХ СПЛАВОВ (Г. БЕРЕЗОВСКИЙ)

МАКАРОВ А. Б., ДОЛИНИНА И. А., ГЕРАСЕВА К. В., УСТЮГОВА И. С.  
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Шламонакопитель Уральского завода прецизионных сплавов (УЗПС) расположен в 20 км от территории завода и состоит из двух секций, образованных насыпными оградительной и разделительной дамбами. По дну и откосам шламонакопитель имеет противofильтрационный экран, выполненный из полиэтиленовой пленки.

В процессе складирования шламов использовалась только одна секция (№ 1), в которую поступали никельсодержащие шламы очистных сооружений. Основная масса отходов представлена отработанными растворами, находящимися в жидкой фазе, и минеральной массой на дне шламонакопителя. Складирование отходов происходило в 1980-1984 гг. В настоящее время секция № 2 заполнена атмосферными осадками.

Для изучения минерального состава шламов были отобраны две пробы, минерализованная масса которых представляла собой слабосцементированный тонкозернистый белесый агрегат. После сушки шлам приобрел охристый желтовато-бурый цвет. Минеральный состав шламов определен рентгеноструктурным анализом (аналитик Н. Г. Сапожникова, УГГУ) (см. рисунок). В составе шламов фиксируется только один минерал – ярозит ( $KFe^3+3[(OH)_6(SO_4)_2]$ ). По нашему мнению, формирование ярозита обусловлено взаимодействием шламов, отработанных растворов и атмосферных осадков, т. е. техногенным «выветриванием» шламов.



Рентгенограммы сульфатной минерализации на известняке (1), алюминии (2), шламов УЗПС (3)

В химическом составе шламов фиксируются (%): сульфаты – 32; железо – 24;  $SiO_2$  – 7,3; а также Al – 0,2; Ca – 0,07; Mg – 0,06 при pH водной вытяжки 3,5. Содержание элементов-примесей в шламах по результатам двух спектральных анализов составило (мг/кг): марганец – 150-200, медь – 1800, никель – 50-1000, олово – 7, свинец – 200, молибден – 400, кобальт – 30-70, хром – 500, цинк – 50-70, титан – 200-3000, ванадий – 100-150, вольфрам – 10-30.

Воды шламонакопителя резко различны по своему составу в различных секциях. Для заполненной шламом секции № 1 характерна кислая реакция среды, высокие содержания катионов, сульфат-иона, суммы минеральных солей и т. д. Колебания состава вод происходят как следствие разбавления атмосферными осадками и поверхностного испарения, что подтверждается результатами

режимных наблюдений УЗПС. Они принадлежат собственно к кислым низкометалльным (секция № 1) и нейтральным низкометалльным (секция № 2) техногенным водам, по Plumlee et al., 2000).

Миграции химических элементов в замкнутом пространстве шламонакопителя не происходит, формирование новых минеральных ассоциаций происходит в северной краевой части дамбы на границе с водой. Сезонные изменения состава техногенных вод шламонакопителя выражаются в повышении уровня водородного показателя за счет разбавления кислых вод атмосферными осадками, что приводит к снижению в них концентрации металлов. В первую очередь при этом происходит выпадение гидроксидов железа, которые фиксируются в береговой зоне шламонакопителя в виде бурых налетов на щебне гранитов – материале отсыпки дамбы. Вероятно, что они по механизму поверхностной сорбции аккумулируют и другие металлы.

Здесь же, на испарительном барьере, в северной части секции № 1, выявлено образование сульфатов, которые отмечаются только на щебне светло-серых известняков в виде пленок и налетов. В распределении сульфатов наблюдается определенная последовательность: первым кристаллизуется моренозит ( $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), затем ярозит и гипс. Моренозит образует тонкие корочки, пленки, налеты яблочно-зеленого, изумрудно-зеленого цветов, минерал дает положительную реакцию на никель (после растворения в  $\text{HNO}_3$  и добавки нашатыря с диметилглюоксидом приобретает малиновый цвет). На пленках и корочках моренозита в виде налетов, корок охристой окраски – ярозит, последним кристаллизуются агрегаты гипса. Рентгеноструктурным анализом устанавливается только гипс, вероятно, моренозит, теряя воду, становится рентгеноаморфным (см. рисунок). Последовательность образования минералов определяется изменением концентраций в техногенных водах сульфатов, железа и никеля при испарении в летний период.

Таким образом, в пределах шламонакопителя УЗПС установлен минеральный состав верхней части шламов (ярозит), выявлено слабое накопление металлов в новообразованных минеральных формах, что дает возможность рекомендовать для раскисления техногенных вод отсыпку карбонатными породами.

УДК 622.583.2

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ СТАНЦИИ МЕТРО «БОТАНИЧЕСКАЯ», Г. ЕКАТЕРИНБУРГ**

*ТАГИЛЬЦЕВ С. Н., ЛУКЬЯНОВ А. Е., СЕРЕБРЕННИКОВА Е. В.*  
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Гидрогеологические исследования в районе станции метро «Ботаническая» проводились с целью организации дренажной системы. При сооружении котлована станции в январе-мае 2008 г. возникла необходимость снижения уровня подземных вод на 1-2 м ниже его дна. Для этого общее понижение должно было составить 7-8 м. Основная сложность работ заключалась в близком расположении к котловану крупного торгового комплекса – ТГ «Дирижабль». Было установлено, что для предупреждения деформаций в основании торгового комплекса понижение уровня подземных вод под его ближайшей частью не должно превышать 3, в крайнем случае 5 м.

Гидрогеологический разрез на рассматриваемом участке состоит из двух основных слоёв. Верхний слабопроницаемый слой представлен глинистыми образованиями и сильно выветрелыми скальными грунтами мощностью до 34 м. Нижний проницаемый слой представлен трещиноватыми скальными породами. Скальные породы в интервале глубин от 35 до 60 м выступают в качестве основного водоносного горизонта со средней водопроницаемостью  $10 \text{ м}^2/\text{сутки}$ .

Сложные гидрогеологические условия территории требуют сооружения скважин определенной конструкции. Глубина наблюдательных скважин должна составлять не менее 50 м, глубина дренажных скважин – 50-60 м. На момент начала гидрогеологических исследований в январе 2008 г. на территории станции имелось шесть дренажных скважин глубиной 35 м. Большинство из них было непригодно для решения задач водопонижения. В дальнейшем при ведении работ было выявлено несколько наблюдательных скважин, не отвечающих данным требованиям. Указанные

скважины обладали замедленной реакцией на откачку либо показывали устойчивое снижение уровня при общей стабилизации депрессионной воронки.

Организация дренажной системы осуществлялась поэтапно. На первом этапе в январе 2008 г. были выполнены откачки из шести существующих дренажных скважин №№ 11–16 (см. рисунок). Рассчитанные величины удельных дебитов позволили определить величину оптимальной нагрузки для каждой скважины. Суммарный дебит дренажной системы на первом этапе составил около 10 м<sup>3</sup>/ч, из них 4,8 м<sup>3</sup>/ч приходилось на скважину № 16, вскрывшую проницаемую зону разлома. На первом этапе уровень под котлованом был снижен на 1,6-2,0 м, что составило 25 % от необходимой величины.

На втором этапе дренажная система было дополнена тремя скважинами №№ 19, 20 и 21. Скважины вводились в эксплуатацию последовательно: сначала наиболее удаленная от ТГ «Дирижабль» скважина № 21. Через четыре дня была подключена скважина № 20, при ее включении был уменьшен дебит в скважине № 21. Суммарный дебит системы к концу февраля приблизился к 22 м<sup>3</sup>/ч. Уровень подземных вод в восточной части котлована к этому моменту снизился до проектной отметки, в то время как в западной части требовалось снижение еще на 1,5-4,0 м. Наблюдательные скважины, расположенные вблизи ТГ «Дирижабль», показывали снижение уровня на 1,5 м, что не превышало допустимых значений.

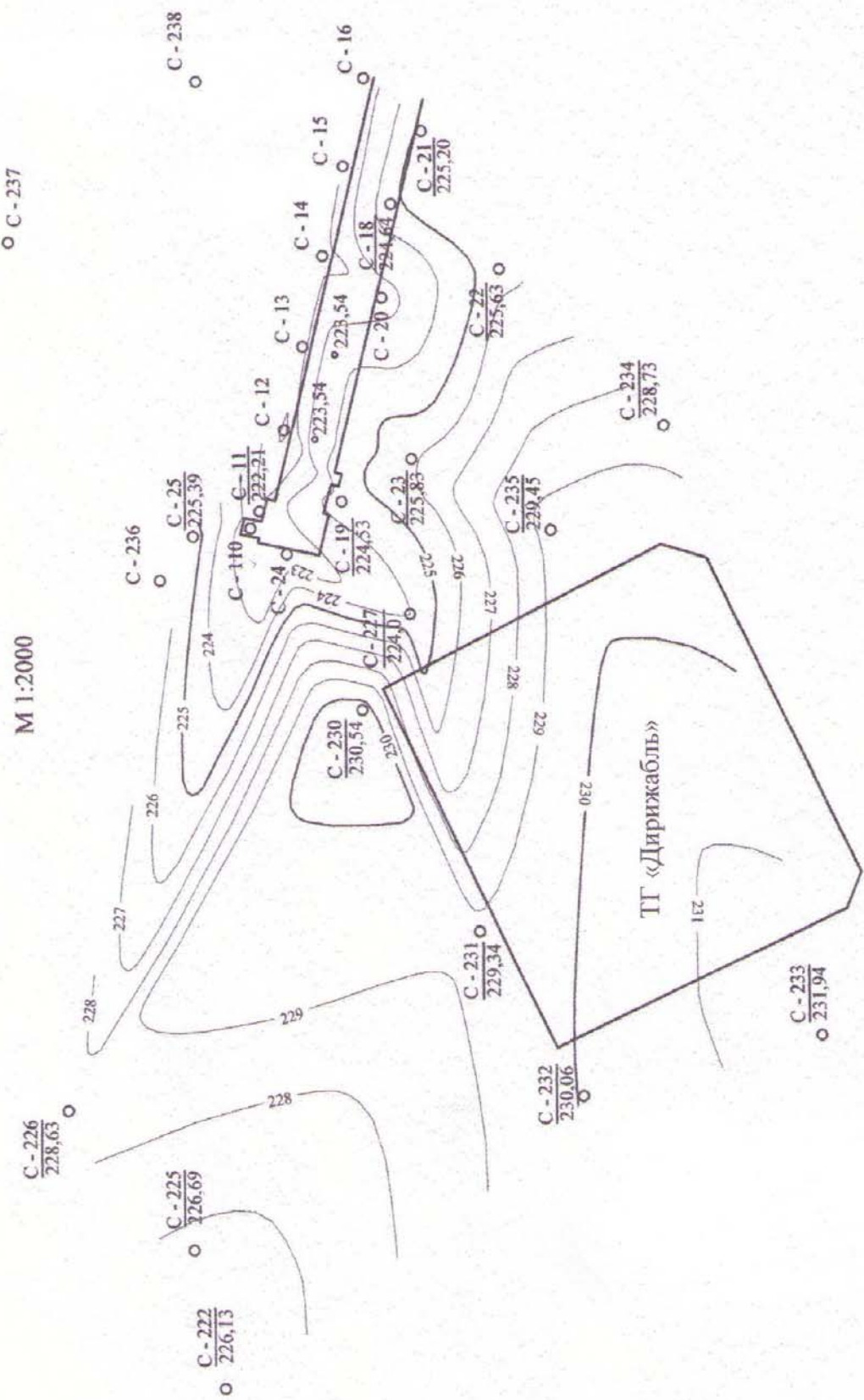
Основной задачей последующих этапов работ в весенний период 2008 г. было снижение уровня подземных вод в западной части котлована. Для этого была запущена в эксплуатацию скважина спецводопользования № 110, а затем сооружена и подключена дополнительная скважина № 24. Несмотря на то что суммарная производительность системы осталась на прежнем уровне, увеличение точек нагрузки на водоносный горизонт позволило вывести уровень на проектные отметки. На заключительном, пятом, этапе в летние месяцы осуществлялась доводка и регулировка дренажной системы, суммарный дебит постоянно изменялся от 14,5 до 18,8 м<sup>3</sup>/ч.

Гидрогеологические работы на участке станции метро «Ботаническая» показали, что депрессионная воронка в трещинном водоносном горизонте развивается неравномерно (см. рисунок), что свидетельствует о существенной плановой неоднородности фильтрационных свойств. Развитие депрессии происходит вдоль линейных зон повышенной проницаемости, связанных с активными тектоническими разломами, выделенными в начальный период работ на территории станции.

Наблюдения за уровнем подземных вод в период с января по сентябрь 2008 г. показали значительные колебания уровня в наблюдательных скважинах, связанные как с техногенными, так и с природными факторами. Например, в марте-апреле наблюдалось общее поднятие уровня во всех скважинах на 0,6-1,0 м в связи с весенним снеготаянием и наступлением паводкового периода для подземных вод. В период летней межени наблюдался обратный процесс. Это свидетельствует о том, что дренажная система в целом нуждается в постоянной регулировке в связи с изменением сезонных условий. Резкий подъем уровня весной может привести к затоплению станции, а избыточное понижение – к недопустимому снижению уровня под ТГ «Дирижабль».

При подключении новых дренажных скважин нередко применялась практика снижения дебита в действующих. Гидродинамические расчеты показали, что при реализации различных схем с работой трех, двух или одной дренажных скважин наиболее выгодной является схема с тремя. Увеличение количества дренажных скважин обеспечивает уменьшение суммарного дебита системы, снижение уровня под котлованом происходит более эффективно, и при этом оказывается минимальное воздействие на снижение уровня под ТГ «Дирижабль», что обеспечивает минимальные деформации в основании сооружения.

27 мая 2008 г. в юго-западном углу котлована станции произошел оползень. Оползневой цирк протяженностью 15-20 м выдавил ограждающие грунтоцементные сваи внутрь котлована. Основной причиной оползня послужили проливные дожди и неорганизованный поверхностный сток. Поступление большого количества дождевой воды привело к замачиванию глинистых грунтов и потере прочности. При этом следует отметить, что оползень произошел на участке, где ранее был выделен тектонический разлом. От юго-западного угла котлована отходит выраженный «язык» депрессионной воронки, развивающейся по проницаемой зоне разлома (см. рисунок).



Положение уровня подземных вод в районе котлована ст. «Ботаническая» и ТТ «Дирижабль» на 17.06.2008 г.  
 C-22 – номер наблюдательной скважины;  
 225,63 – абсолютная отметка уровня подземных вод

В качестве основных выводов следует отметить необходимость четкого понимания гидрогеологических условий участка работ. Это поможет избежать ошибок в конструкции дренажных и наблюдательных скважин. Существенная неоднородность трещинного горизонта делает необходимым изучение расположения линейных проницаемых зон, связанных с тектоническими разломами. В пределах тектонических разломов могут происходить негативные явления, такие как оползни, обрушения стенок котлована, суффозионный вынос мелких частиц и оседание поверхности.

По окончании работ в качестве основных рекомендаций в производственном отчете были указаны допустимые значения понижений в ключевых точках – скважинах №№ 22 и 23. Оптимальное понижение по скважинам №№ 22 и 23 было установлено на уровне 12,3 м с допустимым колебанием в пределах 0,5 м. В процессе эксплуатации дренажной системы допустимое понижение было превышено до величины 15 и более метров. В результате в марте 2009 г. избыточное понижение привело к осадкам поверхности и деформациям сооружения. В ТГ «Дирижабль» были отмечены случаи разрыва сварных швов несущих конструкций, трещины и осыпание штукатурки. Таким образом, возникла необходимость новой отладки дренажной системы.

УДК 553.81

## **ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ СЕВЕРО-КРАСНОУРАЛЬСКОЙ ПЛОЩАДИ (СРЕДНИЙ УРАЛ)**

*НЕКРАСОВА А. А.*

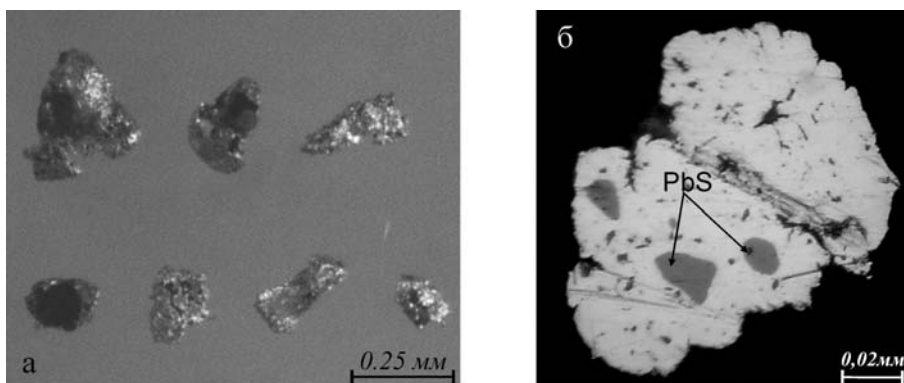
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Северо-Красноуральская площадь расположена на сочленении двух крупных структурных мегаблоков – Тагильского и Восточно-Уральского, граница между которыми проходит по зоне Серовско-Маукского глубинного разлома и отличается весьма сложным геологическим строением. Характерным для нее является многоэтапный магматизм с развитием полиформационных интрузий и субинтрузий. В осевой части структуры расположен Восточно-Тагильский ультрабазитовый массив дунит-гарцбургитовой формации, имеющий неоднородное блоковое строение с участками развития малых интрузий и даек. Для данной территории характерно широкое развитие золотых и золото-платиновых россыпей неогенового и четвертичного возраста.

В пределах Айвинско-Емехского сегмента Серовско-Маукского разлома на площади условно выделены структурно-формационные зоны (СФЗ) «Западная» и «Восточная». Восточная СФЗ включает в себя Емехскую зону смятия, представленную метаморфитами эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций, с широкими проявлениями диафтореза, динамометаморфизма, средне- и низкотемпературных метасоматических процессов. Для Западной СФЗ (восточный борт Тагильской депрессии) характерно широкое распространение субвулканических малых интрузий и даек. Для субинтрузий и вмещающих их пород характерен метасоматоз березитового ряда, который часто сопровождается в различной степени проявленной аргиллизацией. Характерны проявления рассланцевания, катаклаза и тектонических брекчий [1].

При проведении поисковых работ на россыпное золото, платину и золотоносные коры выветривания в пределах Северо-Красноуральской площади здесь впервые для данной структуры установлена и прослежена по простиранию зона с «молодым» золото-серебряным оруденением активизационного этапа. Она связана с тонкокатаклазированными, офитизированными серпентинитами со слабопроявленной аргиллизацией и углеродизацией в западном эндоконтакте Восточно-Тагильского массива. Ширина зоны – до 100-140 м, длина – более 3 км. Рудная минерализация представлена в основном кюстелитом  $Ag_3Au$  и электрумом, часто в тонких прорастаниях с серпофитом и серпохлоритом(?), в сростании с магнетитом. Здесь же присутствует и относительно высокопробное золото как в виде отдельных тонких и мелких зерен, так и в виде микровключений в кюстелите (тонкие зонки и/или тонкая кайма по периферии зерна). Кюстелит  $Ag_3Au$  представлен мелкими объемно-комковатыми зернами размером 0,0п-0,1 мм (иногда до 0,3-0,4 мм) очень светлого яркого желтоватого серебристо-белого цвета. Дифракционная картина: 2,60(3)-2,35(10)-2,04(5)-1,529(3)-1,444(9)-1,371(2)-1,299(10)-1,176(1) (аналитик Суставов С. Г., УГГУ).

Кроме высокопробного Au в кюстелите в виде идиоморфных включений иногда присутствует галенит (см. рисунок).



Кюстелит Северо-Красноуральской площади:  
а – кюстелит ртутистый; б – включения PbS в кюстелите (отраженный свет)

Ранее на Урале ртутистый кюстелит был установлен в ряде проявлений Харбейского блока Полярного Урала в виде пластинчатых, «лапчатых», реже проволочковидных выделений размером до 0,4×0,7 мм в ассоциации с сульфидами и лимонитом [2]. По составу кюстелит Северо-Красноуральской площади отличается более низким содержанием Hg (не выше 4,67 масс. %), примесью Cu (до 0,14 масс %), а в краевых частях зерен присутствием As и, редко, Te (см. таблицу).

Состав ртутистого кюстелита (масс. %)

Объект	Номер пробы	Fe	Cu	As	Ag	Te	Hg	Au	Total	Стехиометрическая формула
Северо-Красноуральская площадь (956/1,8-2,8)*	28 центр	-	0,12	-	53,89	-	4,67	41,32	100,00	Ag <sub>2,72</sub> Au <sub>1,14</sub> Hg <sub>0,13</sub>
	28 край	-	0,01	0,22	54,03	-	4,18	41,54	100,00	Ag <sub>2,72</sub> Au <sub>1,15</sub> Hg <sub>0,11</sub> As <sub>0,02</sub>
	29 центр	-	0,05	-	53,20	-	3,87	42,88	100,00	Ag <sub>2,70</sub> Au <sub>1,19</sub> Hg <sub>0,11</sub>
	29 край	0,01	0,14	0,08	55,11	0,03	3,52	41,11	100,00	Ag <sub>2,76</sub> Au <sub>1,13</sub> Hg <sub>0,09</sub> Cu <sub>0,01</sub> As <sub>0,01</sub>
Харбейский анти-клинорий [2]	1	-	-	-	52,00	-	7,40	41,30	100,70	Ag <sub>2,65</sub> Au <sub>1,15</sub> Hg <sub>0,2</sub>
	2	-	-	-	62,40	-	9,80	29,50	101,70	Ag <sub>2,98</sub> Au <sub>0,77</sub> Hg <sub>0,25</sub>
	3	-	-	-	58,36	-	10,4	30,58	99,43	Ag <sub>2,89</sub> Au <sub>0,83</sub> Hg <sub>0,28</sub>
	4	-	-	-	47,41	-	5,94	45,57	98,92	Ag <sub>2,51</sub> Au <sub>1,32</sub> Hg <sub>0,17</sub>

\* Анализы выполнены в лаборатории ИГТ УрО РАН, аналитик Е. С. Шагалов (микроанализатор SX100).

Таким образом, установленная в ультрабазитах осевой части зоны Серовско-Маукского разлома золото-серебряная минерализация, вероятно, связана с одним из этапов мезо-кайнозойской активизации этой крупной структуры. Это повышает вероятность нахождения здесь промышленно значимых полигенных золоторудных объектов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азовскова, О. Б. Первые находки карбидов хрома в зоне Серовско-Маукского разлома (Северо-Красноуральская площадь), связь с золото-платиноидной минерализацией / О. Б. Азовскова, В. В. Александров, А. А. Некрасова, С. Г. Сустанов // Научные чтения памяти П. Н. Червинского. – Пермь, 2009. – С. 30-38.
2. Минералогия Урала: элементы, карбиды, сульфиды / под общ. ред. Н. П. Юшкина. – Свердловск, 1990. – 390 с.

## СТРУКТУРА ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА И ФОРМЫ УПАКОВКИ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НЕОКОМА ГУБКИНСКОГО И СЕВЕРО-ГУБКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*ЗЕЛЕНСКАЯ А. Ш.*

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Учет морфологических особенностей структуры порово-пустотного пространства актуален при разработке нефтяных залежей. В практике геологоразведочных работ при изучении фильтрационно-емкостных свойств коллекторов углеводородов зачастую используются обобщенные характеристики коллекторов (открытая пористость и проницаемость, определяемые стандартными методами), при этом не учитываются особенности структуры порового пространства коллекторов. На поздних этапах разработки нефтяных залежей требуется детальное изучение фильтрационно-емкостных характеристик коллекторов с выявлением определяющих эти характеристики литологических факторов и их роли в формировании реакции коллектора при воздействии на пласт (применение МУН).

Нижнемеловой комплекс в пределах изученной Надым-Пурской НГО представлен тангаловской и сортымской свитами. Изученные коллекторы приурочены к пластам группы БП и представлены аркозовыми и граувакковыми тонкозернистыми песчаниками, сцементированными преимущественно поровым, реже пленочным и базальным типом цемента каолинит-хлорит-гидрослюдистого [1, 2], реже карбонатного состава. С глубиной наблюдается уменьшение гранулометрического состава песчаников, повышается глинистость, увеличивается доля в составе цемента гидрослюдистых и смешанослойных минералов, т.е. устанавливается ухудшение коллекторских свойств сверху вниз по разрезу [4]. Песчаники характеризуются полиминеральным составом с преобладанием кварца (до 60 %) и полевого шпата (главным образом плагиоклаза) (до 25 %) с преимущественно средней степенью сортировки [3]. Несмотря на простой и схожий минеральный состав пород по изученному разрезу, коллекторы отличаются широким разнообразием структур в пространстве пластов, что связано с высокой неоднородностью, чем и объясняется широкий диапазон фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС). По лабораторным исследованиям  $K_{\text{пор}}=15-25 \%$ ,  $K_{\text{прониц}} = 0,7 \text{ фм}^2$ .

По данным микроскопического исследования, структуры порового пространства определяются формой зерен и особенностями упаковки, характером катагенетических изменений и распределением цементной массы в межзерновом пространстве. Для выявления пространственной неоднородности коллекторских свойств проводились исследования по двум взаимно перпендикулярным направлениям: вдоль и поперек оси зерна. Анализ полученных данных свидетельствует о вариациях пористости и проницаемости в различных направлениях, что свидетельствует о явной анизотропии внешне однородных коллекторов сортымской и нижней и средней части тангаловской свиты [5].

Морфология зерен кварца в участках пород, не затронутых катагенетическими изменениями, сильно меняется. Зерна округлой формы встречаются крайне редко, чаще наблюдаются зерна овальной формы с отчетливой ориентировкой (седиментационно-гранулярный тип порового пространства). Укладка таких зерен повышает анизотропию межзернового пространства. Для изученных терригенных коллекторов существенную роль играют катагенетические преобразования, которые выражаются в интенсивной регенерации зерен. Такие зерна теряют первоначальный облик и приобретают кристаллографические очертания на границе порового пространства либо образуют кварцитовидные кластеры, объединяющие несколько зерен, разделенные участками с отсутствующей перекристаллизацией (кластерно-гранулярный тип коллектора). При глубоких катагенетических процессах кластеры объединяются в выделения неправильных очертаний (кластерный тип порового пространства). В кластерах данного типа могут быть запечатаны реликты первичных изолированных пор, а эффективная пористость и проницаемость связаны с межкластерными каналами. При максимальной перекристаллизации породы возникают плотные «кварцитовые» участки коллектора с минимальным значением поровой проницаемости. При этом происходит полная регенерация

коллектора, характеризующегося наличием изолированных пор, – регенерационный тип. Таким образом, форма кластеров, зерен и гранул определяет степень анизотропии коллектора.

Наряду с рассмотренными факторами, немаловажным является характер цементирующей тонкодисперсной массы, который является определяющим фактором фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов. Как уже отмечалось, карбонатный цемент встречается редко, основная цементная масса представлена различными ассоциациями глинистых минералов с комбинациями с дисперсным пиритом. Изучение структурных форм упаковки глинистых минералов с использованием растровой электронной микроскопии (РЭМ) проводилось в Казанском государственном университете, в лаборатории физико-химических методов исследования, при содействии и консультации зав. лабораторией В. Г. Изотова и Л. М. Ситдиковой. По данным РЭМ выделяются следующие типы упаковки глинистых минералов в изучаемых коллекторах: агрегатно-разупорядоченная структурная форма; квазиупорядоченно-волнисто-слоистая упаковка; беспорядочно-пластичная форма.

В агрегатно-разупорядоченных структурных формах (верхняя часть тангаловской свиты) в составе цемента преобладает каолининовая составляющая. С точки зрения кристаллохимии каолинит является неразбухающим минералом, но его агрегаты имеют способность изменять объем вследствие межагрегатного насыщения флюидом (внедрение последнего между кристаллическими пластинами). В поровых каналах наблюдаются тонкодисперсные выделения пирита в виде кубических и октаэдрических кристаллов (хемогенного генезиса) и фрамбоидов (бактериального генезиса), которые перекрывают поровые каналы. Квазиупорядоченно-волнисто-слоистая упаковка пакетов глинистых минералов зачастую характеризует горизонты с развитием гидрослюд. К данным горизонтам обычно приурочены высокоглинистые песчаники (средняя часть тангаловской свиты и сортымская свита). Рассматриваемые породы характеризуются волнисто-горизонтальным расположением глинистых частиц, которые деформируются в результате кристаллофизических напряжений. Гидрослюдистые минералы, представленные трубчатыми формами, имеют свойство под действием флюида разворачиваться в пластины и вследствие этого перекрывают каналы фильтрации. Беспорядочно-пластичная структурная форма характеризует нижнюю и среднюю части тангаловской свиты, основу которой составляют каолинит-хлорит-гидрослюдистые ассоциации. Для данной структурной формы характерна высокая открытая пористость. Частичная ориентировка пластин глинистых частиц связана с особенностью перекристаллизации обломочных минералов.

Различие минерального состава глинистых составляющих коллекторов различных пластов дополняется и различными структурными особенностями локализации микрофаз в порово-пустотном пространстве. Тонкодисперсная цементная масса зачастую концентрируется на стыках обломочных зерен (в пережимах поровых каналов).

Исследования нижнемеловых отложений Губкинского и Северо-Губкинского месторождений указывают на литологическое разнообразие коллекторов, которое связано как с литологическими особенностями строения продуктивных горизонтов, так и с локализацией микрофаз тонкодисперсного материала, которые определяют ФЕС пород-коллекторов и их реакцию при воздействии на пласт в процессе разработки. Изучение структурных особенностей порового пространства относительно простых коллекторов отражает сложные условия седиментации и преобразования пород-коллекторов, результатом которой служат выраженная неоднородность и анизотропия изученных пород тангаловской и сортымской свит, которые необходимо учитывать на современной стадии разработки месторождений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Котельников, Д. Д. Глинистые минералы осадочных пород / Д. Д. Котельников, А. И. Конохов. – М.: Недра, 1986. – 247 с.
2. Михеев, В. И. Рентгенометрический определитель минералов / В. И. Михеев. – М.: Госгеолтехиздат, 1957. – 869 с.
3. Наумов, В. А. Оптическое определение компонентов осадочных пород / В. А. Наумов. – М.: Недра, 1984. – 347 с.
4. Перозио, Г. Н. Эпигенез терригенных осадочных пород юры и мела центральной и юго-восточной частей Западно-Сибирской низменности / Г. Н. Перозио. – М.: Недра, 1971. – 160 с.
5. Ромм, Е. С. Структурные модели порового пространства горных пород / Е. С. Ромм. – Л.: Недра, 1985. – С. 240.



## ГАДОЛИНИЕВАЯ И ЭРБИЕВАЯ АНОМАЛИИ В ГЛУБИННЫХ РАССОЛАХ

*АБАКУМОВА О. Е., БИЗЯЕВ Н. А.*

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Многим известна так называемая «европиевая» аномалия, которая проявляется в том, что некоторые свойства европия (физические и химические) «выпадают» из закономерно изменяющегося ряда свойств элементов группы лантаноидов. Причины этих аномалий принято объяснять наличием полузаполненной 4f7-орбитали, обладающей повышенной устойчивостью [1]. Одним из следствий этого является в том числе появление иона  $\text{Eu}^{2+}$ . Это, в частности, влияет на нарушение геохимического принципа Оддо-Харкинса (табл. 1).

Таблица 1

Кларки лантаноидов в земной коре, % масс., по [3]

Элемент	Атомный номер	Кларк	Элемент	Атомный номер	Кларк
La	57	0,003	Dy	66	0,00047
Sm	62	0,00073	Er	68	0,0003
Eu	63	0,00012	Tm	69	0,00036
Gd	64	0,00072	Yb	70	0,00031
Tb	65	0,00019	Lu	71	0,00009

Наиболее чётко европиевая аномалия наблюдается в нефтях и прочих глубинных образованиях [2]. Однако в пластовых водах нефтегазоносных районов, в глубинных рассолах наблюдается гадолиниева аномалия, заключающаяся в повышенном содержании иона  $\text{Gd}^{3+}$ . Причём если европиевые аномалии сопровождаются аномалиями иттербия, то для гадолиниевой аномалии также аномально выражен эрбий (табл. 2).

Таблица 2

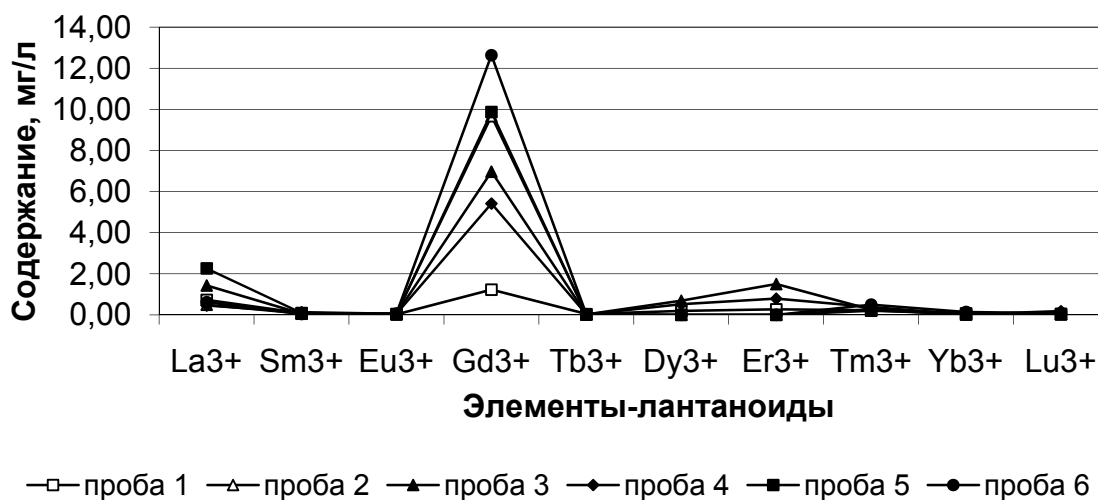
Содержание лантаноидов в глубинных рассолах, мг/л

Элемент	Проба 2250	Проба 2105	Проба 2285	Проба 2177	Проба 2227	Проба 2102
$\text{La}^{3+}$	0,730	0,490	1,430	0,460	2,260	0,620
$\text{Sm}^{3+}$	0,080	0,073	0,060	0,130	0,090	0,037
$\text{Eu}^{3+}$	0,020	0,050	0,050	0,050	0,040	0,064
$\text{Gd}^{3+}$	1,230	9,670	6,970	5,420	9,870	12,640
$\text{Tb}^{3+}$	0,040	0,019	0,020	0,020	0,020	0,033
$\text{Dy}^{3+}$	0,190	0	0,690	0,520	0	0
$\text{Er}^{3+}$	0,270	0	1,500	0,790	0	0
$\text{Tm}^{3+}$	0,220	0,200	0,250	0,380	0,270	0,500
$\text{Yb}^{3+}$	0,020	0,088	0,020	0,020	0,070	0,140
$\text{Lu}^{3+}$	0,030	0,037	0,040	0,180	0,050	0,085
Минерализация, г/л	57,66	164,75	190,39	199,29	205,72	208,82

Причины гадолиниевой аномалии можно объяснить по аналогии с европиевой. Они связаны с тем, что в соединениях гадолиний присутствует в виде иона  $\text{Gd}^{3+}$ , то есть обладает стабильным 4f7-подуровнем, характерным для молекулярного европия. А так как гадолиниева аномалия

встречается именно в соединениях, то присутствие 4f7-подуровня объясняет превалирование гадолиния в глубинных рассолах.

На рисунке представлен график распределения лантаноидов в глубинных рассолах, на котором чётко наблюдаются пики гадолиния и в меньшей степени – эрбия.



Гадолиниевая и эрбиевая аномалии в глубинных рассолах

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абакумова, О. Е. Аномальные свойства трихлорида европия в ряду трихлоридов редкоземельных элементов / О. Е. Абакумова, А. М. Потапов, А. В. Новосёлова // Проблемы теоретической и экспериментальной химии: тезисы докладов XVIII Российской молодёжной научной конференции, посвящённой 90-летию со дня рождения профессора В. А. Кузнецова. – Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2008. – С. 424-425.
2. Иванов, К. С. О генезисе нефти осадочных бассейнов / К. С. Иванов, В. Г. Кучеров, Ю. Н. Фёдоров // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли: материалы 5-го Всероссийского литологического совещания. – Екатеринбург, 2008. – С. 263-266.
3. Овчинников, Л. Н. Прикладная геохимия / Л. Н. Овчинников. – М.: Недра, 1990. – 248 с.

УДК 551.43

### ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТА ЛИПОВСКОГО СИЛИКАТНО-НИКЕЛЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА РЕГРЕССИВНОЙ СТАДИИ ТЕХНОГЕНЕЗА

*БИЗЯЕВ Н. А.*

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Ландшафт Липовской геосистемы развивается на техногенном основании Липовского силикатно-никелевого месторождения и несёт геохимическую нагрузку, связанную с преобразованием природной среды. Таким образом, в ходе техногенетического развития ландшафт геосистемы обособлен от ландшафта района.

В результате более чем 30-летней отработки месторождения на площади 626 га существует ландшафт, потоки вещества в котором подчинены самопроизвольному течению после наступления регрессивного подэтапа техногенеза.

Основные элементы техногенного ландшафта Липовской геотехногенной системы – отвалы и карьерные выемки, заполненные геохимически своеобразными водоёмами. Процесс заполнения, начавшийся после прекращения водопонижения, с течением времени затухает, карьерные озёра

переходят в олиготрофное состояние и по своей сути приближаются к природным. Уже происходит их евтрофикация.

Геохимическое своеобразие техногенного ландшафта является отголоском природы на антропо-техногенное вмешательство. Миграция ионов никеля из хелатных комплексов усиливается при выполаживании уровня подземных вод, в результате захвата карстовых коллекторов, заполненных углисто-глинисто-песчаным веществом и лигнитами.

Содержание никеля в связанной форме с органическими радикалами (фульваты и гуматы) в лигнитах карстовых наполнителей имеет характер загрязнителя на высоком уровне. Содержание в торфе и лигнитах фульвокислот составляет 8,2-11,4 %, а гуминовых кислот – 3,0-23,8 % [3]. Присутствие никеля именно в форме металлоорганических соединений в лигнитах обуславливает его наибольшую миграционную подвижность по сравнению с его содержанием в рудах месторождения (гарниерит, монтмориллонит, непуит). Содержание данного типоморфного элемента-загрязнителя в форме неорганических соединений руд месторождения незначительно влияет на его поступление в подземные воды.

В результате выноса никеля из карстовых наполнителей ухудшается качество отбираемых подземных вод и изменяется геохимия не только поверхностных и подземных вод, но и озёрных отложений [1], мощность которых в 2007 г. составляет в среднем 3 см. Изменяется химизм биотических сообществ, населяющих техногенно преобразованную территорию. Отмечается изменение пигментации хвои сосен и листвы берёз, произрастающих в непосредственной близости от путей миграции никеля из карстовых наполнителей, а также в зоне береговой линии карьерных озёр.

Геохимическое выделение ландшафта территории Липовской геосистемы возможно по контурам водных потоков [2], учитывая не только поверхностные воды, но и подземную гидросферу.

В Липовской геотехногенной системе объединяются водосборы всех водотоков, хотя бы отчасти участвующих в переносе фаз, мобилизованных при техногенезе. Этот принцип позволяет ограничивать геотехногенно преобразованную систему на дневной поверхности линиями водоразделов. По контуру подземных водотоков этот принцип не может быть полностью оправдан, следует учитывать гидрогеологические особенности строения месторождения, окружающей его площади, а также способы транзита вод. На месторождении наиболее развиты подземные трещинные воды, и, следовательно, контур геотехногенной системы по ним много больше.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волков, С. Н. Город Реж и его окрестности: природа, техника, человек / С. Н. Волков, Э. Ф. Емлин, О. Г. Кецко. – Реж – Екатеринбург, 1992. – 150 с.
2. Емлин, Э. Ф. Техногенез колчеданных месторождений Урала / Э. Ф. Емлин. – Свердловск: Изд-во УрГУ, 1991. – 256 с.
3. Швец, В. М. Органические вещества подземных вод / В. М. Швец. – М.: Недра, 1973. – 192 с.

УДК 551.24

## СОВРЕМЕННЫЕ АКТИВНЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА

*ТАГИЛЬЦЕВ С. Н., ДЁМИНА А. Ю.*

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Известно, что земная кора на Урале находится в напряженно-деформированном состоянии. В поле современных тектонических напряжений значительная часть разломов проявляет геодинамическую активность. Активность тектонических нарушений выражается в относительных разнонаправленных подвижках по швам разломов. Эти подвижки, как правило, хорошо проявляются и в приповерхностном слое геологического разреза.

В условиях города наиболее отчётливо активность тектонических нарушений проявляется в аварийности линий подземных коммуникаций. Большая часть аварий происходит в пределах одних и

тех же достаточно компактных участков. Характер повреждений на линиях городского водопровода различный. В течение эксплуатации происходят переломы труб, возникают трещины, свищи, свищевая коррозия, разрыв трубы. Необходимо учитывать, что причин возникновения аварий может быть достаточно много, в том числе и естественный износ труб. Именно поэтому основной анализ фактического материала проводится по переломам и трещинам, которые являются результатом динамического силового воздействия, мы предполагаем, что тектонического. Аварии с таким характером повреждений труб составляют порядка 30 % от общего числа аварий за год.

При нанесении на карту города мест аварий, которые произошли в 2004-2007 гг., было замечено, что большинство аварийных участков образуют на карте линейные «цепочки». Такие образования принято называть линеаментами. Наличие линеаментов заставляет предполагать, что значительная часть аварий возникает в результате деформаций тектонического генезиса. Инженерные коммуникации в пределах этих участков практически постоянно подвергаются воздействию тектонических подвижек в зонах пересечения с активными разломами.

Положение плоскостей различных типов разломов (надвигов, сдвигов, раздвигов) относительно осей главных нормальных напряжений достаточно хорошо изучено. В свою очередь, ориентировка осей главных напряжений в рассматриваемом регионе в основных чертах известна. Это позволило, на основании данных по ряду объектов, выявить типовую структуру современной сети активных разломов. Сравнительный анализ типовых тектонических структур и структуры линеаментов аварийных участков позволяет сделать мотивированное заключение о природе силовых воздействий на линейные коммуникации.

В Уральском горно-складчатом регионе в активизации тектонических структур обычно участвуют два сопряженных основных направления максимальных напряжений, которые имеют субширотную ориентировку. Под воздействием одного максимального напряжения могут развиваться (активизироваться) три основных типа тектонических нарушений – надвиги (взбросы), сдвиги и раздвиги. Эти структуры имеют различную ориентировку (простираение) относительно направления действия главного напряжения. Угловое соотношение разломов, их относительная протяжённость являются важными диагностическими признаками, позволяющими уточнить кинематический тип тектонических нарушений и выявить ориентировку осей главных напряжений.

При рассмотрении вопроса закономерности образования активных разломов была также проанализирована карта новейшей тектоники города Екатеринбурга, составленная А. Н. Гуляевым в 1998 г. На этой карте показаны предполагаемые зоны нарушения сплошности верхней части земной коры, выявленные по данным морфоструктурного анализа рельефа земной поверхности.

В результате анализа карт фактического материала по авариям были построены розы-диаграммы. Ориентировка тектонических структур соответствует диаграммам аварий 2004-2007 гг. Основными структурами являются сдвиги, имеющие среднее простираение 330 и 45° (225°). Хорошо представлены раздвиги (предположительно), ориентированные по азимуту 85° (265°). Соответствие ориентировки «аварийных» линеаментов и простираения тектонических структур показывает, что эти материалы отражают реальную ситуацию в геологической среде города.

Таким образом, следует считать, что на территории г. Екатеринбурга развитие современных тектонических структур подчиняется основным закономерностям, которые типичны для Уральского региона. Значительная часть тектонических нарушений отличается современной геодинамической активностью (подвижностью) в поле современных тектонических напряжений. Активные разломы играют значительную роль в развитии аварийных ситуаций на линейных коммуникациях города. Тектонические подвижки могут представлять существенную опасность для крупных сооружений, расположенных как на поверхности, так и под землёй.

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ ЛОКАЛИЗАЦИИ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ГИПОГЕННО-ГИПЕРГЕННОГО ТИПА В АКТИВИЗИРОВАННЫХ СТРУКТУРАХ СЕВЕРНОГО И СРЕДНЕГО УРАЛА

АЛЕКСАНДРОВ В. В.  
ОАО «УГСЭ»

БАРАННИКОВ А. Г.  
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Учитывая острый дефицит запасов благородных металлов в пределах Уральского региона, весьма актуальной является проблема выявления и промышленного освоения новых перспективных объектов нетрадиционных типов. В этой связи пристального внимания заслуживают, по нашему мнению, проявления золото-платиноидной минерализации так называемого гипогенно-гипергенного типа. Под ними понимают такой тип рудогенеза, когда процессы формирования кор выветривания и рудоотложения были сопряженными или сближенными как во времени, так и в пространстве [7].

Начиная с позднего палеозоя и раннего мезозоя Уральский складчатый пояс в ранге уже молодой эпигерцинской платформы испытал кардинальное изменение геодинамического режима и стал развиваться в условиях, параллелизуемых с тектоно-магматической активизацией (ТМА) (в транскрипции современных тектонических концепций – с режимом постколлизийного рифтогенеза). На сегодняшнем уровне изучения в развитии ТМА могут быть выделены две стадии – ранняя ( $P_2$ - $J_1$ ), поздняя ( $J_2$ - $K$ ). В. С. Шуб и др. (1991) считали возможным выделить и третью стадию активизации – позднеолигоцен-четвертичную ( $P_3^3$ - $Q$ ). На формирование благороднометалльного оруденения оказывали совокупное влияние как эндогенные факторы рудогенеза, так и экзогенные (что и позволяет относить его к типу гипогенно-гипергенного) [1-8]. Это своеобразие проявилось как в особенностях локализации рассматриваемых типов оруденения, форме, условиях залегания рудных скоплений, так и составе минерально-геохимических ореолов.

Мезозойская ТМА достаточно широко проявлена в структурно-вещественных комплексах Урала. Геолого-тектоническое и геодинамическое положение этих зон охарактеризовано и приводится в докладе. Одним из ведущих рудообразующих процессов, определивших во многом металлогению зон ТМА, явился процесс аргиллизации. Наложение аргиллизитов на более ранние рудоносные системы в узлах эндогенной активности привело к формированию полигенных и полихронных месторождений. Выявленные и в той или иной степени исследованные объекты гипогенно-гипергенного типа установлены в различных структурно-формационных зонах Урала. При проведении поисковых работ ОАО «УГСЭ» на рудное золото на Среднем и Северном Урале проявления золото-платиноидной минерализации нетрадиционного типа обнаружены на восточной окраине Тагильской мегазоны, тяготея к сочленению с Восточно-Уральским поднятием (Екатерининская, Северо-Красноуральская, Мраморская площади), а также в пределах Центрально-Уральского поднятия, в Сурьинско-Промысловской минерагенической зоне (Кедровская, Сурьинская площади). Своеобразие изученных объектов проявляется в следующем.

**Екатерининская площадь.** Установлены зоны метасоматических изменений аргиллизитовой формации в вулканогенно-осадочных, осадочных и некоторых типах интрузивных пород. Отмечены признаки наложения этого процесса на химические коры выветривания. Изменения выражены в развитии гидрослюдисто-глинистых минералов, карбонатов, гематита, сульфидов. Концентрации золота достигают промышленных. Содержания платины – 0,122 г/т, палладия – до 9,83 г/т. Золото в основном высокопробное, мелкое и тонкое (0,03-0,2 мм). Обнаружено микроскопическое золото низкой пробности (567 ‰) со значительными примесями Cu, Ag, Pt, Pd, Rh (сумма платиноидов до 10,38 ‰). Выявлены в виде вкрапленности в карбонатных прожилках микрочастицы (1-7 мкм) самородной платины и палладия.

**Северо-Красноуральская площадь.** В вулканогенно-осадочных породах, дайках малоглубинных сиенит-порфиров и субвулканических трахиандезитов обнаружены зоны березитовых и аргиллизитовых изменений с сульфидной вкрапленностью. Аргиллизитовые метасоматиты представлены каолинит-гидрослюдистыми продуктами с вкрапленностью «свежего»

пирита (до 10 %). Содержание золота в породе достигает 2,4 г/т. Золото мелкое (от микроскопических частиц до 0,5 мм), часто вкраплено в пирите. Второстепенные сульфиды – марказит, халькопирит, сфалерит, галенит. В корях выветривания отмечены находки осмий-иридиевых сплавов, в рыхлых отложениях установлено присутствие порпечита (содержание Pd до 20 %).

**Кедровская площадь** (Серебрянский рудно-россыпной узел). В линейных корях выветривания по золоторудным зонам березит-лиственитовых метасоматитов с кварцевым прожилкованием установлены признаки аргиллизации. В составе аргиллизитов присутствует смектит-гидрослюдистая ассоциация, тонкозернистый пирит, субмикроскопическое золото. Содержание платиноидов (Pt+Pd) достигает 1,08 г/т [4, 5, 8].

**Сурынская площадь.** В углеродистых сланцах велсовской свиты ( $R_3$ ) с сульфидно-карбонат-кварцевым прожилкованием развиты зоны смятия, катаклаза, метасоматического прокварцевания и сульфидизации. К ним приурочены повышенные содержания золота. В верхнем окисленном горизонте ( $eMZ_{I-II}$ ) рудоносных зон отмечены признаки низкотемпературных изменений. Под электронным растровым микроскопом в гидроксидах железа (образованных по сульфидам) обнаружены включения и наросты барита, галенита, акантита, самородного свинца, а также мелкая частица платины (размером 4 мкм). Выявлено золото разной пробы (750 и 980 ‰). Содержания благородных металлов в породах (г/т): Au – 8,22; Pt – 1,74; Pd – 1,97 [4].

**Мраморская площадь.** В зонах глубоких (> 180 м) линейных кор выветривания по рудоносным зонам метасоматитов березит-лиственитовой формации проявлен углеродистый и низкотемпературный метасоматоз. Этот процесс наложился на петрографически разные комплексы пород, а также на дресвяно-глинистые продукты кор выветривания. Сказанное проявилось в появлении «свежего» пирита и самородных металлов [1]. В зернах пирита обнаружены включения золота и налеты теллуридов золота [3]. В корях выветривания углеродистых метасоматитов в контакте с дайкой гранодиоритов обнаружены повышенные содержания платиноидов (г/т): Pt – 2,7; Pd – 0,07; содержание золота в этих породах достигает 1,0.

К числу ведущих геологических факторов, контролирующих размещение оруденения гипогенно-гипергенного типа, следует отнести:

эндогенные факторы: шовные зоны, отражающие участки сочленения блоков с разным типом строения земной коры; сдвига-надвиговые дислокации разных порядков; зоны автономного проявления магматизма, параллелизуемого с мезозойской ТМА; участки пересечения разломов разной ориентировки; зоны повышенной трещиноватости; проявление полихронного метасоматизма (пропилитов, кварц-серицитовых пород, березитов, джаспероидов, аргиллизитов и др.); комплексные геохимические аномалии (Au, МППГ, Ag, As, Sb, Hg, Cu, Pb, Zn, Ba и др.);

экзогенные факторы и поисковые признаки: зоны мезозойских эрозионно-структурных депрессий; зоны древнего заполненного карста; присутствие в россыпях мелкого и тонкого металла, характеризуемого своеобразием состава (резкие колебания пробы золота, присутствие в виде примесей повышенных концентраций Cu, Hg, Pd и др.); появление в шлихах самородных металлов и интерметаллидов (самородной цинковистой и оловянистой меди, самородных Al, Zn, Pb, Sn и др.), карбидов хрома [1, 2, 3, 4]; наличие «свежего» пирита в корях выветривания.

Приведенные в докладе сведения должны способствовать повышению надежности геологического прогноза на благороднометалльное оруденение.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азовскова, О. Б. Новый тип гипогенно-гипергенного золотого оруденения на Среднем Урале. Особенности минералогии / О. Б. Азовскова, А. А. Малюгин [и др.] // Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов: Материалы Всероссийского симпозиума. – М.: ООО «Связь-Принт», 2002. – С. 100-102.
2. Азовскова, О. Б. Первые находки карбидов хрома в зоне Серовско-Маукского глубинного разлома (Северо-Красноуральская площадь), связь с золото-платиноидной минерализацией / О. Б. Азовскова, В. В. Александров // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского: сб. науч. ст. – Пермь: Перм. ун-т, 2009. – Вып. 12. – С. 30-38.
3. Азовскова, О. Б. Углеродистый метасоматоз и золотое оруденение зоны мезо-кайнозойской активизации на Среднем Урале / О. Б. Азовскова, А. А. Малюгин // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении: тезисы докладов Международного совещания. – Новосибирск, 2006. – С.12-14.

4. Александров, В. В. Золото-платиноидное оруденение в углеродсодержащих породах северной части Сурьинско-Промысловской минерагенической зоны (Северный Урал) / В. В. Александров // Металлогения древних и современных океанов: материалы Двенадцатой научной студенческой школы. – Миасс, 2006. – С. 192-195.
5. Александров, В. В. Стадийность процессов рудообразования в углеродсодержащих метавулканогенно-метатерригенных толщах Сурьинско-Промысловской минерагенической зоны / В. В. Александров, М. А. Лежепеков // Известия УГГГА. Специальный выпуск. Материалы Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург, 2005. – С. 72-73.
6. Александров, В. В. Платиноиды и сопутствующие им минеральные парагенезисы в верхних горизонтах рудоносных зон Екатеринбургской площади (Северный Урал) / В. В. Александров, Д. А. Костромин // Материалы Уральской горнопромышленной декады, УГГУ. – Екатеринбург, 2007. – С. 46-47.
7. Баранников, А. Г. Гипогенно-гипергенный тип золотого оруденения на Урале / А. Г. Баранников // Известия УГГГА, вып. 8. Сер.: Геология и геофизика, 1998. – С. 94-99.
8. Золоев, К. К. Золото-платиноидное оруденение Сурьинско-Промысловской зоны (Средний и Северный Урал) / К. К. Золоев, И. Н. Новиков, Э. М. Седых // Платина России. Новые нетрадиционные типы платиносодержащих месторождений. Результаты и направления работы по программе «Платина России»: сборник научных трудов. – Том VI. – М.: Геоинформмарк, 2005. – С. 69-77.

УДК 553 (571.61)

## СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ РУДНОЙ ЗОНЫ ОСИПКАН (АМУРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

*ДАНИЛУШКИНА С. Е., РЫБАЛКО В. А.*

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

**Введение.** Выявление новых рудных месторождений является одной из важнейших задач, стоящих перед геологией на современном этапе. Для успешного прогнозирования таких объектов необходимо изучить геохимическую структуру региона, определить геохимические типы оруденения, районы их распространения и дать им прогнозно-геохимическую оценку. При проведении литохимических съемок по потокам рассеяния и многочисленных поисковых работ в пределах изучаемой территории накоплен богатый фактический материал о распределении содержаний химических элементов в осадочных отложениях и минералов в шлиховых ореолах на обширных территориях, выделено большое количество геохимических аномалий. В связи с этим появилась необходимость обобщить, качественно и количественно проинтерпретировать имеющиеся данные, определить структуру геохимического поля исследуемого участка, начиная от региональных структур до локальных – ранга рудного узла, с выявлением их геохимической специализации, и провести прогнозно-геохимическую оценку территории с целью локализации площадей для проведения дальнейших геологоразведочных работ. Этим и определяется актуальность исследования.

**Геология и металлогения Верхнеселемджинского рудного района.** Верхнеселемджинский рудный район неоднократно привлекал к себе внимание многочисленных исследователей, благодаря своей уникальной геологической позиции и как следствие – сложной и неоднозначной истории геологического и тектонического становления. Данный рудный район в потенциале обладает существенными ресурсами как рудного, так и россыпного золота. Рудный район располагается на стыке нескольких структурно-формационных зон, в пределах близширотной Монголо-Охотской складчатой системы, трассирующей долгоживущими, глубинными разломами разных направлений. В соответствии с геолого-тектоническим строением в Амурской области выделяют две крупные минерагенические провинции – Олекмо-Становую и Амурскую, подразделенные на минерагенические области, в пределах которых, в свою очередь, выделены структурно-минерагенические зоны (СМЗ). Район очень длительное геологическое время, в течение фанерозоя, представлял собой пронизываемый участок земной коры, служивший каналом для поступления глубинных (мантийных) гидротерм, изначально специализированных на золото и мышьяк (эти элементы доминируют в металлогении района).

Позднепалеозойское осадконакопление с участием повышенного количества органического вещества – продукта разрушения и литификации изначально обогащенных золотом пород, привело к дополнительной сорбции и перераспределению золота. Последующий раннемезозойский метаморфизм, несколько этапов магматизма и тектонической активности способствовали дальнейшей дифференциации и эволюции золота и в то же время привнесли новые порции этого благородного металла, а также таких элементов, как вольфрам, сурьма, молибден, полиметаллы.

Стратиграфическое расчленение осадочно-метаморфических толщ района до сих пор остается дискуссионным. Выделяемые разными авторами в разные годы одни и те же свиты и толщи зачастую имеют разные названия и возраст, датируясь от раннего архея до позднего палеозоя.

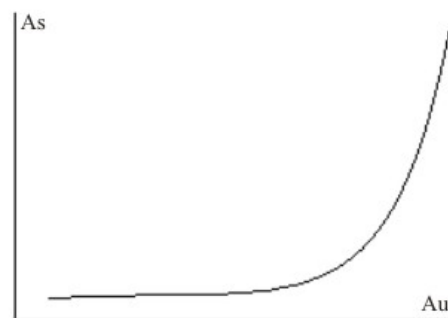
В настоящее время подходы к стратиграфии явно устарели и требуют своего пересмотра. Основными усложняющими элементами служат наличие в пределах района многочисленных разновозрастных структур, а также зонального регионального динамотермального метаморфизма начальной стадии зеленосланцевой фации, которому в той или иной степени подвергнуты практически все верхнепалеозойские и нижне-среднемезозойские осадочные отложения, причем отмечается возрастание степени метаморфизма с севера на юг и с запада на восток.

**Исследование состава и структуры геохимических ореолов рассеивания рудной зоны Осипкан (Амурская область).** Выделенные аномальные ореолы рассеивания мышьяка, золота и серебра позволяют установить закономерности в размещении мышьяка и золота. Ореолы их рассеивания в большинстве случаев совпадают. Ореолы рассеивания золота имеют в основном субмеридиональное положение и вытянутую форму, площадь таких ореолов изменяется в интервале от сотен метров квадратных до 7 км<sup>2</sup>. Помимо субмеридионального расположения ореолы рассеивания золота имеют также и субширотное простираие. В данном случае ореолы имеют вытянутую форму и небольшую площадь – до 1 км<sup>2</sup>. Что касается ореолов рассеивания мышьяка, то их простираие является субмеридиональным, а площадь составляет первые сотни метров и до 5 км<sup>2</sup>. Их расположение соответствует расположению метасоматитов. В данной рудной зоне метасоматиты являются кварц-хлоритовыми с вкрапленностью пирита. Также выявлены зоны березитоподобных метасоматитов. На изменение геохимического фона в данном случае может влиять изменение состава пород. Повышение концентрации золота в центральной части метасоматитов может свидетельствовать о наличии рудных тел (кварцевых жил). Структура ореолов рассеивания мышьяка совпадает с расположением ореолов рассеивания золота в центральной и юго-восточной частях изучаемой территории. Закономерности размещения ореолов рассеивания данных элементов в изучаемом рудном районе тождественны ореолам рассеивания в пределах Токурского рудного узла – имеют схожую структуру и совпадают с положением рудных тел. Для выяснения связи между элементами As и Au проведена корреляция и вычислен коэффициент корреляции. Коэффициент составляет  $r=0,74$ . На рисунке отражена графическая взаимосвязь между данными элементами, связь является криволинейной, прямой и сильной. При увеличении концентрации мышьяка концентрация золота также увеличивается, что свидетельствует о высокой степени взаимосвязи. Авторами данной работы проведен также корреляционный анализ между элементами As, Au, Pb, Sn, Mo, Ag, Cu, Zn, Sb. На основе анализа получены данные, приведенные в таблице.

В данном анализе были задействованы содержания в элементах по 1210 пробам. Для интерпретации данных и получения выводов также рассчитан критический коэффициент корреляции, составляющий 0,3. По данным таблицы можно утверждать, что на изучаемом рудном участке присутствуют несколько этапов минерализации, связанных с тектоникой этого участка. Такая минерализация является нетрадиционной для района, исходя из его геологического строения.

#### **Золото-меднополиметаллическая минерализация**

**с оловом.** Среди порфировидных гранитоидов мелового возраста, прорывающих раннемеловые вулканиты среднего состава, выявлены зоны березитоподобных метасоматитов мощностью до нескольких метров с вкрапленностью пирита, сфалерита и жильным кварцем выполнения в трещинах. Спектр минерализации включает медь,



Линия регрессии (зависимости между элементами)



свинец, цинк, олово, золото. Площадь ореола данных потоков этих элементов превышает 5 км<sup>2</sup>. Авторы данной статьи выделили золото-меднопорфировый тип минерализации на основе тесной пространственной ассоциации со штоком меловых порфировидных гранитоидов и сопровождающих его даек гранодиорит-порфиров и диорит-порфиров, прорывающих палеозойские аргиллиты, песчаники и кварциты экимчанской и токурской свит. Содержание меди составляет 1 %, золота – до 2 г/т во вторичных ореолах.

#### Парные коэффициенты корреляции

	Au	As	Pb	Sn	Mo	Ag	Cu	Zn	Sb
Au	1	0,39	0,34	0,23	0,25	0,1	0,23	0,2	0,29
As		1	0,98	0,84	0,79	0,88	0,01	0,78	0,84
Pb			1	0,85	0,88	0,17	0,96	0,9	0,92
Sn				1	0,80	0,16	0,85	0,97	0,15
Mo					1	0,09	0,12	0,11	0,13
Ag						1	0,14	0,15	0,17
Cu							1	0,13	0,15
Zn								1	0,14
Sb									1

Примечание. 0,1-0,29 – коэффициенты ниже критического коэффициента корреляции 0,3; 0,34-0,98 – выше.

Отмеченная минерализация имеет позднепалеозойский возраст и отличается от широко распространенного в этом районе золотого оруденения малосульфидной золото-кварцевой формации комплексностью, преимущественно метасоматической природной минерализацией, повышенной мощностью рудных тел. На примере аналогового месторождения (Токур) в ассоциации с золотом встречаются такие минералы, как: арсенопирит, пирит, галенит, шеелит, рутил, халькопирит, марказит, блеклые руды, антимонит, рутил, станнин, касситерит.

Анализ геохимических карт и геохимических данных также позволил установить, что ряд элементов, пространственно совмещенных с главными металлами, в рудной зоне их сопровождает, проявляя индикаторные особенности на золото-пирит-арсенопиритовое оруденение. В частности, индикаторными оказались As, Ag, хотя As является рудогенным, но он с определенной условностью проявляет индикаторную особенность на Au, т. е. его присутствие в массовых спектральных анализах метасоматитов и продуктов зоны окварцевания может указать на наличие золотосульфидного оруденения. В заключение надо отметить, что высокие содержания вышеназванных индикаторных элементов в массовых спектральных анализах околорудных метасоматитов могут указать на наличие руд, и их можно использовать как геохимические поисковые признаки скрытых золотосульфидных руд. Важно отметить, что поиски и прогнозы медно-порфировых руд за пределами полей метасоматических изменений исключаются. Напрашивается вывод, что метасоматические изменения пород являются надежными критериями прямых поисков и прогноза скрытых руд в целом.

**Заключение.** Недра Амурской области таят в себе неисчислимые богатства, которые к настоящему времени на 95 % являются не востребованными. Перспективы создания здесь минерально-сырьевой базы – основы экономического развития любой территории, весьма велики. Россыпная золотодобыча, история которой насчитывает около 150 лет, постепенно сокращается в связи с истощением сырьевого потенциала. В перспективе будущее золотодобычи связано с отработкой коренных месторождений золота различных генетических типов. Важнейшую роль в открытии золоторудных месторождений играют геохимические методы поисков.

## МОРФОЛОГО-ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА РЕК НЯИС И МАНЬНЯИС (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

ЛЕОНТЬЕВ В. И.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Район работ расположен в горной части ХМАО, вблизи восточной границы Маньхамбовского массива гранитоидов, в пределах которого в настоящее время активно проводятся поиски золото-редкометалльной минерализации. В геологическом строении территории принимают участие в различной степени метаморфизованные осадочные, вулканогенно-осадочные и вулканические породы хобеинской, саблегорской и мороинской свит среднего и верхнего рифея, прорванные малыми телами и дайками от основного до кислого состава. В геоморфологическом отношении площадь исследований относится к подзоне низких гор восточного склона Урала (Сигов, 1969) с абсолютными отметками 200-400 м. Большинство водотоков имеют типичный горный характер, местами глубоко врезаюсь (до 15-20 м) в коренные породы. Долины рек слабо террасированные, антецедентные и имеют преимущественно восточное направление. По данным предшественников, практически все они в той или иной степени золотосны.

Материалом для исследований послужили шлиховые пробы, собранные сотрудниками Северной НИГЭ УГГУ в рамках темы по составлению шлихоминералогической карты Приполярного Урала. Наиболее интересными оказались пробы из современного аллювия рек Няйс и Маньняйс, истоки которых располагаются непосредственно на Маньхамбовском массиве (рис. 1), а долины практически поперек пересекают рифейский комплекс пород, включая редкометалльные песчаники и конгломераты. Опробованные участки долин расположены в 5-12 км от границы массива.

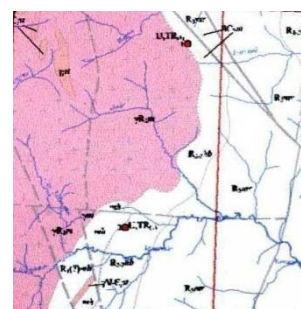


Рис. 1. Схематическая карта восточной части Маньхамбовского массива

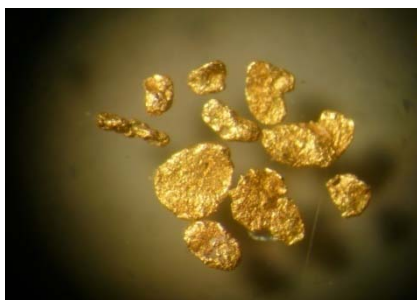


Рис. 2. Россыпное золото из современного аллювия рек Няйс и Маньняйс

Фракционирование проб и выделение монофракций самородного золота выполнено С. В. Акуловой. Изучение частиц россыпного золота производилось по методике А. Г. Баранникова [1]. Под бинокулярным микроскопом МБС-9 проводилось изучение морфологических и гранулометрических особенностей золотинок, степени окатанности, степени гипергенного изменения поверхности, состава и количества минеральных включений и вторичных налетов (рис. 2). Химический состав минерала изучался на растровом электронном микроскопе с микрозондовой приставкой.

Было исследовано 12 проб, в самой крупной навеске – 37 знаков, в среднем – около 13 знаков на пробу. Рассчитанный средний размер зёрен составляет 0,34 мм. Преобладают уплощённые зёрна – чешуйки и пластинки. Причём вниз по течению реки наблюдается уменьшение среднего размера зёрен и увеличение количества уплощённых золотинок. Окатанность зёрен очень низкая.

Химический состав изучался в приполированных золотинок из пробы М-07-529. При наличии высокопробных кайм (рис. 3) химический состав зерна определялся на кромке и в ядре зерна (см. таблицу). Большая

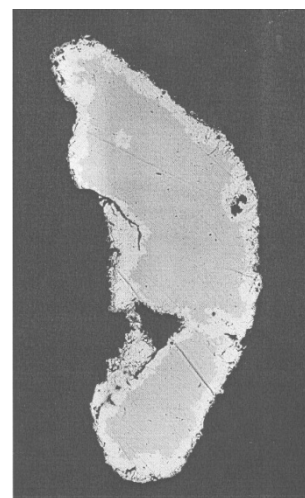


Рис. 3. Реакционная кайма

часть проанализированных золотин имеют среднюю пробу (764-866). В качестве элементов-примесей присутствуют серебро (2,78-18,99 мас. %) и медь (до 3,77 мас.%); Pd, Hg и As не обнаружены. Большинство золотин имеет тёмно-жёлтый цвет. Включения присутствуют в 32 % золотин и в основном представлены слюдой и силикатами; также встречаются кварц и гематит.

Химический состав золотин из пробы М-07-529 (мас. %)

	1			2		3		4	5		6	7	8
	край	ср.	центр	край	центр	край	центр		край	центр			
Au	76,42	84,25	85,27	97,22	97,17	100,00	81,55	98,57	99,06	81,01	94,84	86,62	96,79
Ag	23,58	15,75	17,73	2,78	2,83	-	18,41	1,20	0,76	18,99	1,39	13,28	2,39
Cu	-	-	-	-	-	-	0,04	0,71	0,18	-	3,77	0,11	-

Учитывая в целом невысокую окатанность частиц самородного золота и слабую степень гипергенного изменения поверхности золотин, а также многочисленность минеральных включений, можно предположить, что коренные источники золота расположены достаточно близко от Няйс-Маньяйского россыпепроявления. Простой химический состав золота, по нашему мнению, указывает на сульфидно-кварцевый жильный тип коренных источников, сходный с проявлениями ручья Караванного в центральной части Кожимского блока. Кроме того, источником золота могли служить рудоносные конгломераты хобеинской свиты [2].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранников, А. Г. Изучение самородного золота при проведении поисковых работ: методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Прогнозирование, поиски и разведка месторождений благородных металлов и алмазов» / А. Г. Баранников. – Екатеринбург: Изд-во УГТГА, 1994. – 22 с.
2. Душин, В. А. Рифейский гранитный магматизм и металлогения Маньхамбовского блока / В. А. Душин, А. В. Фауст // Региональная геология и металлогения. – 2008. – № 35. – С. 25-33.

УДК 552.31

### КЛИНОПИРОКСЕНИТЫ УЛЬТРАОСНОВНЫХ МАССИВОВ ХУЛГИНСКОГО БЛОКА (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

*ЧЕРНЕЦКАЯ М. В., АЛЕКСЕЕВ А. В.*

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

**Исходные данные.** В пределах Приполярного Урала выделяется несколько ультрабазитовых и базит-ультрабазитовых комплексов, принадлежащих к платиноносной (Хорасюрский, Вольинский) и альпинотипной (Олыся-Мусюр, Синотвож) ассоциациям. Как и в других регионах Урала, они протягиваются вдоль основных структур в виде поясов, при этом альпинотипный пояс смещен относительно платиноносного к востоку. Массивы характеризуются слабой степенью изученности, в первую очередь, из-за их труднодоступности и низкой степени обнаженности.

Нами детально изучались два ультраосновных альпинотипных массива – Олыся-Мусюр и Синотвож, принадлежащие к Хулгинскому блоку. Массив Олыся-Мусюр (рис. 1) протягивается в субмеридиональном направлении на 40-45 км при ширине от первых сотен метров до 6 км. В его строении участвуют два комплекса пород. На западе развит клинопироксенитовый комплекс, сложенный оливиновыми и однородными клинопироксенитами с подчиненными жильными телами дунитов. Мощность комплекса от десятков метров до 3-4 км. На востоке развит хромитоносный дунит-гарцбургитовый комплекс, представленный гарцбургитами с жильными телами дунитов (мощность комплекса от десятков метров до 2-3 км). По контакту обоих комплексов развивается зона

антигоритовых серпентинитов мощностью сотни метров, редко до 2-3 км. Вмещающими породами служат метаморфические породы раннего протерозоя на западе и девонские вулканогенно-осадочные породы с интрузиями габбро на востоке. Массив Синотвож расположен южнее и отделен от Олыся-Мусюра тектоническим блоком девонских пород. Он считается продолжением Олыся-Мусюра и часто рассматривается вместе с ним в виде единой ассоциации. Массив незначителен по размерам (3×5 км), с запада контактирует с габбровой интрузией. По направлению от последних в ультрабазитах идет смена пород: клинопироксенитовая зона по контакту с габбро, дунит-гарцбургитовый комплекс с хромитовым оруденением, гарцбургиты с жильными телами дунитов.

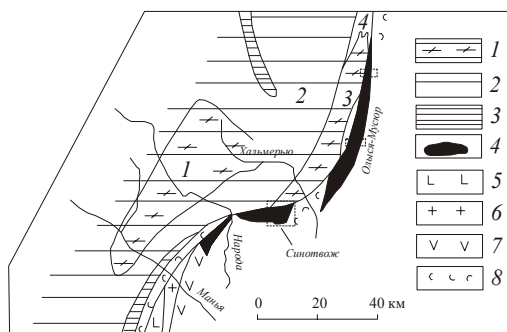


Рис. 1. Тектоническая схема Приполярного Урала (по А. В. Пейве и др.) с положением изучаемых ультраосновных массивов:

1 – раннепротерозойские метаморфические комплексы; 2 – рифейские метаморфические комплексы; 3 – нижне-среднепалеозойские метаморфические комплексы; 4 – комплексы офиолитовой ассоциации; 5 – комплексы платиноносной ассоциации; 6 – габбро-диабаз-диоритовый комплекс; 7 – Маньинский комплекс параллельных диабазовых даек и подушечных лав; 8 – среднепалеозойские нерасчлененные вулканогенно-осадочные комплексы. Цифры на карте: 1 – Хобеизский гранито-гнейсовый купол (няртинский комплекс); 2 – Хальмерьюский комплекс; 3 – Неркаюский комплекс; 4 – Парусшорский комплекс

**Постановка задачи.** Основной геологической проблемой является формационная природа массива Олыся-Мусюр. Если принадлежность восточной дунит-гарцбургитовой части к альпинотипному хромитосодержащему типу не вызывает сомнений, то природа клинопироксенитового комплекса трактуется весьма разнообразно. Большинство исследователей он относится к дунит-верлит-клинопироксенитовому (ДВК) комплексу, однако если сравнивать с типовыми ДВК комплексами других массивов Урала и мира [1], то заметны существенные отличия. Так, в клинопироксенитовом комплексе Олыся-Мусюра полностью отсутствуют в разрезе габбро и крайне незначительно развиты дуниты, комплекс имеет большую мощность, однако отсутствует внутренняя зональность (чередование клинопироксенитов, верлитов и дунитов), мощная зона антигоритизации по контакту. Все перечисленные особенности позволяют предположить, что клинопироксенитовый комплекс является самостоятельным интрузивным телом, внедрившимся позднее становления альпинотипного комплекса и оказавшим на него контактовое метаморфизирующее воздействие. По нашему мнению, клинопироксенитовый комплекс принадлежит к платиноносной ассоциации пород. Для доказательства нашей теории проделан ряд аналитических исследований. Изучен петрохимический и минералогический состав пород клинопироксенитового комплекса и проведено сравнение полученных данных с другими массивами Урала. В качестве материала для сравнения использовались данные по ультраосновным массивам Полярного Урала (Рай-Из, Войкаро-Сыньинский и Сыум-Кеу), приведенные в работе [2], массивам Платиноносного пояса [3], а также Хабаровинского комплекса [4]. Клинопироксениты массива Синотвож также привлекались как материал для сравнения, так как их принадлежность к ДВК комплексу не вызывает сомнений.

**Методы исследования.** Изучение химического состава пород производилось рентгеноспектральным флуоресцентным методом на VRA-30 (Институт геологии и геохимии, аналитики Горбунова Н. П., Татарина Л. А., Власов В. П.), микронзондовые исследования состава минералов проведены в ГЕОХИ (рентгеновский микроанализатор *CAMECA SX-100*, аналитик Н. Н. Кононкова). Анализ монофракций и пород методом *ICP-MS* проведен в лаборатории ИГГ (аналитик Лепихина О. П.).

Полученные результаты и их интерпретация. Наиболее простым и надежным способом установления формационной принадлежности клинопироксенитов является изучение спектров распределения в них РЗЭ. Данные по монофракциям и валовому составу клинопироксенитов (рис. 2) показывают, что характер распределения РЗЭ полностью отвечает платиноносной ассоциации пород: дефицит тяжелых земель, отношение  $LaN/YbN > 1$ , более высокое суммарное содержание РЗЭ. Характерно отсутствие в спектрах РЗЭ отрицательной аномалии Се, которая, по [4], проявлена во всех массивах платиноносного пояса севернее Качканара. Дополнительным свидетельством в пользу нашей гипотезы является изучение состава оливина из дунитовых тел среди клинопироксенитов. Он содержит высокие концентрация СаО – около 0,3 %, что также является признаком их принадлежности к платиноносной ассоциации. Клинопироксениты массива Синотвож также принадлежат к альпинотипной ассоциации, что хорошо видно по спектрам РЗЭ.

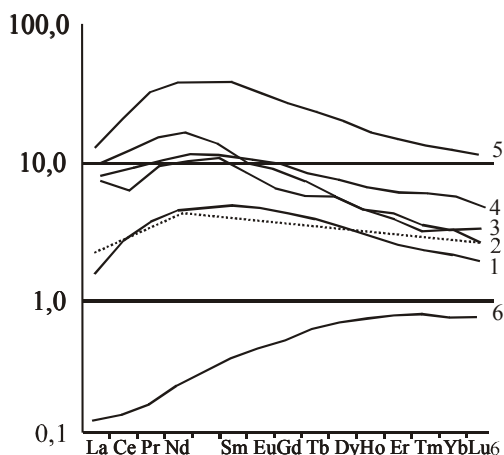


Рис. 2. Распределение РЗЭ в клинопироксенитовых комплексах различных массивов:

В оливиновых клинопироксенитах: 1 – Олыся-Мусюр; 2, 4 – г. Соловьева, 3 – г. Денежкин камень), 6 – Синотвож; в клинопироксен-гранат-плагиоклазовых метасоматитах: 5 – Олыся-Мусюр

Если брать в качестве материала для сравнения Хабаровинский массив, в котором также проявлены два комплекса пород [5], то можно сделать следующие выводы. В Восточно-Хабаринской (платиноносной) ассоциации идет последовательная смена пород: оливиновый клинопироксенит, затем – магнетитовый клинопироксенит, плагиоклазовый клинопироксенит и далее исит.

Клинопироксен по составу во всех комплексах сильно различается. В первичном оливиновом клинопироксените он относится к хромдиопсиду, иногда содержит вростки распада хромита (т. е. изначально был более хромистым, формировался в условиях гранулитовой фации глубинности, когда хромит неустойчив и растворяется в клинопироксене). Пироксен в магнетитовых пироксенитах уже менее хромистый, но более глиноземистый и титанистый. Клинопироксениты массива Олыся-Мусюр, исходя из вышеприведенной терминологии, принадлежат исключительно к оливиновым клинопироксенитам, более поздние комплексы отсутствуют (не вскрыты? или были уничтожены?). Существенной особенностью клинопироксенов массива Олыся-Мусюр является постоянное присутствие вростков по спайности ламелл магнетита (с повышенными содержаниями хрома, алюминия и магния), иногда составляющих до 10 % от объема зерен.

Установление принадлежности клинопироксенитового комплекса к платиноносной ассоциации позволяет сделать вывод о его потенциальной перспективности на благороднометалльное оруденение. Наиболее вероятно (по аналогии с другими рудопроявлениями), что оно будет сопровождаться сульфидами и самородными металлами, в связи с этим весьма интересны находки зон самородной медной минерализации в западной части Олыся-Мусюра.

**Выводы.** Реконструировать природу и последовательность становления различных комплексов массива Олыся-Мусюр на настоящий момент можно лишь по аналогии с другими, более изученными ультраосновными комплексами Урала. Мы предполагаем, что дунит-гарцбургитовая часть массива является реститом – тугоплавким остатком от исходного расплава. Клинопироксенитовый комплекс является наиболее ранней выплавкой, однако порожден он той же магматической камерой или является продуктом самостоятельного очага – установить сейчас не представляется возможным. По нашему мнению, скорее второе, так как среди клинопироксенитов также отмечаются дунитовые тела, которые и являются (опять же, по нашему мнению) реститами.

Более поздние выплавки (магнетитовые и плагиоклазовые клинопироксениты) либо располагаются стратиграфически ниже (не вскрыты эрозией), либо уничтожены в процессе эволюции комплекса. Также не исключено, что из-за низкой степени обнаженности они просто не были замечены в процессе полевых работ.

Становление клинопироксенитового комплекса осуществлялось путем магматической кристаллизации и осаждения минералов, на что указывает постепенное понижение железистости

клинопироксена от контакта с породами рамы к дунитовым фациям (реститам?). Клинопироксенитовый комплекс кристаллизовался позднее альпинотипного и оказал на него метаморфизирующее воздействие, выразившееся в появлении мощной контактовой зоны антигоритовых серпентинитов по дунитам и гарцбургитам. В целом массив Олыся-Мусюр является еще одним примером совмещения в одном базит-ультрабазитовом комплексе двух различных ассоциаций – платиноносной и альпинотипной.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Варлаков, А. С. Дунит-верлит-клинопироксенитовый комплекс офиолитов и его происхождение / А. С. Варлаков. – Екатеринбург: УрО РАН, 1996. – 179 с.
2. Макеев, А. Б. Минералогия альпинотипных гипербазитов Урала / А. Б. Макеев. – СПб: Недра, 1992. – 197 с.
3. Ферштатер, Г. Б. Геохимическая типизация уральских офиолитов / Г. Б. Ферштатер, Ф. Беа // Геохимия. – 1996. – № 3. – С. 195-218.
4. Ферштатер, Г. Б. Новые данные по геохимии Платиноносного пояса Урала: вклад в понимание петрогенезиса / Г. Б. Ферштатер, Ф. Беа, Е. В. Пушкарев [и др.] // Геохимия. – 1999. – № 4. – С. 352-370.
5. Ферштатер, Г. Б. Магматические клинопироксениты Урала и их эволюция / Г. Б. Ферштатер, Е. В. Пушкарев // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1987. – № 3. – С. 13-23.

УДК 552.31

### **ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ГРАНИТОИДОВ ИЛЬЯИЗСКОЙ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)**

*ДЕМОНТЕРОВА А. А., ФАУСТ А. В.*

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Одной из важных прикладных задач геологии Приполярного Урала является решение вопроса продуктивности гранитоидного магматизма, особенно в зоне влияния проектируемой железнодорожной магистрали “Полуночное-Обская”. В этом отношении пальма первенства по праву принадлежит Маньхамбовскому блоку, расположенному в южной части Ляпинской структурно-формационной зоны (СФЗ).

Изучением магматизма Ляпинской зоны и его металлогении в разные годы занимались многочисленные исследователи, начиная с А. Н. Алешкова (1987) и Н. А. Сирина (1941). Среди них следует отметить М. Б. Фишмана, Б. А. Голдина, Е. П. Калинина, В. Т. Вигорову и Д. С. Штейнберга, а в последние годы Л. В. Махлаева, В. П. Водолазскую и О. В. Удоратину. Этими же вопросами при геологосъемочных и тематических работах занимались Л. Т. Белякова, В. А. Душин, А. М. Пыстин, В. Н. Иванов, Н. А. Кузенков, А. В. Калиновский и др. [1, 2].

В результате проведенных полевых и камеральных исследований с применением современных геофизических и аэрокосмогеологических материалов, а также в связи с получением изотопно-геохронологической и количественной геохимической информации нами выявлена крупнейшая в регионе Ильязская вулканоплутоническая структура (ВТС) центрального типа. Она сложена в своей центральной части гранитоидами одноименного массива с размером 4×6 км, в поперечнике обрамленными ореолом фельзитов, риолитов, кварцевых порфиров и долеритов, относимых к саблегорской свите. Ильязская ВТС в юго-западном и юго-восточном направлениях имеет систему связанных адвентивных палеоструктур меньшего размера (0,5×0,8 км), развитых по периферии Маньхамбовского массива.

Ильязский гранитный массив в плане образует крупное тело, вытянутое с севера на юг, и имеет тектонические контакты, оконтуривающие его с запада, севера и востока.

Биотитовые и аляскитовые граниты, принадлежащие к потемьюскому гранитному комплексу ( $\gamma V$ -Срt), слагают основную часть данного массива. Макроскопически это розово-серые полнокристаллические породы преимущественно среднезернистой структуры, которые по содержанию темноцветов (не более 5 %) можно отнести к лейкократовым. Магнитная восприимчивость гранитоидов –  $30-40 \times 10^{-5}$  СИ, плотность –  $2,58 \text{ г/см}^3$ .

Под микроскопом граниты имеют следующие структуры: по степени кристалличности – поликристаллическую, по относительному размеру зерен – равномернозернистую и по форме и соотношению минеральных зерен – гипидиоморфнозернистую. Основные породообразующие минералы исследуемых пород представлены (%): кварцем (30-35), плагиоклазом (23-27), КПШ (микроклин-пертит) (27-33), биотитом (8-3) и мусковитом (6-9). Акцессорные минералы в шлифах наблюдаются в небольшом количестве (менее 2 %) в виде мелких, как правило, хорошо образованных кристаллов (циркон, хлорит, эпидот, апатит, сфен).

Также для определения минерального состава был применен метод CIPW, основанный на пересчете химического анализа пород на нормативный минеральный состав. Метод разработан Кроссом, Иддингсом, Пирссоном и Вашингтоном в 1902 г. и назван по первым буквам фамилий авторов. Пороодообразующие минералы, выявленные этим методом, представлены (%): кварцем (41-44), ортоклазом (20-23), альбитом (20-23), анортитом (5-9), гиперстеном (2-3), диопсидом (1) и сподуменом менее 1; акцессорные – корундом (0,3-3), магнетитом (0,2-1,4), гематитом (0,3-1,9), апатитом (0,1-1,3), хромитом и ильменитом с содержанием менее 1 %.

Минералогическим анализом подтвердилось присутствие таких акцессорных минералов, как: хлорит, эпидот, сфен, корунд, апатит, циркон, магнетит, гематит и ильменит. Также были установлены ортит, пирит, лимонит, флюорит, рутил и единичные зерна карбонатов меди зеленого и синего цветов.

На диаграмме ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) гранитоиды ильязского массива ведут себя достаточно вариативно. Основная масса попадает в поле субщелочных лейкогранитов, в меньшей степени породы занимают области субщелочных гранитов и лейкогранитов. Диаграммы  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Na}_2\text{O}$  показали, что исследуемые породы относятся к калиево-натриевому типу, а по содержанию в них  $\text{K}_2\text{O}$  – к высококалиевым.

Геохимический спектр пород весьма своеобразен. Он характеризуется надкларковыми концентрациями таких элементов, как:  $\text{KK}>100$  – Ir;  $\text{KK}>10$  – Cr, Te, Re, Os, Pt, Au;  $\text{KK}>1$  – Co, Ni, Rb, Nb, Pd, Cd, hf, Ta, Bi, Th, U; группа P3Э – легких (Ce, Pr, Nd) и тяжелых (Dy, Ho, Eu, Tm, Yb), за исключением лютеция. Анализируя график P3Э, нормированных к составу хондрита, можно сказать, что гранитоиды обогащены легкими редкими землями относительно тяжелых, а также наблюдается отрицательная европиевая аномалия.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что изучаемые нами граниты потемьюского гранитного комплекса, по классификации Чаппела и Уайта, относятся к гранитоидам I типа, которые образовались в условиях мощной континентальной коры. Для них характерна обогащенность легкими P3Э по отношению к тяжелым, повышенная щелочность, это, как правило, высококалиевые породы [3].

Данные граниты характеризуются относительно высокой радиоактивностью в интервале 35-38 мкр/ч. На диаграмме главнейших радиохимических типов гранитов (Смыслов, 1974) исследуемые породы разделились на два типа – это нормальнорадиоактивные граниты с близким к кларку содержанием U и Th,  $\text{Th}/\text{U}=2,5-4,5$  и повышеннорадиоактивные граниты (при ясно выраженном недостатке U,  $\text{Th}/\text{U}=6-10$ ).

С целью определения геодинамических обстановок формирования гранитов потемьюского комплекса были изучены соотношения в породах Fe/Te+Mg-SiO<sub>2</sub>; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>; K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub>; Rb-(Y+Nb) и Nb-Y; Rb-Hf-Ta. В результате обработки данных установлено, что породы имеют орогеническую окраинно-континентальную природу.

Следствием проведенных исследований является пока предварительный вывод о возможно парагенетической (генетической) связи Ильязского массива гранитоидов с более древними гранитами Маньхамбовского массива [2].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Душин, В. А. Магматизм и геодинамика Палеоконтинентального сектора Севера Урала / В. А. Душин. – М.: Недра, 1997. – 213 с.
2. Душин, В. А. Рифейский гранитный магматизм и металлогения Маньхамбовского блока / В. А. Душин, А. В. Фауст // Региональная геология и металлогения. № 38. – СПб, 2008.
3. Кузнецов, Н. Б. Доордовикские гранитоиды Тимано-Уральского региона и эволюция протоуралид-тиманид / Н. Б. Кузнецов, А. А. Соболева, О. В. Удоратина. – Сыктывкар: Геопринт, 2005. – 100 с.

## ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ И ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАББРОИДОВ ЯРУТСКОГО АРЕАЛА (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

*КУЗНЕЦОВ Д. В., КУРЧАВОВ В. В., ФАУСТ А. В.*  
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Ярутский ареал располагается в средней части Маньхамбовского блока. Полевыми работами 2008 г. на исследуемой территории по коренным и элювиально-делювиальным отложениям были откартированы габброиды и габбро-долериты, предположительно относимые к малопатокскому ( $\beta\epsilon 3m$ ) долеритовому комплексу. Дайковые тела располагаются в хобеинской ( $R_{2-3hb}$ ) и мороинской ( $R3mr$ ) свитах, при этом их взаимоотношения с кварцитами различны.

Макроскопически породы можно разделить на две группы: габбро, хоть и изменённые, и базальтоиды. Текстура пород группы габбро массивная, структура среднезернистая, цвет пород от зелёного до серо-зелёного. Порода состоит из плагиоклаза, слабососсюритизированного и тёмноцветного минерала, пироксена или амфибола, который местами замещён хлоритом. В некоторых образцах содержания плагиоклаза – до 60 %. Базальтоиды имеют мелкозернистую структуру, слабо рассланцованы, преобладающий цвет пород зелёный. По физическим свойствам пород (см. таблицу) чёткую градацию между базальтами и габброидами провести сложно, но обращает на себя внимание большой разброс значений магнитной восприимчивости, природа которого будет выясняться в дальнейших исследованиях.

### Физические свойства базитов ярутского ареала

Номер образца	Название породы	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Магнитная восприимчивость, 10 <sup>-5</sup> СИ
6	Габбро	3,00	42,6
6/1	-«-	-	8591,6
8	-«-	2,81	2472
9	-«-	3,03	47
9/1	-«-	2,98	47
6/2	Базальт	1,81	55,3
6/4	-«-	2,91	62,3
6/5	-«-	2,98	3610,6
7	-«-	2,95	13051,3

Микроскопическое исследование подтверждает разделение пород на две группы. Габбро состоят, главным образом, из плагиоклаза, пироксена, амфибола и хлорита. Имеют реликтовую габбровую, лепидогранобластовую структуру. Плагиоклаз имеет катабластическую структуру, отдельные зёрна по размерам не превышают 0,05 мм, что затрудняет определение минерального вида. Большей частью он соссюритизирован, причем в соссюритовой массе имеются редкие зёрна эпидота, превышающие размер 0,03 мм. Плагиоклаз составляет 50 % в породе, иногда содержания доходят до 60 %. Пироксен представлен моноклинным пижонитом, короткопризматические зёрна размером в среднем 0,4 мм. Составляет в породе 15 % и большей частью замещён амфиболом. Амфибол составляет от 5 до 30 % в породе и имеет форму остроконечных, длиннопризматических, волокнистых зерен размером 0,3 мм. Развивается по краям зерен пироксена, иногда замещение начинается из центра зерна. Минеральный вид амфибола – роговая обманка, реже тремолит. Амфибол, в свою очередь, замещается хлоритом (хлорит также развивается и по пироксену). Хлорит представлен пеннином, его содержания от 5 до 20 %. Из аксессуарных минералов присутствуют апатит и рутил.

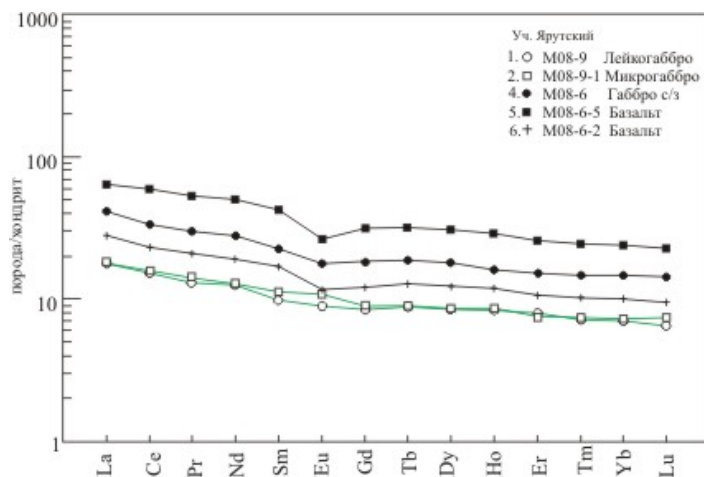


Анализируя изменения в породах (сосюритизацию, приобретение плагиоклазом катабластической структуры, хлоритизацию), можно сделать вывод о том, что они подвергались региональному и динамометаморфизму.

Вторая группа – это базальты, также подвергавшиеся региональному метаморфизму. Структура этих пород нематолепидогранобластовая. Состоят они, главным образом, из плагиоклаза, хлорита и амфибола; аксессуарными и второстепенными минералами являются эпидот, карбонат, биотит, апатит, рудный минерал, магнетит (иногда составляет 15 %). Плагиоклаз представлен олигоклазом, часто имеет раздробленную структуру, большей частью сосюритизирован, содержание в породе до 55 %. Размер зёрен в среднем 0,05 мм. Помимо этого выделяются более крупные агрегаты размером до 2 мм. Хлорит чешуйчатый, волокнистый, имеет аномальную бурую интерференционную окраску, содержание в породе – 30-50 %. Амфиболы составляют до 40 % объема породы и представлены тремолитом, образующим сильно вытянутые игольчатые, волокнистые агрегаты. Эпидот (до 5 %) представлен цоизитом и пистацитом, выделяющимися при сосюритизации в виде более или менее крупных зёрен 0,3 мм.

Для определения минерального состава также был применен метод *CIPW*. Основанный на пересчете химического анализа пород на нормативный минеральный состав метод был разработан Кроссом, Иддингсом, Пирсоном и Вашингтоном в 1902 г. и назван по первым буквам фамилий авторов. Породообразующие минералы, выявленные этим методом, представлены (%): ортоклазом (0,1-1,6), альбитом (15-27), анортитом (27-36), диопсидом (10-29), гиперстеном (2,6-25), нефелином (2,4-3,56) и оливином (2-22), аксессуарные – магнетитом (3-7), ильменитом (1,6-4) и с содержанием менее 1 % – хромитом, цирконом, апатитом, корундом. На TAS-диаграмме  $Na_2O+K_2O - SiO_2$  изучаемые породы разбились на несколько групп: габброиды, базальты и долериты, а единичные анализы легли в область субщелочных габброидов.

Геохимический спектр пород характеризуется надкларковыми концентрациями таких элементов, как: Be, Sc, V, Cr, Ni, Zn, Ge, Y, Te, Bi, и группы тяжелых РЗЭ – Dy, Tm, Yb. Анализируя график РЗЭ (см. рисунок), нормированных к хондриту, можно сказать, что для всех базитов Ярутского ареала характерно преобладание легких элементов над тяжелыми. У базальтов по сравнению с габброидами, наиболее ярко выражен европиевый минимум.



Распределение РЗЭ, нормированных по хондриту в базитах Ярутского ареала. ICP-MS – лаборатории ИГиГ УрО РАН, аналитик Ю. Л. Ронкин

Наиболее широко при исследовании геодинамической природы базитов применяются диаграммы Т. Х. Пирса. Фигуративные точки исследуемых пород на диаграмме ( $TiO_2-K_2O-P_2O_5$ ) тяготеют к полю океанических базальтов, а на диаграмме с координатами ( $MgO-FeO_{общ}-Al_2O_3$ ) фигуративные точки в большей степени ложатся в поле океанических базальтов, и

единичные попадают в поле континентальных. На дискриминационной диаграмме Cr-Y исследуемые породы заняли область базальтов вулканических дуг.

Предварительно можно сказать, что формационная принадлежность пород к малопатокскому ( $\beta\epsilon 3m$ ) долеритовому комплексу неоднозначна. Об этом свидетельствует разброс точек на петрохимических диаграммах и неоднородность кривых РЗЭ. Определение первичной природы описываемых пород также осложняется влиянием на них процессов регионального метаморфизма.

## АНАЛИЗ СТЕПЕНИ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ И КЕРНУ СКВАЖИН

*ВОРОЖЕВ А. В.*

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Одним из главных факторов состояния массивов скальных пород обуславливается наличие в них поверхностей ослабления (трещин, разрывных нарушений, плоскостей напластования или слоистости, прослоев пород со слабым сопротивлением сдвигу), именно эти поверхности ослабления определяют неоднородность и анизотропность физико-механических и фильтрационных свойств скальных массивов, их деформируемость, устойчивость и напряженное состояние [1].

Изучение трещиноватости по результатам бурения является весьма сложной и актуальной задачей инженерной геологии. Определение степени трещиноватости в скважинах возможно двумя основными способами: по керну скважин и геофизическими исследованиями.

Исследования выполнены в местах заложения вертикальных горных выработок Юбилейного месторождения, целью которых было изучить инженерно-геологические и гидрогеологические условия и дать прогноз их изменения в период строительства и эксплуатации шахтных стволов.

Скважины, пробуренные для инженерно-геологического обеспечения проходки шахтных стволов, в плане располагаются в поле развития вулканогенных пород баймак-бурибайской свиты, представленной базальтами и их лавобрекчиями, дацитами порфиоровыми, часто измененными метасоматическими процессами и несущими колчеданное оруденение.

Количественная оценка трещиноватости, даже приближенная, представляет значительный интерес. При изучении отдельных трещин и их систем обращают внимание на их длину и прерывистость, устанавливают степень раскрытости трещин, определяют их ширину и ее изменение по простиранию и с глубиной, фиксируют степень заполненности трещин и состав заполнителя. Оценка степени трещиноватости по керну скважин выполнялась с использованием следующих показателей: модуля трещиноватости (количество трещин на 1 п. м.), модуля кусковатости (количество кусков на 1 п. м.), высоты столбиков керна (см), количества раздробленного материала в оцениваемом интервале (%), RQD (относительного содержания в % столбиков керна высотой более 10 см в определенном интервале бурения).

Оценка трещиноватости по керну скважин выполнена с использованием классификации Л. В. Шаумян [2], приведенной в таблице. По всем скважинам породы в основном сильнотрещиноватые.

В геологическом разрезе скважины 3Ю выделяют 7 интервалов среднетрещиноватых пород, 4 интервала – сильнотрещиноватых, 3 интервала – очень сильнотрещиноватых пород.

Степень трещиноватости пород скважины 3Ю (пример)

Геологический разрез	Степень трещиноватости пород
Интервал 295,35-310,9 м Андезито-дациты, андезито-базальты серовато-зеленые массивные	Очень сильнотрещиноватые
Интервал 310,9-314,4 м Колчеданные руды с реликтами первичной породы	Зона дробления
Интервал 314,4-423,2 м Серицит-хлорит-кварцевые, альбит-серицит-кварцевые	Среднетрещиноватые
Интервал 423,2-476,5 м Кварц-хлоритовые, серицит-кварц-хлоритовые, метасоматиты	Очень сильнотрещиноватые

В разрезе скважины 1С выделено 10 интервалов среднетрещиноватых пород; 17 интервалов сильнотрещиноватых пород и 7 интервалов очень сильнотрещиноватых пород.

В геологическом разрезе скважины 4С выделяют 26 интервалов среднетрещиноватых пород, 14 интервалов – сильнотрещиноватых пород, 5 интервалов – очень сильнотрещиноватых пород.

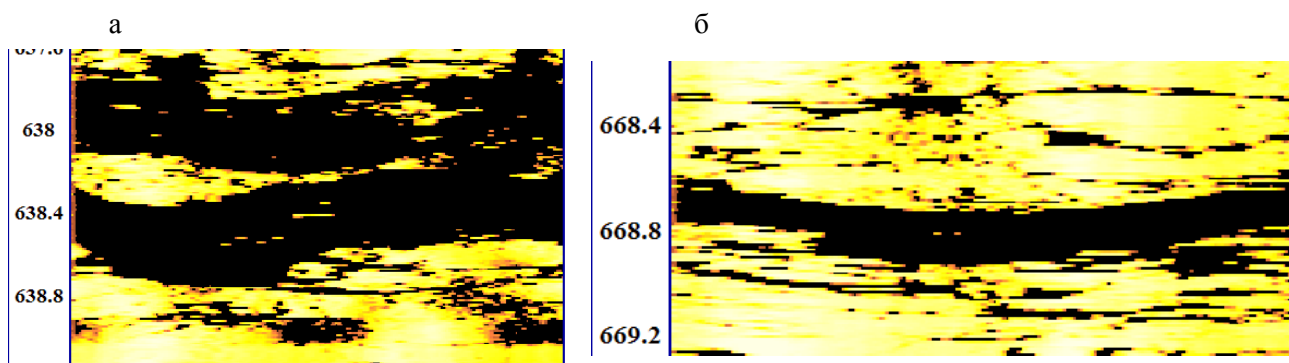
В геологическом разрезе скважины 2К выделяют 3 интервала слаботрециноватых пород, 13 интервалов – среднетрециноватых, 14 интервалов – сильнотрециноватых, 6 интервалов – очень сильнотрециноватых пород, причем степень трещиноватости закономерно увеличивается с глубиной.

Также были замерены углы падения относительно керна скважины, выделены три основные системы трещин: 0-300 – к оси керна, 450 – к оси керна, 60-800 – к оси керна.

В скважинах выполнен комплекс геофизических исследований: гамма-каротажа (ГК), кажущегося сопротивления (КС), самопроизвольной поляризации (ПС), кавернометрии (КМ), акустического каротажа (АК) и акустического телевидения (АКВ). При этом электрические методы не позволили определить местоположение зон повышенной трещиноватости, так как разрез «заражен» пиритом и аномалии низкого сопротивления связаны, в первую очередь, с зонами пиритизации. Выделить на этом фоне аномалии, связанные с зонами дробления, сложно. Гамма-каротаж позволяет выделить подобные зоны только в тех случаях, когда по ним происходит движение радиоактивных растворов. В данном случае этого нет. На кавернограммах зоны трещиноватости, как правило, отмечаются увеличением среднего диаметра до 80-100 мм при номинальном значении диаметра 76 мм. Однако небольшие увеличения диаметра могут быть и не связаны с зонами трещиноватости.

Наиболее эффективными методами геофизических исследований скважин (ГИС), позволяющими выделить в разрезе скважины ослабленные и трещиноватые зоны, являются акустические методы. Акустические методы дают возможность уверенного выделения этих зон. Так, по АК они отмечаются понижением скорости распространения продольных волн  $V_p$  до 2900-2800 м/с на фоне 4800-5200 м/с на крепких, нетрещиноватых породах.

Еще лучше отмечаются эти зоны по данным акустического телевидения. На развертках акустического сигнала эти зоны отмечены коричневым цветом (см. рисунок).



Развертки акустического сигнала:

а – глубина 638,3 м,  $\Delta H = 575$  мм,  $\alpha = 82,5^\circ$ ; б – глубина 913,4 м,  $\Delta H = 68$  мм,  $\alpha = 41,8^\circ$

Углы наклона трещин меняются в широких пределах от 36 до 80 градусов.

Таким образом, изучение степени трещиноватости скальных пород должно быть комплексным, полевое описание керна должно дополняться геофизическими исследованиями в скважинах. Так, на трещиноватость в керне влияют техника и технология бурения, транспортировка керна, которые накладывают «техногенную» трещиноватость, таким образом увеличивая общую трещиноватость и ухудшая свойства скального массива. В то же время акустические методы исследований дают надежные результаты только в необсаженных интервалах бурения или при цементации затрубного пространства скважин, что ограничивает их применение при проходке глубоких скважин.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голодковская, Г. А. Инженерно-геологическая типизация и изучение скальных массивов / Г. А. Голодковская, М. Матула, Л. В. Шаумян. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 272 с.
2. Шаумян, Л. В. Природа физико-механических свойств массивов горных пород / Л. В. Шаумян. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 192 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКЕ СТАРЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

*ДАВЫДОВ В. А.*  
ЗАО «Дубль-Гео»

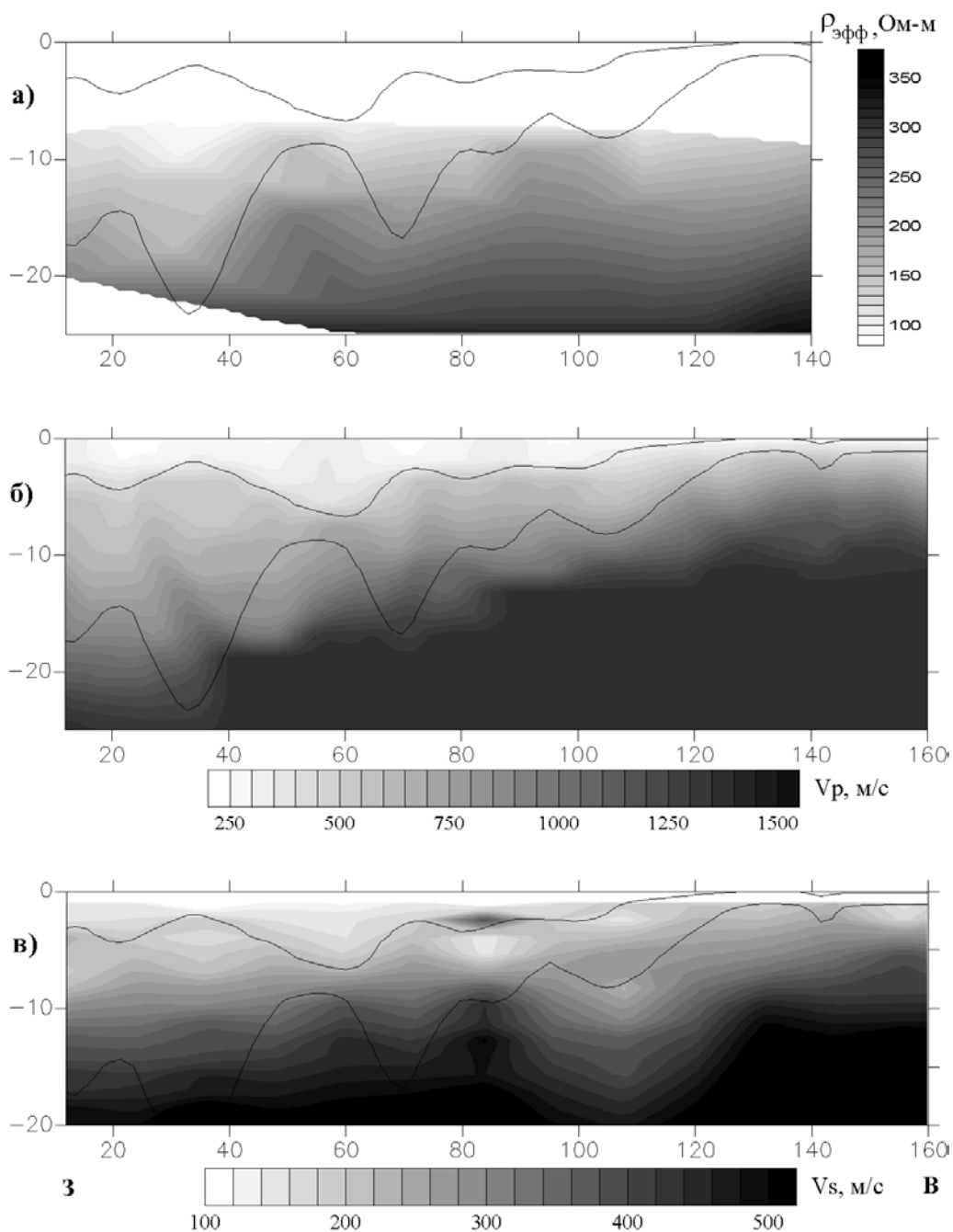
Добыча полезных ископаемых на Урале проводится уже в течение 300 лет. Многие города построены в непосредственной близости к месторождениям, которые длительное время обрабатывались шахтным способом. Территория застройки расширяющихся городов постепенно захватывает бывшие горнорудные районы. Поэтому при проектировании строительства в данных местах остро встает вопрос о положении и состоянии старых горных выработок. Чаще всего общая информация о площади распространения горных работ имеется, однако точное расположение в плане и глубина отработки остаются под вопросом. В этой ситуации на помощь могут прийти геофизические методы исследований. В качестве примера приведены результаты геофизических работ в г. Березовском вблизи ствола № 660 (6) поля шахты «Северная».

Территория площадью более 2 га была отведена под строительство автотранспортной базы. Из архивных материалов Березовского рудоуправления следовало, что в пределах данного участка в начале XX века проводились горнодобывающие работы, однако их местоположение и объем неизвестны. Ни одна из пробуренных 14 изыскательских скважин не вскрыла отработанное пространство. Для выявления горных выработок были пройдены 4 геофизических профиля. Состав работ включал сейсморазведку методом преломленных волн (МПВ), многоканальный анализ поверхностных волн (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) и электроразведку методом индукционных частотных зондирования (ИЧЗ).

Сейсмические исследования проводились 24-канальной сейсмостанцией «СИНУС–24М» (ИГФ УрО РАН), с расстоянием между сейсмоприемниками 2 м. Была применена новая технология наблюдений и обработки, позволяющая получить информацию по скоростям как продольных, так и поперечных волн, без существенного снижения производительности работ. Использовалась система встречных и нагоняющих годографов с 7 пунктами возбуждения (ПВ) на одну расстановку. Чтобы обеспечить необходимую глубину исследований, применялись выносы ПВ на 25 м от края косы. В качестве источника сейсмического воздействия использовалась кувалда с металлической подложкой. Для повышения отношения сигнал/шум применялось накопление сигналов (от 2 до 10 суммирований). Полученные полевые записи сейсмических трасс переписывались из памяти сейсмостанции в компьютер, где и подвергались дальнейшей обработке. Обработка сейсмических данных разделялась на два этапа, в соответствии с типом целевых волн. Для получения информации по продольным волнам сейсмограммы фильтровались, выделялись и прослеживались фазы преломленных волн, по которым проводилось построение годографов. Годографы пересчитывались способом времени задержки для построения сейсмических преломляющих границ и томографическим способом для получения скоростных разрезов продольных волн. Вторым типом целевых волн являлись волны Релея, к которым применялся измененный вариант обработки поверхностных волн с получением более контрастных дисперсионных кривых, которые затем конвертировались в скоростной разрез поперечных волн. Таким образом, по каждому профилю получены скоростные сейсмические разрезы продольных и поперечных волн, а также конфигурация преломляющих границ.

Индукционные частотные зондирования проводились аппаратурой «МЧЗ-8» (ИГФ УрО РАН) с шагом 10 м, при расстоянии между генератором и приемником, равным 40 м. В качестве генератора выступает рамочный излучатель электромагнитного поля (вертикальный магнитный диполь – ВМД), приемником служит измерительный блок с малогабаритным датчиком индукционного типа. Технология измерений заключалась в регистрации двух взаимно перпендикулярных компонент переменного магнитного поля ( $H_z$  и  $H_r$ ) на разных частотах, по которым затем рассчитывалось удельное электрическое сопротивление (УЭС) и эффективная глубина исследований. Зондирования проводились на трех рабочих частотах аппаратуры (8, 16 и 32 кГц) из восьми возможных. Несмотря на это, полученные данные позволяют судить об основных особенностях геоэлектрического строения.

На рисунке приведен пример результатов комплексной интерпретации одного из профилей, являющегося показательным для участка работ.



#### Геофизические разрезы:

а – геоэлектрический разрез ИЧЗ; б – скоростной сейсмический разрез продольных волн ( $V_p$ ); в – скоростной сейсмический разрез поперечных волн ( $V_s$ ). Линиями выделены преломляющие границы

По результатам сейсморазведки уверенно прослеживаются две сейсмические границы, разделяющие три структурных горизонта. Поверхностный слой (до 5 м) относится к рыхлым суглинистым грунтам (кое-где насыпным) с низкими сейсмическими скоростями ( $V_p = 150-300$  м/с). Первые преломления возникают на границе с корой выветривания коренных пород, скорости которых варьируют в широких пределах, в зависимости от разрушенности ( $V_p = 400-1000$  м/с). Вторая

преломляющая граница связана с собственно коренными породами, скорость продольных волн в которых составляет 900-2100 м/с. На сейсмических и геоэлектрических разрезах наблюдается общее погружение коренных пород в западном направлении, что подтверждается пробуренными скважинами. Аномальный характер на сейсмических разрезах несут области пониженных скоростей с двусторонними «раздутиями» сейсмических границ:  $X_1=35$  м,  $X_2=70$  м (см. рис., б, в). Это позволяет идентифицировать их как горные выработки. В этих же местах наблюдаются зоны пониженных значений УЭС на геоэлектрических разрезах (см. рис., а), что позволяет говорить о заполнении выработанного пространства глинистым веществом. Подобные же аномалии прослеживаются еще по одному параллельному профилю, на остальных двух профилях они отсутствуют. Благодаря этому определены направление и область распространения горных работ на планируемом участке строительства.

На основании результатов геофизических работ планы по застройке территории были скорректированы.

УДК 550.8.028: 550.837

## **ИНЖЕНЕРНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОТИН Г. ЕКАТЕРИНБУРГА**

*ДАВЫДОВ В. А.*

ЗАО «Дубль-ГеоИнститут»

*ЧЕЛОВЕЧКОВ А. И., БАЙДИКОВ С. В.*

Институт геофизики УрО РАН

Протекание электромагнитных процессов в породах широко исследуется в мировой науке и на практике в контексте изучения природных сред. Важное значение для получения экспериментальных данных о проводящих свойствах полупространства составляют геофизические исследования методами электротомии. В Институте геофизики УрО РАН накоплен многолетний опыт проведения электроразведочных работ методами гальванических и индукционных зондирований на Урале и в других регионах. Созданные в лаборатории электротомии аппаратно-программные комплексы для магнитотеллурических, гальванических и индукционных методов изучения геологической среды отвечают современному уровню и являются во многом пионерскими. Одной из последних разработок является аппаратура для высокочастотных индукционных зондирований «МЧЗ-8». С помощью аппаратуры решаются следующие задачи: изучение геоэлектрического строения горных пород малоглубинных рудных месторождений; инженерные изыскания с учетом экологических требований и экологической безопасности; инженерные изыскания с учетом экологических требований и экологической безопасности; поиск подземных коллекторов водонасыщенных пород; обнаружение утечки воды из подземных труб; обнаружение подземных карстовых полостей под полотном железных дорог и т. д.

В состав аппаратуры «МЧЗ-8» входит генератор переменного тока с рамочным излучателем электромагнитного поля (вертикальный магнитный диполь – источник электромагнитного поля) и измерительный блок с чувствительным магнитоприемником индукционного типа со стержневым ферритовым сердечником (датчик). Аппаратура позволяет выполнять измерения вертикальной  $H_z$  и горизонтальных  $H_r$ ,  $H_\varphi$  составляющих магнитного поля или большой  $H_a$  и малой  $H_b$  осей эллипса поляризации магнитного поля. В возбуждающем диполе формируется ток прямоугольной формы  $J=J_m \cdot \text{sign}(\sin(\omega_0 t))$ , где  $J_m$  – амплитуда периодической знаковой функции  $\text{sign}$  аргумента  $\sin(\omega_0 t)$ ,  $\omega_0=2 \cdot \pi f_0$  – частота периодического сигнала. На расстоянии  $r$  осуществляются измерения вертикальной  $H_z$  и горизонтальной  $H_r$  составляющих магнитного поля в диапазоне частот. По отношению  $K=\{H_z(r)/H_r(r)\}$  определяется эффективное (кажущееся) сопротивление горных пород. Аппаратура «МЧЗ-8» имеет 8 рабочих частот: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 и 128 кГц.

Изучение возможностей многочастотной аппаратуры «МЧЗ-8» было проведено при комплексном геофизическом обследовании плотин Паркового и Городского прудов г. Екатеринбурга. Измерения аппаратурой «МЧЗ-8» проводились по гребню плотины Паркового пруда в варианте

дистанционных индуктивных зондирований (ДИЗ) при расстоянии между генератором и приемником, равном 40 метров, с шагом в 20 метров. Технология измерений заключалась в регистрации двух взаимно перпендикулярных компонент переменного магнитного поля ( $H_z$  и  $H_r$ ), по которым затем рассчитывалось эффективное удельное электрическое сопротивление (УЭС). Для определения оптимальной частоты исследований, по профилю плотины Паркового пруда были произведены ДИЗ на частотах 2, 8 и 16 кГц. Для сравнения, по этому же профилю проведены подобные зондирования с аппаратурой «ДЭМП-СЧ» (ЦКБ «Геофизика», г. Красноярск) на частоте 20 кГц. Результаты опытных работ можно видеть на рис. 1. При рассмотрении разрезов следует иметь в виду, что вертикальная ось ( $Z$ ) соответствует глубине исследования, а горизонтальная ось ( $X$ ) – расстоянию вдоль профиля в метрах.

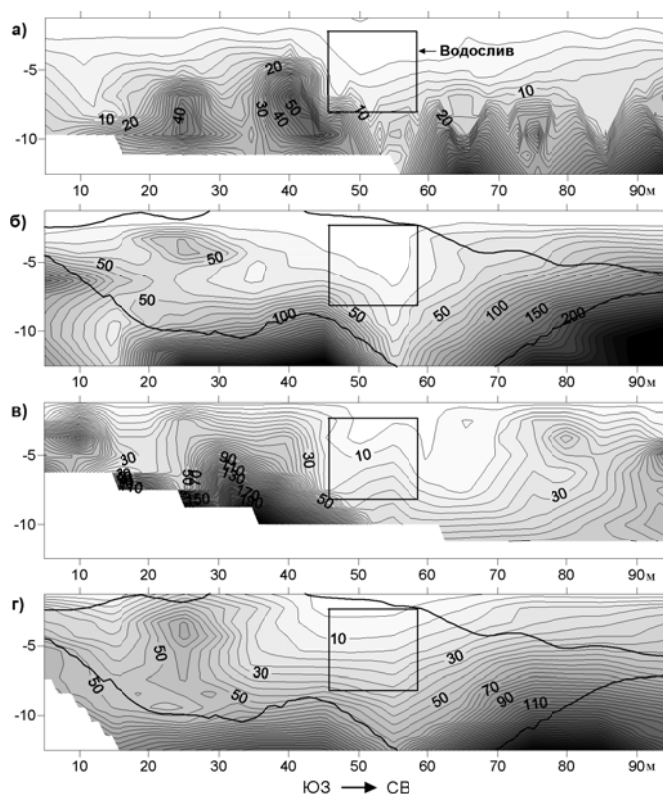


Рис. 1. Геоэлектрические разрезы по гребню плотины Паркового пруда, полученные методом ДИЗ с помощью аппаратуры «МЧЗ-8» на частотах:

2 кГц (а), 8 кГц (б), 16 кГц (в) и аппаратурой «ДЭМП-СЧ» на частоте 20 кГц (г). Жирными линиями показаны сейсмические границы

Критерием при выборе оптимальной частоты послужило получение наиболее полного геоэлектрического разреза, согласующегося с результатами сейсмического метода исследований. Проведенная по профилю сейсморазведка методом преломленных волн (МПВ), с помощью сейсмостанции «Синус–24М», также разработанной в ИГФ УрО РАН [2], позволила выделить две преломляющие границы. Первая выделяет тело плотины, вторая фиксирует границу коренных пород, представленных гранитами. Сопоставляя геоэлектрические разрезы, полученные на разных частотах с положением сейсмических границ, можно заметить их хорошую корреляцию на частоте 8 кГц и 20 кГц. Водослив выделяется на всех геоэлектрических разрезах широкой низкоомной аномалией. Электромагнитная аномалия в районе  $X=15$  м относится к техногенной помехе и связана с нахождением в этом месте ливневой канализации. В результате проведенных опытно–методических работ определено, что при изучении высококонтрастных по УЭС разрезов, какими являются плотины, наиболее оптимальная частота ДИЗ для аппаратуры «МЧЗ-8» составляет 8 кГц.

Дистанционные индуктивные зондирования на плотине Городского пруда проводились на частоте  $f=8$  кГц. В качестве арбитражного метода на двух профилях использовалась сейсморазведка МПВ. Для количественного определения УЭС грунтов, в благоприятных для заземления местах

проведены точечные вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ) аппаратурой «ЭРА» (завод «Геологоразведка», г. Санкт–Петербург) по стандартной методике измерений [1]. Для сравнения приведен разрез электросопротивлений, полученный на Профиле 5 (рис. 2) двумя годами ранее с помощью аппаратуры «ДЭМП-СЧ» ( $f=20\text{кГц}$ ) по схожей методике [3], здесь профиль разбит на пикеты, кратные 10 м.

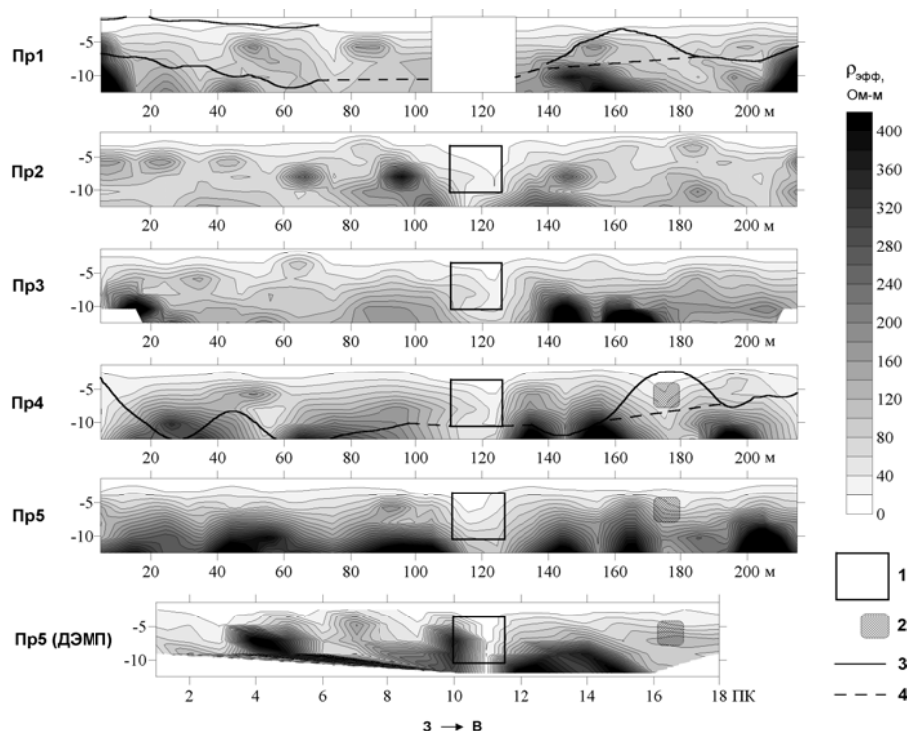


Рис. 2. Геоэлектрические разрезы плотины Городского пруда (Пр1 – 5: аппаратура «МЧЗ-8»,  $f=8\text{ кГц}$ ; Пр5: аппаратура «ДЭМПСЧ»,  $f=20\text{ кГц}$ ), совмещенные с сейсмическими преломляющими границами (Пр1, 4: сейсмостанция «Синус-24М»):

1 – водосливной тоннель плотины; 2 – подземный переход; 3 – преломляющие сейсмические границы; 4 – положение предполагаемой границы основания плотины

По результатам изучения физических свойств, плотина представляет собой трехслойную среду:

Номер слоя	Описание (тип грунтов)	Плотность, $\text{г/см}^3$	УЭС ( $\rho_k$ ), Ом·м	Скорость $V_p$ , м/с
1	Почвенно–растительный слой, асфальт, плитка, насыпной грунт	1,5-2,2	40-280	150-300
2	Тело плотины (суглинки, глины)	1,9-2,0	10-22	400-500
3	Основание (дресвяно–щебенистый грунт, сланцы, габбро)	2,1-2,2	60-800	800-3200

Верхняя часть разреза (1,0÷1,5м), за исключением асфальта и тротуарной плитки, представлена рыхлыми породами, характеризующимися низкими скоростями распространения сейсмических волн и широким разбросом по удельным сопротивлениям. Это достаточно типично для зоны аэрации: присутствие грунтов, резко различающихся по физическим свойствам. Средний слой имеет относительно выдержанную скорость распространения сейсмических волн и величин электросопротивлений. По результатам ВЭЗ намечается дополнительное разделение на 2 подслоя: верхний подслоем мощностью 2÷5 метров близок по свойствам к суглинкам, нижний подслоем характеризуется большей мощностью (5÷8 м) и низкими значениями УЭС, характерными для глин



(10÷11 Ом·м), поэтому его следует отнести к «древнему» ядру современной городской плотинки. Основание разреза представлено плотными подстилающими породами, с повышенными значениями сопротивлений и высокими скоростями распространения сейсмических волн. По геологическим данным, коренными породами западной стороны плотины являются метаморфические горные породы, представленные сланцами, перекрытыми обломочной зоной коры выветривания. Коренными породами восточной стороны плотины являются габбро, поэтому предполагаемая зона контакта пород разного состава проходит по древнему руслу реки, т. е. в пределах плотины Городского пруда.

Геоэлектрические разрезы, совмещенные с сейсмическими преломляющими границами (Профили 1, 4), показывают хорошую корреляцию и в то же время взаимно дополняют друг друга в плане геологической интерпретации. Все основные элементы геоэлектрических разрезов находят свое отражение и на форме сейсмических границ. Сейсморазведочными работами выделяются две преломляющие границы, разделяющие насыпной грунт, тело плотины и коренные породы. Главной особенностью геоэлектрических разрезов на всех профилях является четкое выделение положения водослива в районе ( $X=110\div 125$  м) аномалией низких значений эффективных УЭС. Вторым по важности выделяемым элементом разрезов является подземный переход в районе ( $X=170\div 180$  м) и его «продолжение»: засыпанный дополнительный прорез плотины. Заметим, что подземный переход также выделяется пониженными сопротивлениями, что вызвано использованием железобетона в его конструкции. Сейсмическая граница в районе подземного перехода (см. рис. 2, Профиль 4) приподнята, как бы огибая его сверху. Такое поведение характерно для пустотелых и рыхлых объектов, имеющих облицовку из плотного материала (камень, бетон и т. п.). Локальная проводящая аномалия наблюдается в районе дренажного колодца (Пр 4,  $X=60$  м), ей соответствует и депрессия сейсмической преломляющей границы. Судя по геоэлектрическому разрезу, глубина заложения колодца составляет более 10 метров. Электромагнитные аномалии, связанные с подземными коммуникациями, наблюдаются в начале и на концах некоторых профилей, остальные аномалии носят одиночный характер и связаны в основном с наружными металлическими объектами.

Выводы:

1. Электроразведочная аппаратура «МЧЗ-8» позволяет вести исследовательские работы в сложных городских условиях, при отсутствии заземления и высоких промышленных помехах.
2. Комплексование электроразведочных и сейсморазведочных методов позволяет более полно охарактеризовать сложный геологический разрез, содержащий вертикальные и горизонтальные границы разделов.
3. Как и любая аппаратура электромагнитных методов, «МЧЗ-8» критична к наличию поблизости металлических объектов, поэтому при проведении съемки в пределах городской черты необходимо учитывать возможные помехи техногенного характера.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по электроразведке. – М.: Недра, 1983.
2. Сенин, Л. Н. Накопительная сейсмическая станция с цифровой коррекцией смещения нуля. Патент RU 2248592 С1 / Л. Н. Сенин, Т. Е. Сенина // Оpubл. Бюл. № 8 20.05.2005.
3. Применение электромагнитных методов для изучения состояния городской плотины на р. Исеть г. Екатеринбурга / О. И. Федорова, Р. Б. Журавлева, Б. М. Чистосердов, В. П. Бакаев // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. – Екатеринбург: Институт геофизики УрО РАН, 2006.