ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА МЕЗОЗОЙСКОЙ ЭНДОГЕННОЙ АКТИВНОСТИ В ПРЕДЕЛАХ КОЛЬСКОЙ ЧАСТИ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА

Веселовский Р.В.^{1,2}, Демина Л.И.¹, Арзамасцев А.А.³

¹ МГУ, г. Москва, Россия, E-mail: *roman.veselovskiy@ya.ru*, ² ИФЗ РАН, г. Москва, Россия, ³ ИГГД РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Приводятся новые палеомагнитные данные, полученные по 44 дайкам девонского возраста, расположенным в разных районах Кольского полуострова и не охваченных ранее систематическими палеомагнитными исследованиями. В работе освещаются результаты петромагнитных, петрографических и микрозондовых исследований девонских даек, а также датировки их изотопного возраста. Показано, что в пределах изученной территории практически все девонские дайки, метаморфические архей-протерозойские комплексы Фенноскандинавского щита и дайки протерозойского возраста подверглись низкотемпературному гидротермально-метасоматическому воздействию, приведшему к образованию новых магнитных минералов и приобретению ими вторичной компоненты намагниченности химической природы. Возраст вторичной компоненты косвенно оценивается как раннеюрский, а в качестве потенциального источника перемагничивания предложена мезозойская Баренцевоморская трапповая провинция.

PALEOMAGNETIC EVIDENCES OF THE MESOZOIC ENDOGENOUS ACTIVITY FROM THE KOLA PENINSULA (FENNOSCANDIAN SHIELD)

Veselovskiy R.V.^{1,2}, Demina L.I.¹, Arzamastsev A.A.³

¹MSU, Moscow, Russia, E-mail: *roman.veselovskiy@ya.ru*, ²IPE RAS, Moscow, Russia, ³IPGG RAS, Saint Petersburg, Russia

Paleomagnetic study of 44 dykes and 1 intrusive body widespread on the Kola Peninsula has been carried out. The Devonian age of these objects has been confirmed by isotopic-geochronological studies (Sm-Nd, Rb-Sr, Ar/Ar methods). The component analysis of the natural remanent magnetization of the samples has shown that up to three magnetization components can be found. The most unstable component «Q» corresponds with the direction of the present day field. The paleomagnetic pole corresponding to the direction of the most stable component «D» is located close to the Middle Devonian segment of the apparent polar wander path (APWP) for the East European craton. So this allows us to suppose its Devonian age. The second magnetization component «MZ» was found in Devonian dykes of northern and southern parts of the Kola Peninsula and can be found within the middle- and high temperature interval of unblocking temperatures. The paleomagnetic pole corresponding to this component is located close to the Mesozoic (Early Jurassic, 190 Ma) part of the APWP for the East European platform. We suggested that the extensive remagnetization of the Devonian dykes was caused by the low temperature fluids originated from the Barents-Amerasian superplume and by the appearance of an extensive area with trap magmatism within the modern Arctic Basin region.

Нами проведены палеомагнитные исследования роёв даек долеритов и щелочных пород, относящихся к Кольской девонской магматической провинции и расположенных в разных районах Кольского полуострова. Возраст даек, установленный ранее геохронологическими методами (Rb-Sr, Sm-Nd, ⁴⁰Ar/³⁹Ar), находится в интервале 390-360 млн лет [1]. Результаты были получены по 11 долеритовым дайкам Баренцевоморского побережья и Печенгского района, 22 дайкам щелочных пород Кандалакшского залива Белого моря, а по 11 маломощным дайкам и жилам Турьего мыса, обрамляющих одноименный интрузивный массив (рис. 1). Для проведения полевых тестов палеомагнитным исследованиям подверглись также 11 даек протерозойского возраста [1], расположенные В Печенгском районе, районе Воче-Ламбина И около пос.Верхнетуломский.



Рис. 1. Расположение исследованных объектов в пределах Кольского полуострова. (1) – район пос.Дальние Зеленцы и Териберка; (2) – район г.Печенга и пос.Лиинахамари; (3) – район г.Кандалакша, Кандалакшский залив Белого моря; (4) – Турий мыс; (5) – участок Верхнетуломский; (6) – район Воче-Ламбина; (11) – дайка на берегу оз.Пороярви.

Лабораторные палеомагнитные исследования заключались в проведении магнитных чисток отобранных коллекций ориентированных образцов (применялись температурные чистки и чистки переменным полем) и в последующем компонентном анализе записи естественной остаточной намагниченности согласно принятой методике. Обработка палеомагнитных коллекций производилась в лабораториях МГУ, ИФЗ РАН, ГИН РАН, МІТ (США, Кембридж). Кроме того, по наиболее представительным образцам были выполнены петрографические, микрозондовые и петромагнитные исследования, а также проведено изотопное датирование 8 даек.

Основным результатом палеомагнитных исследований является повсеместное обнаружение в породах исследованных даек девонского и протерозойского возраста, а также во вмещающих их метаморфических архей-протерозойских породах Фенноскандинавского щита, вторичной (перемагничивающей) компоненты намагниченности «MZ», время возникновения которой предположительно составляет 190 млн. лет назад (ранняя юра). Оценка возраста перемагничивающего события сделана исходя из сравнения палеомагнитного полюса, отвечающего вторичной компоненте намагниченности «MZ» (табл. 1), с кривой кажущейся миграции палеомагнитного полюса Восточно-Европейской платформы [2]. Важно заметить, что несмотря на близость направлений вторичной компоненты «MZ» и современной компоненты намагниченности вязкой природы «Q», они уверенно различаются в большом количестве объектов, где присутствуют вместе. При этом перемагничивающая компонента «MZ» всегда более стабильная и занимает средне- или высокотемпературный диапазон блокирующих температур, в то время как компонента «Q» во всех образцах наименее стабильная (низкотемпературная) (рис. 2, а).

Масштабы выявленного нами перемагничивания позволяют классифицировать его как региональное, однако территориальная близость перемагниченных и незатронутых перемагничиванием даек, в магнитной записи которых присутствует первичная компонента намагниченности девонского «D» (или протерозойского «PR» в случае древних даек) возраста (табл. 1), говорит об его избирательности. Поскольку геологические и иные свидетельства эндогенной активности в пределах Кольской части Фенноскандинавского щита в постдевонское время до сих пор не были известны, то важной задачей является объяснение механизма перемагничивания девонских даек, его источника и более надёжное обоснование возраста вторичной компоненты намагниченности.

Таблица 1

Комп.	slat	slong	n/S	D	Ι	K	α95	plat	plong	dp/dm	paleolat
Q	68.0	32.7	290/28	20.9	82.4	32.3	4.9	80.4	66.3	9/10	
MZ	68.0	32.7	291/30	72.6	84.8	26.1	5.2	68.8	60.7	10/10	79.8
D	68.0	32.7	84/12	63.7	7.3	10.3	14.2	13.0	146.0	7/14	3.7
PR	69.1	31.5	45/5	352.2	48.8	63.2	9.7	50.4	222.2	8/13	29.7

Палеомагнитные направления выделенных компонент намагниченности и палеомагнитные полюсы

<u>Пояснения к таблице:</u> статистика на уровне сайтов (S); «Комп.» – название компоненты намагниченности; slat, slong – средние широта и долгота места отбора проб; n/S – количество образцов/сайтов (точек опробования); D, I – склонение и наклонение; К, α95 – параметры статистики Фишера (кучность и радиус круга 95%-го доверия); plat, plong – широта и долгота палеомагнитного полюса; dp/dm – отношение минимальной и максимальной осей овала 95%-го доверия; «paleolat» – палеоширота.

Микрозондовые, петрографические и петромагнитные исследования пилотной коллекции образцов показали, что основными носителями намагниченности в изученных породах являются титаномагнетиты различной степени окисления, вплоть до магнетита. При этом петрографические и микрозондовые наблюдения позволяют утверждать, что значительная часть изученных интрузивных тел подверглась вторичным гидротермально-метасоматическим изменениям, повлекшим за собой преобразование первичномагматических минералов и образование новых магнитных фаз, что характерно для химического типа перемагничивания, состав которых отвечает титаномагнетитам с низкими содержаниями титана. Различная степень вторичной переработки пород даек обуславливает неравномерность перемагничивания интрузивных тел в пределах изученной территории, что, вероятно, определялось путями миграции флюида по ослабленным зонам фундамента.

Выполненное нами 40 Ar/ 39 Ar изотопное датирование образцов девонских даек (в том числе интенсивно перемагниченных) методом ступенчатых прогревов монофракций флогопита, биотита или плагиоклаза показало, что все дайки имеют изотопный возраст не моложе позднего девона. Кроме того, какие-либо нарушения наиболее чувствительных к вторичным нагревам изотопных систем (например, K-Ar в плагиоклазе) не наблюдаются (рис. 2, б). Это может рассматриваться как указание на отсутствие значительных и длительных вторичных прогревов пород девонских даек на протяжении их геологической истории.



Рис. 2. (а) – стереограмма, кривая размагничивания и диаграмма Зийдервельда типичного образца, в котором присутствуют и уверенно выделяются компоненты «Q», «MZ» и «D». (б) – результаты ⁴⁰Ar/³⁹Ar исследований методом ступенчатого прогрева монофракции плагиоклаза одной из исследованных девонских даек баренцевоморского роя.

Результаты микрозондового анализа указывают на наличие рудной ассоциации вторичных минералов с сульфидами железа, меди, кобальта и никеля. Все вышесказанное позволяет предполагать, что основным агентом регионального перемагничивания являлся низкотемпературный флюид, генетически связанный с основным базальтовым магматизмом. Данный вывод согласуется с предположением, сделанным нами ранее [2], согласно которому в качестве наиболее вероятного источника перемагничивания мы рассматриваем мощный трапповый магматизм Баренцевоморской провинции (Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, шельф Баренцева моря), инициальный этап становления которой приходится на раннеюрское время (200–190 млн лет) [3].

Исследования выполнены при поддержке гранта Президента РФ МК-3383.2012.5, гранта РФФИ 12-05-00216-а и программ ОНЗ РАН 6, 7, 8.

Литература

- 1. Арзамасцев А.А., Федотов Ж.А., Арзамасцева Л.В. Дайковый магматизм северо-восточной части Балтийского щита. СПб., Наука, 2009, 383 с.
- 2. Веселовский Р.В., Арзамасцев А.А. Признаки мезозойской эндогенной активности в севе-
- ро-восточной части Фенноскандинавского щита // ДАН. 2011. Т. 438. № 6. С. 782–786.
 Карякин Ю.В., Шипилов Э.В. Геохимическая специализация и ⁴⁰Ar/³⁹Ar возраст базальто-идного магматизма островов Земля Александры, Нортбрук, Гукера и Хейса (архипелаг Земля Франца-Иосифа) // ДАН. 2009. Т. 425. № 2. С. 213–217.

МАГНИТНЫЕ МЕТОДЫ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ЖЕЛЕЗА В РАЗРЕЗЕ ГАМС (АВСТРИЙСКИЕ АЛЬПЫ)

Гильманова Д.М., Косарева Л.Р.

КФУ, г. Казань, Россия, E-mail: di.gilmanova@gmail.com, Lina.kosareva@mail.ru

В данном докладе рассматривается использование магнитных методов (дифференциальный термомагнитный анализ, коэрцитивная спектроскопия) для исследования металлического железа в осадках.

This report examines the use of magnetic methods (differential thermomagnetic analysis, coercitive spectroscopy) to study metallic iron in sediments.

Ежегодно на поверхность Земли выпадает десятки тысяч тонн космической пыли. Состав этого вещества достаточно разнообразный, однако преобладают хондриты и другие силикаты, стекла с вкраплениями металлов и сульфидов, и гораздо реже частицы металлического железа и никеля. Изучение металлического железа содержащегося в горных породах различного возраста (от нескольких миллиардов лет до современных осадков, включая снег и лед) позволило бы получить сведения о межзвездной и межгалактической пыли большой области Вселенной.

В данной работе использовался материал по разрезу Гамс в Австрийских Альпах предоставленный руководством Национального Музея Естественной Истории в Вене. Наиболее детально был исследован участок разреза, включающий границу мелпалеоген (возраст 65 млн. лет), именно в это время, когда образовались эти осадки в результате природной катастрофы большая часть биосферы (включая динозавров) погибла в очень короткий промежуток времени. Наиболее распространенной гипотезой о причинах этого вымирания является гипотеза о падении крупного космического тела на Землю. Эта гипотеза была поддержана многими данными, в том числе обнаружением кратера в районе Мексиканского залива. С другой стороны граница (К/Т) в океанических и морских отложениях фиксируется заметными изменениями магнитных свойств, чаще всего повышенной магнитной восприимчивостью.

На примере пород из разреза Гамс, где представлен пограничный слой, мы показали природу этих изменений. Разрез, представленный в монолите, делится на три части (рис. 1): нижнюю карбонатную часть светло-серого цвета (слои A-I), затем идет переходный слой J глин черного цвета, на котором залегает линза глинистого мергеля серого цвета (слой K). Верхняя часть представлена глинами и алевритами темно-серого до черного цвета (слои L-W). В самой верхней части разреза появляются песчаные прослои светло-серого цвета S и T, обогащенные терригенным материалом, прежде всего, кварцем [1].

Основным видом диагностики состава ферримагнитной фракции горных пород является термомагнитный анализ, так как в отличие от других методов, он дает содержание в породе металлического железа, тогда как иные дают суммарное содержание железа в породе. Термомагнитный анализ основан на изучении зависимости одной из важнейших магнитных характеристик ферримагнитных минералов – точки Кюри. При достижении температуры Кюри происходит разрушение магнитного упорядочения и ферримагнетик становится парамагнетиком. Для выполнения магнитоминералогического анализа был использован дифференциальный термомагнитный анализ и коэрцитивная спектрометрия. ДТМА использовался как метод для определения магнитных минералов и идентификации металлического железа. ДТМА велся в поле 0.2 Т, прогрев образцов производился до 800 °C. По данным коэрцитивной спектрометрии оценены размеры зерен и доменный состав [2, 3].



Рис. 1. Монолит из разреза Гамс.

Оценена концентрация в образцах магнетита, титаномагнетита, металлического железа, гемоильменита и гетита, для чего по кривой зависимости индуктивной намагниченности от температуры Mi(T) определялся вклад в величину Mi данного магнитного минерала, и эта величина делилась на удельную намагниченность насыщения этого минерала. В результате анализа кривых Mi(T) и их производных (рис. 2) выделяются 9 магнитных фаз:

1. магнитная фаза с Tc = 60–140 °C – возможно, это феррошпинель;

2. магнитная фаза с Tc = 90–150 °C, доля ее в Мі составляет 10–20 %, это ферромагнитные гидроокислы железа типа гетита;

3. магнитная фаза с Tc = 180-300 °C, вероятно – гемоильменит промежуточного состава, для которого область гомогенного состояния находится выше 900 °C;

4. магнитная фаза с Tc = 200–370 °C – процесс превращения маггемита в гематит;

5. магнитная фаза с Tc = 360 °C обнаружена в образцах из слоя J – это никель;

6. магнитная фаза с Tc = 510–610 °C, это титаномагнетит, гетерофазно окисленный до магнетита, последний, в свою очередь, нередко однофазно окислен (Tc>580 °C);

7. магнитная фаза с Tc = 650–660 °C, можно предположить, что это сплав железа и никеля, простой подсчет по Tc и Ms содержания железа и никеля показывает, что это

может быть сплав Fe₃Ni (возможно, тэнит). Присутствие подобного сплава подтверждается данными микрозондирования. Его содержание около 0,005%;

8. магнитная фаза с Tc = 660-680 °C – гематит, его доля его в Mi обычно менее 10%;

9. магнитная фаза с Tc = 740–770 °C. После нагрева до 800°С эта фаза частично или полностью исчезает.



Рис. 2. Примеры результатов дифференциального термомагнитного анализа, dM/dt, paзpes Гамс-1. A, C, E – первый нагрев; B, D, F – второй нагрев.

Очевидно, это металлическое железо с небольшими примесями, которое при нагреве до 800 °C окисляется. Единичные шарики чистого железа обнаружены при помощи микрозонда в образцах J2 и M4. Содержание его невелико, менее 0.002%. Распределение металлического железа в разрезе довольно однородно. Однако, по данным ТМА, чистое металлическое железо практически отсутствует в слое J.

Ансамбль магнитных зерен по коэрцитивным спектрам сходен во всех образцах и характеризуется высокой коэрцитивностью. На этом фоне выделяется слой J с максимумом на 25–40 мT, что связывается с зернами металлического никеля и сплава железа с никелем. В остальном спектр слоя J подобен образцам песчано-глинистых отложений.

Представленные результаты позволяют склониться в пользу сильного вулканизма, так как мы не обнаружили аномального содержания космогенного вещества в образцах осадка.

Литература

1. Грачев, А.Ф., Корчагин О.А., Цельмович В.А.,. Коллманн Х.А. Космическая пыль и мик-

рометеориты в переходном слое глин на границе мела и палеогена в разрезе Гамс (Восточные Альпы): морфология и химический состав// Физика Земли. 2008. №7.

- 2. Буров Б.В., Нургалиев Д.К., Ясонов П.Г. Палеомагнитный анализ. Казань: Изд-во КГУ, 1986. 167с.
- 3. Yassonov, P.G., Nourgaliev D.K., Bourov B.V., Heller F. A modernized coercivity spectrometer // Geologica Carpathica.- 1998.- Vol. 49, 3. – P. 224-226.

ОЦЕНКА ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ РАЗДЕЛА «КОРА–МАНТИЯ» ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ В ОБЛАСТЯХ, НЕ ОБЕСПЕЧЕННЫХ ГЛУБИННЫМИ СЕЙСМИЧЕСКИМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ

Голышева Ю.С.

ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия, E-mail: Juliya_Golysheva@vsegei.ru

В данной работе рассматривается возможность определения общего уровня подошвы земной коры на территориях, не обеспеченных глубинными сейсмическими данными. Сопоставляются результаты двух независимых методов, использующих гравиметрические материалы. Результаты этих методов не всегда показывают удовлетворительную сходимость. Для того чтобы выбрать наиболее соответствующий исходному гравитационному полю вариант была решена прямая задача гравиметрии.

ESTIMATION OF «CRUST-MANTLE» POSITION BY GRAVITY DATA TO THE AREAS WITHOUT DEEP SEISMIC

Golysheva Yu.S.

VSEGEI, Saint Petersburg, Russia, E-mail: Juliya Golysheva@vsegei.ru

The possibility of determining the general level of the base of the crust in areas without deep seismic is considered in this work. The results of two independent methods, which are using the gravimetric materials, are comparing. Sometime the results of these methods don't have satisfactory correspondence. In order to choose version, that is the most appropriate to the original gravitational field, was solved the direct problem of gravimetry.

Определение положения подошвы земной коры (границы М) является одной из основных задач глубинных исследований. Однако далеко не все территории охвачены глубинными сейсмическими исследованиями, дающими наиболее достоверное представление о положении этой границы. В частности, северо-восток России относится к областям с низкой обеспеченностью глубинными сейсмическими данными. Представленная работа рассматривает возможность решения этой проблемы на основе использования гравиметрических материалов. Акцент сделан на оценке положения границы раздела «кора-мантия» в областях Тихоокеанского бассейна.

Оценка глубины подошвы земной коры проводилась двумя независимыми методами обработки поля силы тяжести:

– на основе использования двумерных корреляционных зависимостей, связывающих глубину залегания границы M с осредненными (радиус осреднения – 100 км) значениями гравитационного поля в редукции Буге ($\sigma = 2,67$ г/см³) и рельефа дневной поверхности (морского дна);

 – на основе спектрального анализа: оценка положения границы раздела сред с принципиально различной структурной организацией (3D структурно-плотностное моделирование).

Эмпирические корреляционные зависимости для сухопутных и морских областей были созданы на основе обширной базы данных, что позволило определить положение

границы М для огромной территории Циркумполярной Арктики [1] и Северной, Центральной и Восточной Азии [5], которая включает в себя площадь исследований.

3D структурно-плотностное моделирование в качестве стартовой модели использует решение обратной задачи гравиметрии в спектральной области. Отличительной особенностью методики является использование априорной информации, основанной на региональных и глобальных сейсмических и петрофизических обобщениях, для снижения некорректности стартовой модели и последующего ее преобразования в модель распределения плотностных неоднородностей земной коры и верхней мантии [3]. Преимуществом методики является возможность проверки полученной модели не только на основе решения прямой задачи, но и путем сопоставления ее с независимыми глубинными сейсмическими моделями по опорным профилям. Положение границы «корамантия» по 3D структурно-плотностному моделированию, определяется, как граница, разделяющая области с высокой и низкой дисперсностью распределения масс аномальных источников поля [3].

Для подавляющей части геологических обстановок положение подошвы земной коры, оцененное двумя различными методами, показало удовлетворительную сходимость (различия менее 5 км). Исключение составили области с океанической (субокеанической) корой, где различия в оценке положения границы достигали 10–12 км. С одной стороны, области океанической коры крайне слабо охарактеризованы сейсмическими материалами, что приводит к определенной неустойчивости «корреляционного» метода. С другой стороны, пониженная мощность земной коры, характерная для подобных геологических обстановок, требует специальных исследований.

В связи со значительными расхождениями в оценке положения подошвы земной коры, было предложено определить общий уровень раздела «кора-мантия» в субокеанической части по нескольким расчетным профилям. Для этого была решена прямая задача (в программе GM-SYS) по двум моделям для каждого профиля, отличающимся между собой только положением подошвы земной коры в субокеанической части (рис. 1, 2).

Для решения прямой задачи были выбраны 2 профиля (ПР-1 и ПР-2), протяженностью ~ 1600 км, из которых 1000 км приходится на территорию суши, а 600 км уходят в океан. Такая длина обусловлена необходимостью закрепить профили на континенте (чтобы был виден общий уровень поля Δg континентальной и океанической части профиля), а также с целью увязки расчетных профилей с опорным профилем 2-ДВ. Модели рассчитаны до глубины 100 км. Решение прямой задачи проводилось при «стандартных» (среднестатистических) плотностных параметрах земной коры и верхней мантии, а именно: плотность осадочного слоя – 2.4 г/см³; континентальной консолидированной коры – 2.85 г/см³ [2]; океанической консолидированной коры – 2.9 г/см³ [4]; верхней мантии – 3.35 г/см³ [2]. Плотность воды введена равной 2.67 г/см³, т.к. исходное поле силы тяжести вычислено в редукции Буге (плотность промежуточного слоя равна 2.67 г/см³).



Рис. 1. Решение прямой задачи гравиметрии по расчетному профилю ПР-1 при «стандартных» (среднестатистических) плотностных параметрах земной коры и верхней мантии (*линии* графиков: черная толстая – $\Delta g_{\text{Буге}}$, черная тонкая – $\Delta g_{\text{Модель}}$, красная – разностная кривая): А – Положение подошвы коры в субокеанической части по «корреляционному» методу; Б – Положение подошвы коры в субокеанической части по 3D структурно-плотностному моделированию.



Рис. 2. Решение прямой задачи гравиметрии по расчетному профилю ПР-2 при «стандартных» (среднестатистических) плотностных параметрах земной коры и верхней мантии (*линии* графиков: черная толстая – $\Delta g_{Буге}$, черная тонкая – $\Delta g_{Модель}$, красная – разностная кривая): А – Положение подошвы коры в субокеанической части по «корреляционному» методу; Б – Положение подошвы коры в субокеанической части по 3D структурно-плотностному моделированию.

Кривые наблюденного поля силы тяжести по профилям построены по карте аномалий силы тяжести (редукция Буге, $\sigma = 2,67$ г/см³).

Анализ решения прямой задачи показывает, что при положении подошвы земной коры, принятом в соответствии с «корреляционным» методом (рис. 1A, 2A), размах невязок составляет более 250 мГал и сокращается в 1,5–2 раза при положении подошвы коры по 3D структурно-плотностному моделированию (рис. 1Б, 2Б). Т.е. уровни расчетной и наблюденной кривых Δg (без учета высокочастотной составляющей наблю-

денного поля силы тяжести, отражающей изменения плотности в верхних слоях земной коры) лучше соответствуют друг другу при положении границы раздела «корамантия», определенному по 3D структурно-плотностному моделированию. *Общий уровень* подошвы земной коры в субокеанической части в этом случае составляет порядка 16–17 км (см. рис. 1Б, 2Б), что на 4–5 км ниже, чем по «корреляционному» методу. С учетом мощности осадочного чехла, суммарная мощность второго и третьего слоев субокеанической коры составляет 10–13 км, что вполне удовлетворяет общемировой статистике [6].

В результате данного исследования было установлено, что использование «корреляционного» метода для определения глубины подошвы земной коры может приводить к завышению значений в областях с океанической (субокеанической) корой. Для оценки положения раздела «кора-мантия» на таких территориях более подходящим является анализ результатов 3D структурно-плотностного моделирования.

Литература

- 1. Кашубин С.Н., Петров О.В. и др. Карта мощности земной коры Циркумполярной Арктики // Региональная геология и металлогения. №46. – СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. С. 5–13.
- 2. Красовский С.С. Гравитационное моделирование глубинных структур земной коры и изостазия. – Киев, Наук. думка, 1989.
- Мильштейн Е. Д., Петров Б. В.. Развитие методологических основ и технологии геологической интерпретации глубинных геофизических данных на опорных и региональных профилях с созданием специализированной геолого-картографической продукции и переоценкой минерагенического потенциала территорий // Известия ВСЕГЕИ. 2007. – Издательство ВСЕГЕИ. – 2008. – Т.7. (55). – С. 135–155.
- Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Развитие Земли: Учебник. Под ред. академика РАН В.А. Садовничего – М.: Издательство МГУ, 2002
- 5. Шокальский С.П. и др. Информационный геологический отчет о результатах и объемах работ, выполненных в 2011 году по объекту «Создание сводной схемы структурногеологического районирования масштаба 1:2 500 000 Дальнего Востока и юга Сибири с увязкой, корреляцией и актуализацией серийных легенд ГК-1000/3». ФГУП «ВСЕГЕИ», СПб, 2011.
- Mooney W.D., 2007. Crust and Lithospheric Structure Global Crustal Structure. Treatise on Geophysics, vol. 1: Seismology and Structure of the Earth / Eds. B. Romanowicz & A. Dziewonski. Elsevier, 2007. 361–417.

АНАЛИЗ СЕЙСМОТЕКТОНИКИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗОН ВОЗМОЖНЫХ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Даниленко В.В., Мележ Т.А

ГГУ, г. Гомель, Республика Беларусь, E-mail: vitalij.danilenko@mail.ru

В статье проводится сопоставление пространственно-временного распределения очагов землетрясений с тектонической характеристикой северо-западной части Припятского прогиба, которое показывает, что основная часть сейсмических событий в исследуемом регионе приурочена к зонам пересечения тектонических разломов. Основное внимание уделено вопросу о природе сейсмических событий в пределах Старобинского месторождения калийных солей. Установлены возможные причины возникновения землетрясений в пределах данного месторождения, а также на основании полученных результатов, в составе Северо-Припятской зоны выделена Любаньская подзона возможных очагов землетрясений (ВОЗ). Авторы данной статьи указывают на необходимость проведения комплекса дополнительных сейсмических исследований в пределах выделенной подзоны ВОЗ, с целью получения более достоверных данных о происхождении землетрясений в пределах Солигорского района.

ANALYSIS SEISMOTECTONICS NORTHWEST PRIPYAT TROUGH IN ORDER TO IDENTIFY AREAS OF POSSIBLE EARTHQUAKE SOURCES WITHIN STAROBIN POTASSIUM SALTS

Danilenko V.V, Melezh T.A.

GSU, Gomel, Republic of Belarus, E-mail: vitalij.danilenko@mail.ru

The paper compares the spatial and temporal distribution of earthquake with a tectonic feature northwestern part of the Pripyat Trough, which shows that most of the seismic events in the study area is confined to the areas of intersection of tectonic faults. The focus is on the question of the nature of seismic events within the birth-place of the Starobin potassium salts. The possibility of the cause of earthquakes within a given field, as well as on the basis of the results, in the North-Pripyat area allocated Lubanski subzone possible foci earthquakes (WHO). The authors of this article point to the need for more of the complex seismic surveys within the selected subband WHO, in order to obtain more reliable data on the origin of earthquakes within Soligorsk region.

Территория Беларуси расположена на западе древней Восточно-Европейской платформы, которая состоит из Балтийского и Украинского щитов, Русской и Волыно-Азовской плит и, в соответствии с сейсмотектоническим районированием, относится к слабоактивной зоне. Сейсмичность территории Беларуси в последние годы изучена наиболее детально. По литературным и архивным данным, а также непрерывным инструментальным наблюдениям сейсмических станций за период 1965-2009 гг., в пределах исследуемой территории зарегистрировано шесть землетрясений, имеющих ощутимый характер.

В тектоническом плане основная часть сейсмических событий приурочена к зоне сочленения северо-западной части Припятского прогиба и Белорусской антеклизы, включая и Солигорский горнопромышленный район. Сейсмологический мониторинг

исследуемой территории обеспечивает сеть сейсмических станций, технические средства наблюдений которых состоят из измерительного оборудования — сейсмометров, воспринимающих движения почвы, возникающие в результате распространения сейсмических волн, и регистрирующего оборудования. Всего в этой зоне в период с 1983 по 2009 гг. было зафиксировано и обработано свыше 1135 сейсмических толчков. На основе этих данных составлена карта сейсмичности северо-западной части Припятского прогиба (рис. 1).



Рис. 1. Карта сейсмичности северо-западной части Припятского прогиба за 1983–2009 гг.: 1 – магнитуда землетрясений; 2 – столица; 3 – дата землетрясения.

Анализ положения эпицентров показал ярко выраженную неравномерность их распределения по площади [1]. Размер окружностей на карте соответствует землетрясениям с магнитудой 0,6–3,0, а также показаны даты ощутимых и удаленных сейсмических событий изучаемого района. Сопоставление пространственно-временного распределения очагов землетрясений с тектонической характеристикой региона показывает, что большинство представленных здесь разломов сейсмоактивны.

Основные сейсмотектонические процессы проявляются вдоль разломов различного направления (или их звеньев), а такжесконцентрированы в зонах их пересечения (рис. 2), т.е. слабые землетрясения в общих чертах трассируют разломы.

Результаты наблюдений показывают приуроченность землетрясений к следующим субмеридионального простирания – суперрегиональному разломам: Стоходско-Могилевскому И субширотного простирания суперрегиональному Северо-Припятскому, региональным: Ляховичскому, Речицкому. Червонослободско-Малодушенскому, Копаткевичскому, Шестовичскому. Отдельные эпицентры землетрясений попадают в зоны пересечения субмеридиональных и субширотных разломов. Так, наиболее сильные землетрясения с магнитудой 2,5 и более ксосредоточены вблизи зоны пересечения Стоходско-Могилевскогои Копаткевичского разломов. Наблюдаемая область рассеивания эпицентров землетрясений достаточнообширна и распространяется на расстояние до 100 км за пределы Солигорского горнопромышленного района.



Рис. 2 Карта проявления сейсмотектонических процессов в северо – западной части Припятского прогиба за 2009 г.

1– энергетический класс землетрясений; 2 – населенный пункт; 3 – реки; 4–6 – разломы, проникающие в чехол (4 – суперрегиональные, ограничивающие крупнейшие надпорядковые структуры; 5 – региональные ограничивающие крупные I, II порядка структуры; 6 – локальные); 7–9 – разломы, не проникающие в чехол (7 – суперрегиональные, разграничивающие крупнейшие области разного возраста переработки; 8 –региональные, разграничивающие крупные области разного возраста переработки; 8 –региональные, разграничивающие крупные области разного возраста переработки; 9 – локальные); 10 – разломы (цифры в кружках: 1 – Северо-Припятский, 2 – Налибокский, 3 – Ляховичский, 4 – Речицкий, 5 –Червонослободско-Малодушинский, 6 – Копаткевичский, 7 – Шестовичский, 8 – Сколодинский, 9 –Выжевско-Минский, 10 –Стоходско-Могилѐвский, 11 – Кричевский, 12 – Чечерский); 11 – граница шахтных полей Солигорского горнопромышленного района.

Анализируя карту проявления сейсмотектонических процессов в северо-западной части Припятского прогиба, следует отметить, что некоторые из представленных в изучаемом районе разломов, характеризуются отсутствием сейсмичности, однако возникновение очагов землетрясений на одних участках разломов и отсутствие их на других, не может свидетельствовать о том, что в последних когда-либо не произойдут сильные сейсмические толчки. Выявление активных разломов, которые могут быть зонами потенциальных очагов землетрясений, является одним из основополагающих элементов сейсмического районирования Припятского прогиба. В настоящее время наиболее актуальным как в научном, так и практическом отношении является вопрос о природе сейсмических событий в пределах Старобинского месторождения калийных солей и прилегающих к нему территорий. Благодаря проведенному анализу взаимосвязей между системами активных разломов различного ранга и особенностями локализации эпицентров землетрясений, установлено, что среди суперрегиональных разломов центральное место в дизъюнктивной неотектонике рассматриваемого региона занимают Стоходско-Могилевский и Северо-Припятский разломы, отражающиеся в структуре кристаллического фундамента и платформенного чехла. Высокой мобильностью на современном этапе развития земной коры отличаются субширотные региональные разломы: Червонослободский, Ляховичский и Речицкий. Эти системы дизъюнктивов проявляются в верхнедевонской калиеносной субформации.

На основе комплексной интерпретации космогеологических и геологогеофизических данных установлены субрегиональные и локальные разломы, зоны тектонической трещиноватости, которые также контролируют местоположение эпицентров землетрясений. Изучение сейсмических явлений в пределах Старобинского месторождения северо-западной части Припятского прогиба показывает, что эпицентры землетрясений тяготеют к зоне Стоходско-Могилевского суперрегионального разлома, располагаясь в узлах его пересечения субширотными дизъюнктивами «Припятского» направления, подобная зона обычно именуется Северо-Припятской.

Рассмотренные выше системы активных дизъюнктивов, контролирующие развитие землетрясений, согласуются с тектоническими зонами Старобинского месторождения калийных солей, установленных в ходе геофизических, космогеологических и горногеологических работ [2].

По комплексу геолого-геофизических и сейсмологических данных, а также основываясь на вышеизложенной информации, в составе Северо-Припятской зоны выделена потенциальная Любаньская сейсмогенерирующая подзона возможных очагов землетрясений (ВОЗ) средней активности с сейсмотектоническим потенциалом(максимальная магнитуда – 4,0, глубина залегания очага землетрясения – 5 км), в пределах которой должны накапливаться и проявляться максимальные напряжения, приводящие к возникновению очагов землетрясений и оказывающие опасное сейсмическое воздействие в пределах исследуемой территории. Выделенная потенциальная Любаньскаяподзона-ВОЗ хотя и является тектонически-активной структурой, но землетрясений в ее пределах пока не зафиксировано.

Регистрируемые микроземлетрясения в районе эксплуатируемого Старобинского месторождения калийных солей в большей степени могут быть обусловлены техногенными причинами. Существующая здесь технология подземной разработки сильвинитовой руды с обрушением кровли горных пород вызывает возбужденную сейсмичность. Кроме того, на динамику тектонических процессов и сейсмическую активность может оказывать влияние складирование значительного объема галитовых отходов в виде солеотвалов высотой до 120 м. Подобная техногенная нагрузка приводит к перераспределению напряжений в земных недрах, в результате чего возникают сдвиговые и растягивающиеся деформации, приводящие к локальной сейсмичности. Регистрируемые системами сейсмического мониторинга в пределах Старобинского месторождения землетрясения высокого энергетического класса вызваны концентрацией и разрядкой напряжений в земной коре.

Таким образом, закономерности проявлений техногенных землетрясений устанавливаются на основе комплексного изучения горно-геологической, сейсмической и неотектонической (разломно-блоковой) обстановки в районе разрабатываемого месторождения и на прилегающей территории. При ведении горных работ в пределах шахтных полей образуются участки повышенной напряженности породного массива. Способность рудной залежи к накоплению значительной энергии упругого сжатия и к высвобождению ее в форме хрупкого разрушения под нагрузкой является ведущим фактором формирования горно-тектонического удара. Наличие дополнительных тектонических напряжений в зонах активных разломов земной коры, располагающихся вблизи месторождения, усиливает техногенную сейсмичность [3]. Проведенный анализ сейсмотектоники северо-западной части Припятского прогиба позволил выделить в пределах Старобинского месторождения калийных солей потенциальную Любаньскую сейсмогенерирующую подзону возможных очагов землетрясений средней активности, связанную с пересечением разрывных нарушений. Также было установлено, что сейсмическая активность данного месторождения может быть связана с основными технологиями его разработки. Таким образом, при организации сейсмического мониторинга этого калийного рудника должно уделяться особое внимание космогеологическому прогнозу новейших дизъюнктивных структур и зон повышенной трещиноватости в соленосном бассейне, контролирующих формы и интенсивность динамических проявлений горных ударов, а также пространственное распределение техногенных землетрясений.

Литература

- Современные проблемы геологии «Университетские геологические чтения». Минск, 3–4 апреля 2009 г. Под общей редакцией Э. А. Высоцкого, В. Н. Губина, М. Е. Комаровского, О. В. Лукашева, Д. Л. Твороновича-Севрука, 27–28 с.
- 2. Аронов А.Г., Аронов В.А. Сейсмотектонические исследования в Беларуси за 2009 год. Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси.
- 3. Рихтер Ч.Ф. Элементарная сейсмология. М.: ИЛ, 1963, 670 с.

ТЕПЛОВОЙ ПОТОК ЖЕЛОБА ОРЛИ: ВЛИЯНИЕ ЭКЗОГЕННОГО ФАКТОРА

Ермаков А.В.

ГИН РАН, г. Москва, Россия, E-mail: a.v.ermakov@gmail.com

В 2007 г. в ходе 25 рейса НИС «Академик Николай Страхов» были получены аномально высокие значения плотности теплового потока в желобе Орла. Этот желоб протягивается ортогонально к северному краю баренцевоморского шельфа между островами Белый и Северо-Восточная Земля архипелага Шпицберген и открывается в котловину Нансена. Высокие значения теплового потока связываются с процессами деструкции континентальной коры в области развития современного рифта. В 2010 г. были получены новые измерения теплового потока в центральной части желоба, при этом температуры в осадках и придонном слое воды оказались повышенными, что, однако, не повлияло на градиенты температуры и значения теплового потока. Изучение литературных данных показывает, что для рассматриваемого района распределение водных масс, зафиксированное в 2007 г., является типичным. По-видимому, установление стационарного распределения температуры в осадках происходит достаточно быстро после изменения температуры придонной воды из-за неглубокого залегания и высокой интенсивности тепловой аномалии в коре.

HEAT FLOW IN ORLI TROUGH: DOES IT INFLUENCED BY EXOGENOUS FACTOR

Ermakov A.V.

GIN RAS, Moscow, Russia, E-mail: a.v.ermakov@gmail.com

We discussed the heat flow measurements (HF) in the northern part of Svalbard plate. In the 25-th cruise of R/V Akademik Nikolaj Strakhov (2007) in the Örnen trough, situated orthogonal between North-East Land and Kvitøya islands of Spitsbergen shelf border, there were obtained extremely high HF values. As were mentioned in previous publications, we suppose that high HF values are the result of continental crust destruction in this area. Three years later, in 2010 some new HF stations were completed in the same area. Temperature distribution in the sediments and bottom-water demonstrate higher values of temperature, but the same gradients and therefore HF. It looks like that fluctuation of bottom-water temperature does not significantly affect on steady-state temperature distribution in sediments due to shallow depth and high intensity of the thermal anomaly in the crust.

Северная окраина Баренцева моря в геотермическом отношении до недавнего времени оставалась слабо изученной. До 2007 г. в этом районе насчитывалось лишь несколько измерений плотности теплового потока (ТП), выполненных советскими исследователями [2] (достоверных сведений о количестве этих станций и полученных значениях ТП нет) и шведской экспедицией YMER-80 [8] (1 измерение). Несколько севернее, у подножия континентального склона насчитывалось еще два измерения экспедиции YMER-80, а также продолжающийся до пересечения с хребтом Гаккеля геотермический профиль экспедиции 1987 г. ARKTIS-IV/3 на ледоколе Polarstern [10] (19 измерений). В то же время в гидрологическом, геофизическом и отчасти геологическом (литологический состав донных осадков) отношении район достаточно хорошо изучен. Незначительная геотермическая изученность объясняется сложными ледовыми условиями – граница плавучих льдов в летние месяцы только в отдельные годы отодвигается достаточно далеко к северу, делая доступным край шельфа и часть континентального склона, а отчасти и относительно недавним началом развития методов изучения океанического теплового потока. Кроме того, для измерений на относительно небольших глубинах шельфовых участков всегда характерна высокая степень неопределенности: для корректного определения ТП в общем случае необходимы глубины более 300-800 м [4].

В 2007 г. в ходе 25 рейса НИС «Академик Николай Страхов» было получено 27 новых измерений; причем на одном из полигонов (пролив между островами Белый и Северо-Восточная Земля) были получены неожиданно высокие значения ТП от 299 до 519 мВт/м² [5]. Работы велись с помощью геотермического комплекса ГЕОС-М. Расстояние между самой южной и самой северной станциями с высокими значениями ТП составляет около 180 км. Аномальные значения были приурочены к протяженному субмеридиональному желобу, ортогональному к краю шельфа, с глубинами от 300 м, постепенно увеличивающимися к северу [3]. В научной литературе для данного объекта известны наименования: желоб (трог) Орла, Орли, Стурё, Örnen, и Kvitøya; при публикациях первых данных использовалось название трог Орла [5].

Полученные после трехгодичного перерыва в 2010 г. значения ТП оказались близкими к полученным ранее, от 170 до 367 мВт/м² [1]. Четыре «контрольные» станции вместе с тремя уже имевшимися рядом вписались в область размером около 10×13 км (80.40 – 80.55 с.ш., 29.25 – 30.00 в.д.).

Результаты определения ТП подтвердили корректность вычисленных ранее значений (были получены такие же значительные градиенты), однако распределение температуры в осадках в верхней части интервала измерения было другим, так же как и распределение температуры в водной толще.

Четыре станции 2010 г. (2701, 2702, 2703, 2704) расположены посередине желоба Орла, в районе сложно построенного сужения, делящего желоб примерно пополам. Одна станция находится почти в тальвеге, а три других компактно сгруппированы у восточного борта желоба в кольцевой структуре [3]. Температуры придонного слоя воды, так же как и температуры верхнего датчика (находящегося при измерении ниже границы раздела вода-осадок) на всех четырех станциях оказались выше аналогичных значений 2007 г. для трех ближайших станций. Расхождение температур на глубине 2 м в осадках составило 0,3-0,4 °C. Сходное температурное распределение, с расхождением температур на глубине 2 м менее чем на 0,02 °C наблюдалось для двух станций 2007 г., расположенных в 40 км южнее.

По имеющимся представлениям [7], в желобе Орли придонная водная масса формируется преимущественно под влиянием метаморфизованных атлантических вод, поступающих с юга. Данные [10] показывают, что в устьевой части желоба, открывающейся во впадину Нансена, температура придонной воды определяется Западно-Шпицбергенским течением (возможно, его влияние распространяется и южнее по желобу). Поступающие из обоих источников воды также взаимодействуют с прибрежными и арктическими водами. Колебания теплосодержания атлантических вод и их взаимодействие с другими водными массами естественным образом приводят к колебанию температуры верхней части осадков. Повышенные значения ТП, таким образом, можно было бы объяснить сильной изменчивостью теплового поля на верхней границе. Однако мы не наблюдаем корреляции значений теплового потока и глубины [6], которая должна была бы проявиться в этом случае. В 2007 г. градиенты температуры в осадках сходны с полученными в 2010 г., что показывает отсутствие существенной зависимости ТП от колебаний температуры на границе вода-осадки (при более высоких температурах в целом). Форма графиков распределения температуры в осадках для большинства станций близка к линейной, что говорит о квазистационарном режиме в верхнем слое осадков [9]. В нестационарных условиях понижение температуры поверхности дна привело бы к резкому увеличению градиентов в осадках и росту значений ТП. Таким образом, можно подтвердить ранее сделанный вывод [5] об обусловленности высоких значений ТП процессами деструкции коры в рифтогенной структуре трога Орла.

Литература

- 1. Зайончек А.В., <u>Соколов С.Ю., Мазарович А.О.</u>, Ермаков А.В., Разумовский А.А., Ахмедзянов В.Р., Баранцев А.А., Журавко Н.С., <u>Мороз Е.А.</u>, Сухих Е.А., Федоров М.М., Ямпольский К.П. Строение зоны перехода от хребта Ховгард к плато Шпицберген (Предварительные результаты работ 27-го рейса НИС «Академик Николай Страхов») // Доклады РАН. 2011. Т. 439. № 4. С. 514–519.
- 2. Любимова Е.А. Арктический тепловой поток // Геотермические исследования на дне акваторий. М.: Наука. 1988. С.5-10.
- Мороз Е.А., Мазарович А.О., Абрамова А.С., Ефимов В.Н., Зарайская Ю.А., Соколов С.Ю. Неотектоника северо-запада Баренцева моря // Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. Вып 2. М.:ГЕОС. 2010. С.161-173.
- Смирнов Я.Б. Тепловое поле территории СССР (пояснительная записка к картам теплового потока и глубинных температур масштаба 1: 10 000 000). М.: Изд. ГУГК при Совете Министров СССР. 1980. 150 с.
- 5. Хуторской М.Д., Леонов Ю.Г., Ермаков А.В., Ахмедзянов В.Р. Аномальный тепловой поток и природа желобов в северной части Свальбардской плиты // Доклады РАН. 2009. Т. 424. № 2. С. 227-233.
- 6. Хуторской М.Д., Ахмедзянов В.Р., Ермаков А.В., Сухих Е.А. Геотермия арктических морей. М.: ГЕОС 2012. 217 с.
- Aagaard, K., Foldvik, A., GammelsrødT, . & Vinje, T. One-year records of current and bottom pressure in the strait between Nordaustlandet and Kvitøya. Svalbard, 1981 // Polar Research. 1983. V. 1. № 2. P. 107-113.
- Okay N., Crane K. Thermal rejuvenation of the Yermak Plateau // Marine Geophysical Researches. 1993. V. 15. Issue 4. P. 243-263.
- 9. Ritter U., Zielinski G., Weiss H., Zielinski R., Sættem J. Heat flow in the Vøring basin, Mid-Norwegian shelf // Petroleum Geoscience. 2004. V. 10. P. 353-365.
- 10. Thiede, J. Scientific cruise report of Arctic Expedition ARK-IV/3. Bremerhaven. 1988. 237 p.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ГИС МЕТОДОМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КРИВЫХ

Карарова А.З.

ООО «РН-УфаНИПИнефть», г. Уфа, Россия, E-mail: kararovaaz@ufanipi.ru

В работе показаны проблемы интерпретации данных открытого ствола при бурении скважин при неблагоприятных условиях и пути их решения методом нормализации кривых ГИС.

In this work we illustrate the problems of open wells interpretation that were drilled in adverse conditions and we offer decisions of these problems by the normalization logs.

В рамках выполненных проектных работ были рассмотрены проблемы интерпретации данных открытого ствола при бурении скважин на неблагоприятных для существующего комплекса ГИС буровых растворах. Высокоминерализованные буровые растворы и большие углы наклона ствола скважины затрудняют выделение эффективных толщин и оценку характера насыщения. Кроме того, сервисные геофизические компании зачастую проводят каротаж метрологически необеспеченной аппаратурой.

В таких случаях авторы предлагают использовать метод нормализации кривых ГИС. Этот способ функционального преобразования кривых ГИС позволяет привести различные по физическим основам кривые ГИС к единому масштабу. Затем, по соотношению преобразованных кривых, изучать различные свойства объектов. Данная методика реализована авторами в системе обработки данных ГИС «ПРАЙМ».

Методом нормализации уточнены или исправлены результаты интерпретации более 20 пробуренных в 2010 году скважин, что позволило принять однозначное решение о бурении горизонтальных стволов, месте расположения фильтров в уже пробуренном горизонтальном стволе.

В данной работе также представлены результаты геологического и геофизического изучения пластов разрабатываемого месторождения, содержащие данные анализа и интерпретации скважинных данных: ГИС, опробования, петрофизических характеристик. Рассмотрены проблемы неоднозначности интерпретации комплекса ГИС при нехватке исходных данных и приведены некоторые решения данных проблем. На данном месторождении выделены более 200 залежей, но для однозначной оценки характера насыщенности коллекторов опробований проведено крайне мало. Предложено также для оценки «продукт-вода» или «газ-нефть» использовать способ нормализации кривых ГИС.

Для проверки правильности полученного авторами характера насыщенности были построены графики «пористость-нефтенасыщенность-характер насыщености» с линиями критической водонасыщенности. По этим графикам проводилась также проверка насыщенности, полученной по геологической модели.

Таким образом, метод нормализации кривых позволил выделить коллекторы, оценить характер насыщенности без привлечения дополнительных исследований и разработки новых методик.

Литература

- Методические рекомендации по подсчету запасов нефти и газа объемным методом / под ред. В.И. Петерсилье, В.И. Пороскун, Г.Г. Яценко. – М.-Тверь, 2003.
 Комплексная интерпретация геофизических параметров функциональными преобразова-
- Комплексная интерпретация геофизических параметров функциональными преобразованиями с помощью ЭВМ (методически рекомендации) / под ред. О.Г. Шапиро. – Минск, 1981.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ (СЕВЕРНЫЙ ТАНЬ-ШАНЬ)

Козырева Д.А., Веселовский Р.В.

МГУ, г. Москва, Россия, E-mail: kozdasha@mail.ru, roman.veselovskiy@ya.ru

Неотектонический этап развития Тянь-Шаньской палеозойской покровноскладчатой системы, входящей в состав Урало-Охотского подвижного пояса, начался в олигоцене и связан с коллизией Индийской и Евразийской литосферных плит. Начиная с этого времени в пределах Тань-Шаня происходит возрождение горного рельефа и возникновение крупных межгорных впадин (Нарынской, Иссык-Кульской).

Главной целью исследования является составление магнитостратиграфических разрезов Иссык-Кульской и Нарынской межгорных впадин северного Тянь-Шаня. В данной работе представлены первые результаты магнитостратиграфических исследований олигоцен-миоценовых отложений Иссык-Кульской впадины.

PRELIMINARY MAGNETOSTRATIGRAPHIC SCHEME OF ISSYK-KUL DE-PRESSION (NORTHERN TIEN-SHAN)

Kozyreva D.A., Veselovskiy R.V.

MSU, Moscow, Russia, E-mail: kozdasha@mail.ru, roman.veselovskiy@ya.ru

The neotectonic stage of evolution of the Tien Shan Paleozoic orogenic system, which is part of the Ural-Okhotsk mobile belt, started in the Oligocene and is associated with the collision of the Indian and Eurasian lithospheric plates. Since that time, within the Tien Shan mountain relief is a revival and the emergence of large intermountain throughs.

At the same time one of the main objectives of the study is to create a magnetostratigraphic sections of the Naryn and Issyk-Kul intermountain troughs of the northern Tien Shan. Here we present the first results of magnetostratigraphic studies of the Oligocene-Miocene sediments of the Issyk-Kul depression.

Восстановление истории формирования и эволюции крупных горно-складчатых поясов является одной из главных задач региональной геологии. Для изучения неотектонических этапов развития областей современного орогенеза активно используются методы магнитостратиграфии, позволяющие проводить корреляцию разрезов осадочных пород, выполняющих межгорные впадины и прогибы в пределах складчатых систем, что является основой для сопоставления фаз складчатости в рамках смежных поясов и решения ряда других задач.

Неотектонический этап развития Тянь-Шаньской палеозойской покровноскладчатой системы, входящей в состав Урало-Охотского подвижного пояса, начался в олигоцене и связан с коллизией Индийской и Евразийской литосферных плит. Начиная с этого времени в пределах Тань-Шаня происходит возрождение горного рельефа и возникновение крупных межгорных впадин (Иссык-Кульской, Нарынской, Ферганской, Таджикской) [1]. Настоящая работа является частью мультидисциплинарного исследования, основная цель которого заключается в установлении основных этапов неотектонического развития Тань-Шаня и сопредельных складчатых систем на основе корреляции разрезов удалённых межгорных впадин. При этом главной целью настоящей работы является составление магнитостратиграфического разреза Иссык-Кульской межгорной впадины северного Тянь-Шаня.

Основной задачей данной работы являлось проведение палеомагнитных исследований олигоцен-миоценовых отложений Иссык-Кульской впадины. Для этого необходимо было решить следующие конкретные задачи: 1) отобрать коллекцию ориентированных образцов из наиболее полных разрезов олигоцен-миоценовых отложений Иссык-Кульской впадины; 2) выполнить измерение магнитной восприимчивости образцов; 3) провести магнитные чистки, выполнить компонентный анализ; 4) оценить возраст компонент намагниченности и состав основных магнитных минералов; 5) полученные результаты свести на единый магнитостратиграфический разрез.

Для решения поставленных перед данной работой задач были отобраны ориентированные образцы из 500-метрового интервала разреза красноцветных песчаников и алевролитов, относящихся к среднеиссыккульской и коктурпакской свитам олигоценмиоценового возраста, обнажающихся на южном берегу оз. Иссык-Куль. Породы залегают моноклинально, азимут падения CB 40°, угол падения 20-25°. Общий объем палеомагнитной коллекции составил 110 образцов; в настоящей работе приводятся результаты, полученные по всем образцам.

Отбор ориентированных образцов производился снизу-вверх по разрезу с фиксированным интервалом, составляющим чаще всего 3-8 метров.

Обработка палеомагнитной коллекции проводилась в петромагнитной лаборатории геологического факультета МГУ по стандартной методике [2] и включала в себя температурные магнитные чистки, измерение направления и длины вектора естественной остаточной намагниченности (ЕОН), а также измерение магнитной восприимчивости образцов, нормированной на массу.

Измерения остаточной намагниченности в процессе температурных чисток выполнялись на спин-магнитометре JR-6. Все образцы были подвергнуты ступенчатому температурному размагничиванию до температур 610-680 °C с числом шагов чистки от 16 до 18. Температурная чистка проводилась до полного размагничивания образцов, или до того момента, когда величина намагниченности становилась соизмеримой с уровнем чувствительности измерительного прибора. Для размагничивания образцов использовалась немагнитная печь TD-48 ASC с величиной нескомпенсированного поля не более 5-10 нТ.Измерения магнитной восприимчивости проводились на приборе KLY-2.

Обработка результатов магнитных чисток выполнялась в соответствии со стандартной методикой с учетом методических разработок последних лет [2].

Анализ результатов магнитных чисток производился в программеRemasoft 3.0 (©AGICO).

Результаты магнитостратиграфических исследований Иссык-Кульской впадины.

Большинство из изученных образцов несут палеомагнитную запись отличного качества. В составе естественной остаточной намагниченности (ЕОН) выделяется две компоненты намагниченности: низкотемпературная, с блокирующими температурами от 20 до 180 °C и высокотемпературная, с блокирующими температурами от 180 до 650 °C. Среднее направление низкотемпературной компоненты (рис.1)близко к направлению магнитного поля в районе работ (табл. 1), что позволяет предполагать её вязкую природу и современный возраст.

Высокотемпературная компонента (рис. 2) имеет биполярное распределение. Она характеризуется крутыми положительными (отрицательными) наклонениями и С (Ю) склонениями в случае прямой (обратной) полярности соответственно. Средние направления компоненты прямой (N) и обратной (R) полярности (табл. 1) проходят тест обращения [3] на уровне В ($\gamma/\gamma_c=6.2/8.9$). Исходя из вида кривых размагничивания образцов, основными носителями намагниченности в изученных образцах являются магнетит ($T_6 \sim 575^{\circ}$ C) и гематит ($T_6 \sim 660^{\circ}$ C). Среднее палеомагнитное направление высокотемпературной компоненты намагниченности (табл. 1) близко к направлению, полученному в работе [4] по соседним обнажениям этой же свиты. Поскольку первичная природа намагниченности пород среднеиссыккульской свиты в работе [4] подтверждена положительным тестом конгломератов, это позволяет нам предполагать первичный возраст наиболее стабильной компоненты намагниченности, выделенной в образцах из исследованного разреза.



Рис. 1. Распределение низкотемпературной компоненты намагниченности в изученных образцах и её среднее направление с кругом 95%-го доверия. Географическая система координат.



Рис. 2. Распределение высокотемпературной компоненты намагниченности в изученных образцах и её среднее направление с кругом 95%-го доверия. Стратигра-фическая система координат.

Таблица 1

Средние координаты места отбора образцов и средние палеомагнитные направления выделенных компонент намагниченности*

Компонента намагни- ченности	slat	slong	Ν	D	Ι	K	α95
Низкотемп.	42°11'	76°47'	57	346.9	62.2	7.9	7.1
Высокотемп. (N)	42°11'	76°47'	34	8.3	52.4	10.3	8.1
Высокотемп. (R)	42°11'	76°47'	51	192.3	-58.2	17.9	4.9
Высокотемп. (среднее)	42°11'	76°47'	85	10.6	55.9	13.7	4.3

*slat, slong – средние координаты места отбора образцов; N – количество образцов; D,I – склонение и наклонение среднего вектора; К – кучность; α95 – радиус круга 95%-го доверия.

В построенной на основании полученных результатов магнитостратиграфической шкале изученного интервала разреза выделяется 18 зон прямой (N) и 18 зон обратной (R) полярности.

В качестве доводов в пользу первичного возраста выделенной высокотемпературной компоненты намагниченности, мы можем использовать:

1) биполярное распределение и положительный тест обращения,

2) данные о положительном тесте конгломератов, выполненном по соседним обнажениям свиты в работе [4],

3) близость палеомагнитного полюса, отвечающего среднему направлению высокотемпературной компоненты намагниченности, к полюсу, полученному в работе [4].

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1) Показана перспективность пород среднеиссыккульской свиты для более детальных и широкомасштабных магнитостратиграфических исследований.

2) В опробованном разрезе среднеиссыккульской свиты Иссык-Кульской впадины выделено 18 зон прямой и 18 зон обратной полярности.

Дальнейшим этапом будет являться обработка более полных палеомагнитных коллекций, представляющих весь олигоцен-миоценовый интервал разреза Иссык-Кульской и Нарынской межгорных впадин.



Рис. 3. Стратиграфическая колонка и шкала магнитной полярности изученных интервалов разрезов. Графики изменения магнитной восприимчивости, нормированной на массу образца (k), склонения (D) и наклонения (I) по разрезу.

Литература

- 1. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Научный мир. 2001. 606 с.
- 2. Храмов А.Н., Гончаров Г.И., Комиссарова Р.А. и др. Под ред. Храмова А.Н. Л.: Недра, 1982. 312 с.
- McFadden P.L., McElhinny M.W. Classification of the reversal test in palaeomagnetism // Geophys. J. Int. 1990. N103. P. 725-729.
- Thomas J.-C., Perroud H. et al. A paleomagnetic study of Tertiary formations from the Kyrgyz Tien-Shan and its tectonic implication // Journ. of Geophys. Research. V. 98. N B6. 1993. P. 9571-9589.

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ ИНТРУЗИВНЫХ ТЕЛ И ТУФОПЕСЧАНИКОВ СРЕДНЕЮРСКОГО ВОЗРАСТА ГОРНОГО КРЫМА

Корнейко А.А.¹, Веселовский Р.В.^{1,2}

¹ МГУ, г. Москва, Россия, E-mail: *worldofnastasiya@mail.ru*, ² ИФЗ РАН, г. Москва, Россия, E-mail: *roman.veselovskiy@ya.ru*

В работе представлены результаты палеомагнитных исследований туфопесчаников карадагской свиты и интрузивных субвулканических тел, относящихся к бодракскому субвулканическому комплексу и обнажающихся в бассейне р.Бодрак, в окрестностях с.Трудолюбовка и с.Партизанское (Горный Крым). Возраст исследованных объектов по литературным данным оценивается как средняя юра, байосский ярус. Нами обнаружено совпадение средних палеомагнитных направлений байосских туфопесчаников (элементы залегания которых АзПд СЗ 330, угол 60) и интрузивных тел долины р. Бодрак в географической системе координат, что означает (в случае первичного возраста компоненты намагниченности) наличие значительных дислокаций в послебайосское время. Рассчитан палеомагнитный полюс Крыма, соответствующий среднему палеомагнитному направлению изученных объектов в древней (стратиграфической) системе координат (N=8, plat=50.6, plong=232.2, dp/dm=4/8, paleolat=7).

PALEOMAGNETISM OF THE MIDDLE JURASSIC MAGMATIC BODIES AND SANDSTONES OF THE CRIMEAN MOUNTAINS

Korneyko A.A., Veselovskiy R.V.

¹ MSU, Moscow, Russia, E-mail: *worldofnastasiya@mail.ru*, ² IPE RAS, Moscow, Russia, E-mail: *roman.veselovskiy@ya.ru*

We present the results of paleomagnetic investigations of the Karadag formation sandstones and intrusive bodies related to the Bodrak subvolcanic complex and exposed in the Bodrak river valley (the Crimean Mountains). The age of investigated objects is known from the literature and estimated as the Middle Jurassic, Bajocian stage. We observe the coincidence of paleomagnetic directions of the Bajocian sandstones and intrusive bodies of the Bodrak river valley in the geographic coordinate system (in the case of a primary nature of the magnetization components). So we suggest that all paleomagnetic directions should be considered in the stratigraphic coordinate system and studied the Bajocian subvolcanic bodies and sandstones were rotated in the post-Bajocian time. We calculate the new paleomagnetic pole of the Crimea, corresponding to the mean paleomagnetic directions of studied objects in the stratigraphic coordinate system (N = 8, plat = 50.6, plong = 232.2, dp/dm = 4/8).

В работе представлены результаты палеомагнитных исследований туфопесчаников карадагской свиты и интрузивных субвулканических тел бодракского субвулканического комплекса Качинского поднятия Горного Крыма, целью которых является оценка перспективности изучаемых объектов для получения среднеюрского (байосского) палеомагнитного полюса Крыма и построения в дальнейшем на его основе палеотектонических реконструкций. В 2010-2011 гг. мы провели рекогносцировочные исследования в долине р. Бодрак (Бахчисарайский район), в ходе которых были опробованы интрузивные и вулканогенно-осадочные породы байосского возраста. Полный список опробованных нами геологических объектов приведен в табл. 1 и на рис. 1. Для рекогносцировки нами также было опробовано одно интрузивное тело диоритов (шток?), вскрытое карьером у с.Соколиное, и расположенное в 25 км к Ю от основного района исследова-

ний. В карьерах Первомайский и Школьный образцы отбирались в двух сайтах, разнесенных друг от друга на первые десятки метров.



Рис. 1. Расположение исследованных объектов.

Обработка палеомагнитной коллекции проводилась в Институте физики Земли РАН и Петромагнитной лаборатории МГУ. В результате проведения температурной магнитной чистки и чистки переменным магнитным полем была выделена палеомагнитная запись хорошего качества (рис. 2,а). Естественная остаточная намагниченность большинства образцов является суммой двух компонент намагниченности: низкотемпературной (20–120°С) (она же низкокоэрцитивная – 1–5 mT) вязкой природы и современного возраста, и наиболее стабильной характеристической компоненты (деблокирующие температуры до 620°С).

Среднее направление стабильной компоненты намагниченности силла Короновского (1), в отличие от восьми других объектов, имеет обратную полярность и антиподально среднему палеомагнитному направлению компоненты прямой полярности: тест обращения [3] пройден на уровне С ($\gamma/\gamma c=7.4^{\circ}/24.4^{\circ}$). Среднее палеомагнитное направление, рассчитанное для 9 интрузивных тел и туфопесчаников на уровне сайтов, приведено в табл. 1 и рис. 2,6. Средние палеомагнитные направления для двух сайтов (Школьный (6) и Первомайский (5) карьеры) расположены на сфере относительно далеко от довольно кучной группы направлений других сайтов, поэтому при вычислении общего среднего направления они не учитывались. Для объяснения причин наблюдаемого различия палеомагнитных направлений в соответствующих объектах необходимы дополнительные исследования.

Таблица 1

Объекты исследований и палеомагнитные направления

N	Объекты	slat	slong	Палеомагнитные направления (географическая/						
			8	стратиграфическая СК)						
				n/N (S)	D	I	K	α95		
1	Силл Короновского	44°46.858'	33°59.238'	16/15	213.8 168.3	-70.8 -20.3	101	3.8		
2	Шток (старая камено-	44°46.447'	33°58.720'	12/10	35.8	59.4	23	10.3		
	ломня, овраг Шара)				358.7	14.5				
3	Дайка в 500 м от ост.	44°47.472'	34°00.020'	12/10	48.3	69.9	36	8.2		
	Трудолюбовка				351.6	24.2				
4	Школьный карьер	44°49.735'	34°04.528'	8/7	358.6	69.9	20	14		
					339.7	12.0				
5	Первомайский карьер*	11016 777	34°01.651'	12/11	111.6	68.8	30	8.5		
		44-40.777			348.6	45.4				
6	Школьный карьер*	44°49.735'	34°04.528'	8/5	300.2	51.1	46	11.4		
					311.8	-4.7				
7	Дайка, лев. борт доли-	44°45.192'	34°01.217'	10/4	359.4	50.5	47	13.6		
	ны р.Бодрак				348.3	-5.4				
8	Туфопесчаники («бай-	44°47.122'	33°59.270'	13/10	4.6	57.1	58	6.4		
	осский цирк»)				348.0	1.9				
9	Силл Лебединского	44°45.191'	34°03.053'	9/6	21.2	64.4	20	15.5		
					350.2	12.5				
10	Первомайский карьер	44°46.767'	34°01.718'	20/20	36.7	76.4	- 39	15.0		
					343.7	23.9				
11	Интрузив (С окраина	44°33.425'	33°57.067'	13/9	40.3	65.6	- 15	13.8		
	с.Соколиное)				354.4	19.6				
12	Шток (заброшенный		33°59.529'	12/0			-	-		
	карьер в левом борту	44°46.745'			-	-				
	Мендерского оврага)									
13	Дайка «на розовом	44°46 652'	33°59 736'	12/0	_	-	_	_		
	поле»	11 10:002	22 22.100							
14	Интрузив в с.Трудолюбовка	44°47.062'	33°59.802'	8/0	-	-	-	-		
	Среднее:	110463	34°00'	(9)	21.7	66.0	51	7.3		
		44~46 <i>°</i>			349.2	13.8				

Координаты палеомагнитного полюса:

Географическая СК: slat=44°46', slong=34°00', plat=74.7, plong=102.8, dp/dm=10/12, paleolat=48

Стратиграфическая СК: slat=44°46', slong=34°00', plat=51.1, plong=231.2, dp/dm=4/8, paleolat=7

Примечания: φ,λ – широта и долгота места отбора образцов; N – количество образцов; D, I – склонение и наклонение палеомагнитного направления, K, α95 – кучность и радиус круга 95% доверия (параметры статистики Фишера); slat, slong – средние координаты района работ; plat, plong – широта и долгота палеомагнитного полюса; dp/dm – величины полуосей овала 95% доверия; paleolat – палеоширота района работ. Определения, помеченные «*», не учитывались при вычислении среднего палеомагнитного направления.



Рис. 2. (а) -пример кривых размагничивания, диаграмм Зийдервельда и стереограмм образцов; (б) -палеомагнитные направления изученных объектов и среднее палеомагнитное направление (красный круг) с кругами 95%-го доверия.

Наличие биполярной компоненты намагниченности может рассматриваться как указание на первичность наиболее стабильной компоненты намагниченности интрузивных тел долины р. Бодрак. Кроме того, наличие противоположно направленных компонент намагниченности в расположенных друг от друга на расстоянии 300 м объектах (силл Короновского и туфопесчаники «байосского цирка»), позволяет предполагать отсутствие регионального перемагничивания в районе исследований.

Совпадение направлений стабильной компоненты намагниченности в субвулканических телах и туфопесчаниках бодракской свиты (обнажение «байосский цирк») позволяет говорить о том, что внедрение этих тел происходило до дислокации вулканогенно-осадочной толщи. На настоящий момент мы не можем полностью исключить из рассмотрения возможность перемагничивания бодракской свиты после её дислокации, но до внедрения силла Короновского, однако этот сценарий видится нам маловероятным в силу отсутствия видимых источников такого перемагничивания. Из отмеченного совпадения направлений стабильных компонент намагниченности в изученных объектах также следует, что все исследованные интрузивные тела принадлежат единому тектоническому блоку, который был дислоцирован в послебайосское время.

Степень дислокации определяется средними элементами залегания бодракской свиты в обнажении «байосский цирк» (азимут падения C3 330, угол падения 60).

Палеомагнитный полюс, отвечающий среднему палеомагнитному направлению изученных тел в стратиграфической системе координат (табл. 1), также находится в непосредственной близости от области распределения позднеюрских-раннемеловых полюсов Крыма, полученных О.Б.Ямпольской [2] и Д.М.Печерским [1], однако значимо отличаясь от них. При этом следует отметить, что в отличие от позднеюрских и раннемеловых палеомагнитных полюсов, единичные известные среднеюрские полюсы Крыма имеют значительный разброс по земному шару, что не позволяет, на настоящий мо-

мент, провести корректное вычисление среднего палеомагнитного полюса, отвечающего средней юре.

Таким образом, результаты данной работы позволяют говорить о перспективности большинства из изученных объектов для детальных палеомагнитных исследований. По среднему палеомагнитному направлению изученных тел рассчитан новый палеомагнитный(?) полюс Крыма, отвечающий байосскому времени. Полученные данные свидетельствуют о том, что интрузивные тела бодракского субвулканического комплекса находятся в нарушенном залегании и их дислокация определяется залеганием туфопесчаников бодракской свиты.

Благодарности. Авторы искренне благодарны В.В. Юдину за консультации и помощь в выборе объектов исследования, а также В.Ю. Водовозову и И.В. Федюкину за помощь в проведении полевых работ.

Литература

- 1. Печерский Д.М., Сафонов В.А. Палинспастические реконструкции положения Горного Крыма в средней юре раннем мелу на основе палеомагнитных данных // Геотектоника. 1993. №1. С. 96-105.
- 2. Ямпольская О.Б., Барабошкин Е.Ю., Гужиков А.Ю., Пименов М.В., Никульшин А.С. Палеомагнитный разрез нижнего мела юго-западного Крыма // Вестник МГУ. Сер. 4. 2006. Геология. № 1. С. 3-15.
- McFadden P.L., McElhinny M. Classification of reversal test in paleomagnetism. // Geophys.J.Int. 1990. V.103. P. 725-729.

МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЙОНЕ КРУПНЕЙШЕГО ПАРОДОМИНИРУЮЩЕГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА КАМЧАТКЕ

Нуждаев И.А., Феофилактов С.О.

ИВиС ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия, E-mail: ivandf@kscnet.ru, serg415@kscnet.ru

Пешеходная магнитная съёмка выполнялась с целью изучения структуры Нижне-Кошелевского пародоминирующего геотермального месторождения, расположенного на юго-западном склоне Кошелевского вулканического массива (Южная Камчатка). Измерения модуля магнитной индукции (Т) производились протонными магнитометрами ММП-203. Для исследуемого участка площадью 1,5 км² составлена детальная карта магнитных аномалий ΔT со среднеквадратичной ошибкой измерений 20 нТл. На основании полученных значений ΔT в программе ZondMAG2D построена двумерная модель распределения магнитной восприимчивости на глубину.

Уточнены границы современной геотермальной аномалии, образующей зону восходящего теплового потока в центральной части месторождения. Выделенная вторая зона пониженных значений магнитного поля интерпретируется нами как палеогидротермальная структура. Третья область отрицательных значений ΔT , распространяющаяся на север территории, возможно, обусловлена скрытой разгрузкой парогидротерм по разлому и является перспективной для обнаружения теплоносителя.

MAGNETOMETRIC RESEARCHES AROUND THE LARGEST STEAM DOMINANT GEOTHERMAL FIELD IN KAMCHATKA

Nuzhdaev I. A., Feofilaktov S. O

IVS FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatskiy, Russia, E-mail: ivandf@kscnet.ru, serg415@kscnet.ru

Foot magnetic shooting was carried out for the purpose of studying of Nizhne-Koshelevsky steem dominant geothermal field structure located on a southwest slope of the Koshelevsky volcanic massif (the Southern Kamchatka). Measurements of the magnetic induction module (T) were made by the proton magnetometers MMP-203. For a studied site in the area of 1,5 sq.km the detailed map of magnetic anomalies ΔT with a root-mean-square error of measurements 20 HT π is made. On the basis of the received values ΔT in the ZondMAG2D program the two-dimensional model of distribution of a magnetic susceptibility on depth is constructed.

Limits of the modern geothermal anomaly forming a zone of the ascending thermal stream in the central part of a field are specified. The allocated second zone of the lowered values of a magnetic field is interpreted by us as paleohydrothermal structure. The third area of negative values ΔT , extending to the north territories, possibly, is caused by the hidden unloading of steam hydrotherms on the fault and is perspective for heat-carrier detection.

Краткая характеристика района и постановка исследований

Паужетско-Камбально-Кошелевский геотермальный (рудный) район находится на южной оконечности Камчатского полуострова. Здесь расположено первое, в нашей стране разведанное и эксплуатируемое с 1966 г. Паужетское геотермальное месторождение вододоминирующего типа. Южнее выделяется Кошелевский вулканический массив, состоящий из пяти сросшихся вулканов. В эрозионном кратере плейстоценголоценового вулкана Валентин в окружении экструзивно-субвулканического комплекса андезидацитов расположено Верхне-Кошелевское термальное поле, мощность которого оценивается в 50 000 Ккал/сек, температуры паро-газовых струй достигают 150 °C [3]. На склоне массива по направлению к Охотскому морю в пределах нижнечетвертичного Западно-Кошелевского вулкана в глубоко врезанном ручье Гремучий располагается Нижне-Кошелевская термоаномалия. Суммарный вынос тепла здесь составляет 25 000 Ккал/сек, температуры грунтов достигают 106 °C, фумарол – 120–127 °C [5]. Научно-исследовательскими и поисковыми работами в районе термоаномалии выделено одноименное, крупнейшее на Камчатке, геотермальное месторождение пародоминирующего типа: на основании гидродинамических испытаний скважин определена область перегретого пара, распространяющаяся на глубину более 1500 м; прогнозная электрическая мощность месторождения оценивается в 90 МВт [7]. Перспективные геотермальные запасы Кошелевского вулканического массива, в целом, превышают 300 МВт₂ [9].

Наши площадные геолого-геофизические исследования позволили уточнить ряд характеристик геологической структуры, вмещающей месторождение: размеры и конфигурацию зоны восходящего теплового потока, границы области интенсивного смешения глубинных гидротерм и метеорных вод, и др. [1, 5, 6]. Вместе с тем, остаются не ясными многие вопросы, касающиеся строения верхнего водоупора (теплового экрана) для геотермального месторождения, физических (породных) характеристик тектонических блоков, слагающих проницаемые для парогидротерм (раздробленные, трещиноватые) и относительно монолитные (экранирующие) участки; особый интерес представляют области сочленения этих блоков – как зоны инфильтрации метеорных и смешанных вод или восходящих потоков флюидов. Для решения некоторых из обозначенных вопросов нами в 2010–2011 гг. поставлены магнитометрические исследования в центральной части Нижне-Кошелевского геотермального месторождения.

Аппаратура и методика работ

При магнитометрической съёмке использовался пешеходный протонный магнитометр ММП-203, предназначенный для измерений модуля магнитной индукции *T*. Съёмка проводилась двумя магнитометрами, один использовался как вариационная станция, другой для рядовых измерений. Расхождения показаний приборов ±1 нТл, что соответствует точности аппаратуры.

Магнитометрическая съёмка проводилась в районе Нижне-Кошелевской термоаномалии на протяжении двух полевых сезонов. В 2010 году была разбита сеть из 15 профилей, 10 из которых протяженностью 1000 м и 5 по 500 м. Профиля ориентировались с севера на юг. Наблюдения производились с шагом 10 м по профилю, в непосредственной близости к термоаномалии и в её пределах шаг составлял 5 м. Расстояние между профилями 100 м в пределах термальной площадки 50 м. Покрытая площадь составила 1 км².

В 2011 году расширение основной сети: добавлено 9 профилей на севере и 9 профилей на юге длиной 400 м с шагом 10 м по профилю, два профиля на востоке по 400 и 500 м с тем же шагом.

Пройден секущий профиль длинной 3700 м с шагом 10 м по профилю, в районе термоаномалии и на самой термоаномалии 5 м. По этому профилю имеются данные микросейсмического зондирования и гравиразведки, выполненных геофизической

группой с участием авторов. Рабочая группа состояла из четырех человек: оператор – вариационной станции, оператор – съёмщик и два помощника. В течение всего рабочего времени на вариационной станции снимались замеры с интервалом 10 мин., что позволило довольно точно проследить изменения магнитного поля на протяжении рабочего времени. Для определения точности съемки проведены контрольные измерения в размере 20% от всего объёма наблюденных значений. Среднеквадратичная ошибка измерений 20 нТл.

Результаты

По результатам магнитной съёмки 2010 года была составлена карта аномалий магнитного поля ∆Т на район Нижне-Кошелевских парогидротерм, на которой выделились две отрицательные области со значениями до – 1500 нТл [5]. Северная приурочена к одноименной термоаномалии, расположенная южнее – к руслу руч. Прямой. По результатам съёмки стало ясно, что карта магнитных аномалий требует дополнений, поскольку получение точных характеристик магнитного поля всегда связано с масштабом съемки (детальностью работ и, соответственно, размером изучаемой площади). Кроме того, выделена зона сочленения двух аномалий, не известная ранее. Этот вопрос также требовал решения.

По итогам магнитометрических исследований на протяжении двух полевых сезонов составлена карта магнитных аномалий ΔT, на которой четко выделились три отрицательные магнитные аномалии: северная, центральная, южная (рис. 1). Последняя распространяется по зоне разлома, вдоль руч. Прямой. В центральной части было подтверждено наличие перешейка, соединяющего южную аномалию с центральной, приуроченной к термальному полю. Выделена зона пониженных значений ΔT на севере территории.



Рис. 1. Карта аномалий магнитного поля ∆Т в районе Нижне-Кошелевских парогидротерм по данным магнитной съёмки 2010–2011 гг.

По полученным данным для секущего 3,7 км профиля было выполнено двумерное программное моделирование (рис. 2). Модель распределения магнитной восприимчивости строилась в пробной версии программы ZondMAG2D, разработанной А.Е. Каминским (г. Санкт-Петербург).



Рис. 2 Модель распределения магнитной восприимчивости пород по 3700 м профилю

По оси X длина профиля в метрах, по оси У глубина в метрах, в данном случае 2200м. Цветовая шкала отвечает за значения магнитной восприимчивости, светлый цвет – низкие значения магнитной восприимчивости, темные – высокие.

По этому профилю четко выделяется зона разлома по Аргиллизитовой структуре (1), центральная область (3), сливающаяся с северной (2), возможно перспективной на глубине, также выделена зона тектонического нарушения – руч. Прямой (4).

Выводы

1. Построена карта аномалий магнитного поля ∆Т в центральной части Нижне-Кошелевского пародоминирующего геотермального месторождения.

2. Образование южной аномалии связано с выделяемой ранее другими авторами субширотной тектонической зоной, в пределах которой низкое содержание магнитных минералов в породах, по-видимому, обусловлено палеогидротермальной деятельностью. Центральная аномалия образует изометричную область, перекрывающую современную термоаномалию. Ее происхождение объясняется активным выщелачиванием компонентов пород (в т.ч. ферромагнитных минералов) сернокислотными растворами. Северная область отрицательных значений ΔT, возможно, связана с зоной разрывного тектонического нарушения Верхний Сдвинутый и может быть перспективной для поиска геотермального теплоносителя.

3. Магнитометрические исследования в совокупности с микросейсмическими, гравиметрическими и геологическими данными позволяют уточнить строение месторождения, в частности: • показано распространение и мощность лаво-экструзивного комплекса пород, служащих верхним водоупором для современной гидротермальной системы;

• уточнены границы и форма геотермальной аномалии в приповерхностной зоне и на глубину до 2 км.

Литература

- Абкадыров И.Ф., Горбатиков А.В., Степанова М.Ю., Букатов Ю.Ю. Опыт применения метода микросейсмического зондирования на геотермальных полях на примере Нижне-Кошелевской термоаномалии (Южная камчатка) // Материалы IX региональной молодёжной конференции «Природная среда Камчатки». 12-13 апреля 2010 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН. 2010. С. 49-60
- 2. Белоусов В.И. Геология геотермальных полей в современных вулканических областях. М.: Наука, 1978. 178 с.
- Вакин Е.А., Декусар З.Б., Сережников А.И., Спиченкова М.В. Гидротермы Кошелевского вулканического массива // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 58-84
- 4. Долгоживущий центр эндогенной активности Южной Камчатки. М.: Наука, 1980. 172 с.
- 5. Нуждаев А.А. Новые результаты изучения Верхне- и Нижне-Кошелевской термоаномалий (Южная Камчатка) // Материалы VI региональной молодежной научной конференции "Исследования в области наук о Земле" 2008.
- 6. Нуждаев И.А., Феофилактов С.О. Магнитометрические исследования в районе Нижне-Кошелевской термоаномалии // Материалы Х региональной молодежной конференции «Природная среда Камчатки». 12-13 апреля 2011 г. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2011. С. 119-129
- 7. Писарева М.В. Зона природного пара Нижнекошелевского геотермального месторождения // Вулканология и сейсмология.1987. № 2. С. 52-63
- Поздеев А.И., Нажалова И.Н. Геология, гидродинамика и нефтегазоносность Кошелевского месторождения парогидротерм, Камчатка // Вулканология и сейсмология. 2008. № 3. С. 32-45
- 9. Стратегия развития топливно-энергетического потенциала Дальневосточного экономического района до 2020 г. Владивосток: Дальнаука, 2001. 112 с

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ РОПРУЧЕЙСКОГО СИЛЛА ГАББРОДОЛЕРИТОВ (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ)

Рязанцев П.А.

ИГ КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

В работе рассматриваются результаты геофизических исследований Ропручейского силла габбродолеритов. Представлены некоторые результаты интерпретации магнитометрии и электроразведки. Уделено внимание использованию ВЭЗ и обработке получаемых результатов. Выделен ряд особенностей в строении интрузии, нашедших своё отражение в геофизических полях. На основе комплексной геолого-геофизической информации получена модель силла, детально описывающая его строение.

THE USE OF GEOPHYSICAL SURVEYS FOR ROPRUCHEYSKY SILL OF GABBRODOLERIT (SOUTH KARELIA) FEATURES DISCOVER

Ryazantsev P.A.

IG KSC RAS, Petrozavodsk, Russia

This paper deals with the results of geophysical surveys Roprucheysky sill of gabbrodolerit. Presents some results the interpretation of magnetic and electrical methods. Attention is paid to the use of VES and the results it processing. Identified a number of features in the structure of the intrusion, as reflected in the geophysical fields. Model is obtained, based on a complex geological and geophysical data, which detail describ sill structure.

Введение

Гипабиссальные образования Фенноскандинавского кристаллического щита представляют особый интерес для изучения процессов силлогенеза и эволюции пластовых интрузий в докембрии, сопоставления их с более поздними эпохами, а также поиска и разведки месторождений полезных ископаемых. Главная цель исследований, отражённых в данной работе, заключалась в выделении особенностей Ропручейского интрузивного комплекса, расположенного в Южной Карелии, по комплексу геофизических наблюдений, для уточнения его геологического строения.

Общая характеристика объекта

Ропручейский силл, расположенный в юго-восточной части Фенноскандинавского кристаллического щита, палеопротерозойского (1,8 млрд. лет) возраста, является крупнейшим в Европе (рис. 1А) Его мощность в среднем 180 м., залегание моноклинальное в породах шокшинской свиты, с углами падения 5°-15° на юго-запад. Габбродолериты слагающие силл, представляют собой мелко-среднезернистую породу (от серого до почти черного цвета), с массивной текстурой (весьма однородной, без значительных вторичных изменений). Габбродолериты характеризуются весьма выдержанным минеральным составом, без существенных колебаний в содержании отдельных минералов. К силлу приурочен ряд месторождений щебня и облицовочного камня, что обуславливает практический интерес к его изучению [1, 3].

Геофизические исследования

Геофизические работы при изучении Ропручейской пластовой интрузии имеют очень большое значение. В данной работе использовались: исследование региональных полей и детальная электроразведка. Следует отметить, что при изучении силла результаты магниторазведки играют исключительную роль. Например, в областях перекрытых осадочным чехлом, благодаря анализу данных магнитометрии восстановлены контуры залегания силла во вмещающих породах. Это связано с тем, что относительно магнитные основные породы (габбродолериты) создают резкий градиент изменчивости на фоне вмещающих слабомагнитных кварцитопесчаников. Данный факт хорошо наблюдается на карте изолиний аномальных значений полного вектора магнитной индукции (ΔTa) западного берега Онежского озера, построенной по результатам среднемасштабной аэромагнитной съёмки [3], где область градиента выделяется тёмным цветом, точно повторяя контуры силла (см. рис.1Б). Кроме того, при помощи магниторазведки выделяется ряд крупных нарушений разного уровня, приуроченных к главным направлениям тектонообразования северо-восточного (С-В) и северо-западного направления (С-3). Часть из них, преимущественно С-В простирания, приурочена к крупному глубинному Онежско-Кожозерскому разлому, имеющему отрицательные значения ΔTa . Нарушения С-З направления, в свою очередь, являются следствием развития Прионежского разлома, дислоцированного вдоль берега озера, и менее проявленного в магнитном поле.



Рис. 1. Обзорные данные по району дислокации Ропручейского силла.

А – Геологическая схема района работ, где: 1) габбродолериты; 2) кварцитопесчаники шокшинской свиты; 3), 4) кварцитопесчаники петрозаводской свиты; 5) глины котлинской свиты; 6) фанерозойские отложения

Б – Карта аномальных значений интенсивности магнитного поля

Исследования отдельных площадей в пределах Ропручейского силла с успехом можно проводить, используя методы электроразведки. Хорошо зарекомендовала себя методика вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) для изучения изменений мощности, локализации внутренних включений и тектонических нарушений [4]. Для изучения восточной части интрузии, представляющей интерес, как наиболее перспек-

тивный район для промышленного освоения, сотрудниками ИГ КарНЦ РАН проведены полевые исследования с использованием методики ВЭЗ. Работы проводились симметричной установкой с использованием питающей линии AB/2 = 300 м. и с приёмной MN = 10 и 20 м. Из-за особенностей дальнейшей обработки использовался геометрический шаг равный 10 м., для одного ВЭЗ количество замеров составляло 21 точку. В результате чего, получены геоэлектрические псевдоразрезы, характеризующие изменение свойств геологической среды, на основе чего можно выделить особенности внутреннего строения силла.

Обработка результатов ВЭЗ выявила ряд сложностей, связанных с геологическими особенностями изучаемого объекта, таких как: искажение кривых зондирований, обусловленное приповерхностными неоднородностями [2]; наличие эквивалентных моделей, существенно различающихся по своим характеристикам; резкий контраст измеренных кажущихся удельных сопротивлений. Поэтому для повышения достоверности результатов, интерпретация проводилась в рамках 2-D моделей. Такой подход заключается в деконволюции полученных данных, при котором используется моделирование двумерными ячейками с координатами *x*, *y* и учётом взаимодействия между ними [5]. Вследствие чего оценка геоэлектрических параметров в горизонтальном направлении надежней, чем при 1-D способе.



Рис. 2. Геоэлектрические псевдоразрезы. А – Удельных сопротивлений; Б – Заряжаемости

Как видно, модель удельных сопротивлений сглажена, благодаря чему основные границы геологических образований прослеживаются увереннее, а также отдельные контрастные малоразмерные тела лучше локализуются (рис. 2). В полученном разрезе присутствует три различных типа пород: это габбродолериты Ропруческого силла с сопротивлением (по петрофизическим данным) до 8 кОм·м во влажном состоянии, кварциты и сланцы вмещающей толщи с сопротивлением более 10 кОм·м. Кроме того, на-

блюдается дифференциация разреза и по заряжаемости. Обработка и интерпретация результатов выполнялась в комплексе с учётом генезиса и эволюции всего района. На геоэлектрической модели, силл уверенно выделяется во вмещающих породах, его положение согласуется с геологической информацией, наряду с этим наблюдается ряд особенностей (включения вмещающих пород, флексурные нарушения и т.д.) неизвестных ранее (см. рис. 2).

Результаты

Результаты проведённых работ убедительно доказывают, что использование геофизики полностью оправдано. Полученные данные по магниторазведке и электроразведке не противоречат геологии района работ, а дополняют имеющуюся картину. Например, обнаружение глубинных разломов, вносящих большой вклад в распределение нарушений, изменения геометрии залегания силла, а также наличия различных внутренних неоднородностей, позволяет по-новому оценить объект исследований.



Рис. 3. Схема тектонических нарушений в пределах Ропручейской интрузии

1. Бураковско-Кожозерская разломная зона; 2. Прионежский разлом; 3. габбродолериты Ропруческого силла; 4. кварцитопесчаники шокшинской свиты; 5. кварцитопесчаники петрозаводской свиты; 6. продольные и поперечные тектонические нарушения первого порядка; 7. продольные и поперечные тектонические нарушения первого порядка; 8. пластовая отдельность; 9. верхняя проработанная часть; 10. диагональные трещины.

После комплексной обработки геофизических данных, с учётом априорной геологической информации, становится возможным построить схему, описывающую основные тектонические нарушения, и позволяющую определить факторы, контролирующие их (рис.3). Полученная схема в дальнейшем позволит повысить эффективность разведки месторождений полезных ископаемых, зависящих от трещиноватости, таких как облицовочный камень.

Выводы

Проведённые исследования позволили выделить новые особенности Ропручейского силла, заверить уже имеющуюся информацию, и, как следствие, достовернее охарактеризовать изучаемый объект. Конечные результаты, представленные в виде моделей и схем, упростили интерпретацию и расшили возможности для анализа. Высокая корреляция геофизических и геологических данных свидетельствует о высокой эффективно-

сти геофизических методов для исследований пластовых интрузивных тел, подобных Ропручейскому силлу.

Литература

- 1. Геология Карелии. Ред. В.А. Соколов, В.С. Куликов, М.М. Стенарь. Л.: Наука, 1987. 231 с.
- 2. Метод сопротивления на постоянном токе. Современные методы обработки и интерпретации данных / Модин И.Н.: Методическое пособие. М.: МГУ, 2004. 30 с.
- Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минерагения) / Отв. ред. Л.В. Глушанин, Н.В. Шаров, В.В. Щипцов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 431 с.
- 4. Рязанцев П.А. Комплексный геофизический профиль через Ропручейский силл габбродолеритов на участке Ржаное-Анашкино // Труды КарНЦ РАН. 2012. №3. С. 165–171.
- 5. Шевнин В.А., Бобачев А.А. 2D инверсия данных, полученных по обычной 1D технологии ВЭЗ // Георазрез. 2009. №3. URL: http://georazrez.uni-dubna.ru.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПУРОВСКОГО РЕГИОНА

Сайфиева Е.А.¹, Мещерякова Е.Е.²

¹ ООО «РН-УфаНИПИнефть», г. Уфа, Россия, E-mail: *SaifievaEA@ufanipi.ru*, ² ООО «РН-УфаНИПИнефть», г. Уфа, Россия, E-mail: *MescheryakovaEE@ufanipi.ru*

В работе показаны проблемы контроля качества определения подсчетных параметров, при отсутствии прямых измерений и пути их решения. Также предложен метод расчета граничного сопротивления при отсутствии и малом количестве опробований.

In this work we illustrate the control problems of accounting characteristics quality determination without direct measurements and we offer decisions of these problems. Additionally we offer the boundary resistance determination method without or minute wells testing amount.

В рамках выполненных проектных работ показаны проблемы контроля качества определения подсчетных параметров, при отсутствии прямых измерений, таких как опробования или керновый материал.

В этом случае для контроля качества подсчетных параметров предлагается использовать многоскважинные кросс-плоты «пористость – насыщенность – характер насыщенности».

Основным методом оценки характера насыщенности рекомендовано использовать зависимость критической водонасыщенности (Кв*) от пористости (Кп), полученной по керновым данным.

Для одного месторождения зависимость $KB^* = f(Kn)$ была получена расчетным путем по данным капилляриметрических исследований. Зависимости были вынесены на кросс-плот и далее проводилась проверка насыщенности и подсчетных параметров.

На втором месторождения капилляриметрических экспериментов не проводилось. Для поверки характера насыщенности авторы работы использовали данные ГИС.

Зависимость Kв = f(Kп) была построена только по однозначно выделенным водоносным пропласткам большой толщины, по верхней границе массива точек проведена огибающая, идентичная Kв*. Правомочность такого подхода для нахождения зависимости Kв* = f(Kп) доказана на данных месторождения.

Далее, по построенным кросс-плотам, проводилась проверка насыщенности, полученной в результате геологического моделирования.

В условиях дефицита информации, для проверки характера насыщенности и подсчетных параметров, необходимо знать зависимость Кв* = f(Кп).

Для решения задач проверки характера насыщенности и подсчетных параметров в ходе работы также был предложен и реализован метод расчета граничного сопротивления на основе данных капилляриметрии при отсутствии или малом количестве опробований.

Литература

1. Вендельштейн В.Ю. Геофизические критерии продуктивного нефтеносного коллектора,

основанные на законах фазовой проницаемости. – М.: МИНХиГП, 1979.

- 2. Дубровина Я.Д., Воронова Б.В. Физика нефтяного пласта. М., 1962.
- 3. Петерсилье В.И., Пороскун В.И., Яценко Г.Г. Методические рекомендации по подсчету запасов нефти и газа объемным методом М.-Тверь, 2003.

ДЕФОРМАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ ОФИОЛИТОВЫХ И ПАЛЕООСТРОВОДУЖНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПОЛЯРНОГО УРАЛА НА ОСНОВЕ ПЕТРОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ

Сычев С.Н.

СПбГУ, г. Санкт-Петербург, Россия, E-mail: sychev1986@yandex.ru

На основе анализа анизотропии магнитной восприимчивости (AMB) рассмотрены деформации зоны контакта офиолитовых и палеоостроводужных комплексов южной части Полярного Урала. Интерпретация ориентировок главных осей эллипсоида AMB показывает, что структурный парагенез зоны контакта был сформирован в результате регионального надвигообразования, а так же сдвиговых смещений на постнадвиговом этапе.

CHARACTERISTICS OF DEFORMATION IN THE CONTACT ZONE BETWEEN OPHIOLITE AND VOLCANIC ARC SUITES OF THE SOUTHERN POLAR URALS BASED ON PETROMAGNETIC DATA

Sychev S.N.

SPbU, Saint Petersburg, Russia, E-mail: sychev1986@yandex.ru

The deformation of rocks occurring in the contact zone between ophiolite and volcanic arc suites of the Southern Polar Urals is studied based on anisotropy of magnetic susceptibility analysis (AMS). Derived orientations of principal AMS axes show that structural associations in the study area have been formed as a response to regional thrusting and shear displacements during post-thrusting stage.

Исследование магнитных свойств горных пород выявило, что их общей особенностью является анизотропия магнитной восприимчивости (AMB). Среди различных причин образования магнитной анизотропии важная роль отведена одноосным давлениям при высокой температуре, сопровождающим кристаллизацию и перекристаллизацию горных пород [2, 8]. Явная связь магнитной анизотропии пород с их текстурными особенностями, в частности AMB с упорядочением длинных осей магнитных минералов, показывает, что ее измерение используется для изучения структурных элементов деформированных пород [1, 2, 7].

Величины трёх главных осей эллипсоида АМВ обозначаются K₁ – максимальная, K₂ – промежуточная, K₃ – минимальная магнитные восприимчивости. Для характеристики АМВ используют параметры, связанные с формой эллипсоида АМВ: степень AMB – $Pj = \exp \sqrt{2[(\eta_1 - \eta_m)^2 + (\eta_2 - \eta_m)^2 + (\eta_3 - \eta_m)^2]}$, где $\eta_i = \ln(K_i)$, (i=1, 2, 3) и $\eta_m = (\eta_1 + \eta_2 + \eta_3)/3$; параметр формы $T = [2(\eta_2 - \eta_3)/\eta_1 - \eta_3] - 1$, изменяющийся от –1 (удлинённый эллипс) до +1 (сплющенный эллипс) [2, 8].

Основной задачей настоящего исследования является изучение AMB образцов пород контакта офиолитовых и палеоостроводужных комплексов Полярного Урала, в которых нами уже произведен анализ мезоструктурных элементов [6].

Офиолиты Войкаро-Сынинского массива вместе с перекрывающими их островодужными комплексами пород входят в систему аллохтонов, надвинутых на континентальную окраину Восточно-Европейской платформы в конце среднего – позднем палеозое [4, 5 и др.]. Войкаро-Сынининская офиолитовая ассоциация состоит из трех комплексов: райизско-войкарского дунит-гарцбургитового, кэршорского преимущественно габбрового и лагортаюского долеритового (параллельных даек), а Войкарская островная палеодуга на данном участке представлена: собским плагиогранитдиоритовым и янаслорским гранитным комплексами (рис. 1).



Рис. 1. Схема геологического строения южной части Полярного Урала. На врезке показана геологическая карта среднего течения рек Лагортаю и Большая Лагорта.

1 – формации палеозойской пассивной окраины Восточно-Европейского континента; 2 – докембрийские метаморфические образования Хараматалоуского блока; 3 – метаморфиты зоны ГУР (пальникшорская толща); 4 – метаморфизованные ультрамафит-мафитовые породы; 5 – раннепалеозойские габбро-гипербазитовые офиолитовые массивы; 6 – девонские островодужные гранитоиды собского и янаслорского комплексов; 7 – островодужные вулканогенно-осадочные образования позднесилурийско(?)-девонского возраста; 8 – докембрийские метаморфические образования Харбейского блока; 9 – мезозойско-кайнозойский чехол Западно-Сибирской плиты; 10 – райизско-войкарский дунитгарцбургитовый комплекс; 11 – кэршорский дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый комплекс; 12 – лагортаюский долеритовый комплекс; 13 – собский плагиогранит-диоритовый комплекс; 14 – янаслорский гранитный комплекс; 15 – бластомилониты; 16 – номера азимутальных проекций на рис. 3; 17 – геологические границы и разрывные нарушения: а – интрузивные контакты, б – ГУР, в – прочие разломы, г – надвиги; 18 – элементы залегания: а – сланцеватости, б – полосчатости. Для выявления магнитных и деформационных характеристик были отобраны ориентированные образцы из пород собского комплекса (обр. № 8809, 8809/1, 8809/2), бластомилонитов на контакте кэршорского и лагортаюского комплексов (обр. № 8810), лагортаюского комплекса (обр. № 8810/4, 8810/5, 8811а, 8811в, 8812/2), кэршорского комплекса (обр. 8814/1, 8816, 8816/2) и райизско-войкарского комплекса (обр. № 8814).

Для определения AMB из образцов ориентированных при отборе были выпилены кубики с ребром 2 см от двух до четырех штук в зависимости от размера образца. Оценка AMB проводилась на приборе KLY-4S с помощью программы Anisoft 4.2 в петромагнитной лаборатории МГУ.

Все анализируемые породы не имеют чёткого разбиения на группы по величине средней магнитной восприимчивости и степени АМВ. Форма эллипсоида АМВ в большинстве случаев удлиненная (рис. 2).



Рис. 2. Диаграммы распределения степени АМВ (P_j), среднего значения магнитной восприимчивости (Km) и формы эллипсоида АМВ (T).

В ходе интерпретации ориентировок главных осей эллипсоидов АМВ установлено, что для пород собского комплекса минимальная ось погружается преимущественно на ЮЗ, а максимальная на восток, из общей картины выбивается обр. № 8809, где ось K_3 субвертикальна, а K_1 простирается с СВ на ЮЗ и полого ($.0-5^\circ$) погружается (рис. 3, азимутальная проекция 1)¹. В бластомилонитах минимальная ось погружается на ССВ ($.20-30^\circ$), а максимальная ($.35-45^\circ$) на ЮВ (рис. 3–2). Для пород комплекса параллельных даек выявлено, что оси эллипсоидов АМВ ведут себя хаотично (рис. 3–3, 4). Для габброидов кэршорского комплекса (на р. Лагортаю) минимальная ось круто ($.50-60^\circ$) погружается на ЮВ, а максимальная ($.20-30^\circ$) на СЗ (рис. 3–5); на реке Большая Лагорта оси располагаются без видимой закономерности (рис. 3–7). В гипербазитах райизско-войкарского комплекса минимальная ось простирается с СЗ на ЮВ и полого ($.0-5^\circ$) погружается, а максимальная погружается ($.0-5^\circ$) на СВ (рис. 3–6).



Рис. 3. Ориентировка главных осей эллипсоида AMB (нижняя полусфера). Места отбора образцов описаны в тексте и изображены на рис. 1.

¹ Далее в тексте ссылки на азимутальные проекции идут в формате «рис. 3–2».

По нашим представлениям ориентировка эллипсоида AMB для диоритов собского комплекса связана с региональным надвигообразованием, последующим разворотом и выполаживанием (обр. № 8809) элементов залегания геологического тела при приближении к фронту надвига, разграничивающего офиолитовые и палеоостроводужные комплексы. Расположение осей эллипсоида в зоне бластомилонитизации разделяющей кэршорский и лагортаюский комплексы связано, на наш взгляд, со сдвиговыми смещениями на постнадвиговом этапе [6]. Пространственная характеристика направлений главных осей эллипсоидов AMB для образцов из комплекса параллельных даек не дает преимущественной ориентировки, что было показано ранее [3]. Это связывается нами с хаотичным расположением структурных элементов в результате сдвиговых дислокаций. Ориентировки осей эллипсоида в породах кэршорского комплекса, аналогичны ориентировкам в породах лагортаюского и их происхождение, скорее всего, идентично. В гипербазитовом комплексе ориентировка осей связана с региональным надвигообразованием.

Автор благодарен за помощь в определении АМВ Р.В. Веселовскому (МГУ). Работа выполнялась при поддержке темплана НИР СПбГУ.

Литература

- Войтенко В.Н. Корреляция параметров конечной деформации и анизотропии магнитной восприимчивости: сравнение результатов исследования метатурбидитов северо-западного Приладожья // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. К 40-летию создания М. В. Гзовским лаборатории тектонофизики в ИФЗ РАН. Т. 1. М.: Изд. ИФЗ, 2008. С. 22– 25.
- Использование магнетизма горных пород при геологической съёмке. Под ред. Шолпо Л. Е. Л.: Недра, 1986. 224 с.
- 3. Куренков С.А., Диденко А.Н., Симонов В.А. Геодинамика палеоспрединга. М.: ГЕОС, 2002. 294 с. (Тр. ГИН РАН. Вып. 490).
- Перфильев А.С. Формирование земной коры Уральской геосинклинали. М.: Наука, 1979. 187 с. (Тр.ГИН АН СССР. Вып. 328).
- 5. Савельев А.А., Самыгин С.Г. Офиолитовые аллохоны Приполярного и Полярного Урала // Тектоническое развитие земной коры и разломы. М.: Наука, 1979. С. 9–30.
- 6. Сычев С.Н., Куликова К.В. Деформации контакта офиолитовых и палеоостроводужных комплексов южной части Полярного Урала // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2012, № 1 (205). С. 22-25.
- 7. Borradaile G.J., Henry B. Tectonic applications of magnetic susceptibility and its anisotropy // Earth Science Reviews, 1997, v. 42. P. 49-93.
- 8. Tarling D.H., Hrounda F. The magnetic anisotropy of rocks. New York: Chapman and Hall, 1993. 217 p.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ЗОН В УСЛОВИЯХ АЛЬПИНОТИПНОГО РЕЛЬЕФА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБ-ЛИКИ БУРЯТИЯ

Татьков И.Г.

ГИН СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия, E-mail: tigr325@gmail.com

Специалистами ГИН СО РАН в период с 2004 по 2012 гг. накоплен опыт проведения производственных и научно-исследовательских работ геофизических работ проведенных на территории Республики Бурятия и Забайкальского края с использованием современных цифровых станции. По итогам работ была оценена возможность применения электроразведки в условиях альпинотипного рельефа. Результатом стало применение новых подходов к интерпретации результатов площадных электроразведочных работ и учет артефактов при проведении автоматической инверсии в условиях сложных сред. Применение инверсии показало необходимость использования комплексных данных для снижения вариативности полученной инверсионной модели при интерпретации.

APPLICATION OF ELECTROPROSPECTING METHODS FOR MAPPING OF MINERALIZED ZONES TO THE ALPINE-RELIEF ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BURYATIA

Tatkov I.G.

GIN SB RAS, Ulan-Ude, Russia, E-mail: tigr325@gmail.com

Specialists of GIN SB RAS have been accumulated experience of practical and research geophycical works having been carried out on the Republic Buryatia and the Trans-Baikal region using modern digital station in period from 2004 till 2012. Following the results of works has been evaluated the possibility of applying electrical prospecting in Alpine-type terrain. As a result it have been using of new approaches to the interpretation of electroprospecting areal works and registration of artefacts at carrying out the automatic inversion in complex environments. Application of inversion has shown requirement of using a complex data to reduce variability of derived inverse interpretation model.

Большинство известных промышленных месторождений рудного золота на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока находятся в труднодоступной горной и высокогорной местности, поэтому вопрос прироста имеющихся запасов уже построенных ГОК стоит наиболее остро. Решением данной проблемы является исследование ресурсов рудных минерализованных зон золото-сульфидно-вкрапленного типа, как это происходит сейчас на месторождениях Келяно-Ирокиндинской рудной зоны и Восточно-Саянского рудного района на территории Республики Бурятия. Данный структурноформационный тип отличается небольшими содержаниями полезной компоненты на тонну, относительно классических золото-кварцевого и золото-сульфидно-кварцевого типов.

Оптимальное экономическое решение в данных условиях требует применения уже не только ставшего классическим сочетания разведочных работ: геологическое картирование, площадные геохимические работы, магниторазведка и горно-буровые работы,

но и внедрения более детального комплекса геофизических методов, основу которых составляет электроразведка, как метод имеющий возможность разделения аномалий по типам.

Наиболее важной в процессе интерпретации является развитие идей отражения и разделения природы геофизических аномалий связанных с многолетнемерзлыми породами и слабо сульфидизированными минерализованными зонами, имеющими значение η =4-6%, равное поляризуемости многолетнемерзлых пород при температурах от -10°C (рис.1), характерных для крупноглыбовых курумных отложений в июне – июле месяцах для Муйского золоторудного района.

В зависимости от качества полученных данных ВП возможен расчет комплексного параметра металл-фактор (MF) по формуле [3]:

$$MF = \frac{\eta_{\kappa}(\%)}{\rho_{k}} \times 100 = \frac{-2.5 \cdot \varphi_{B\Pi}}{\rho_{k}} \times 100$$

Применение данного комплексного параметра позволяет качественно оценить и разбраковать аномалии, получаемые от графитизированных, колчеданных и массивных сульфидизированных тел, характеризующихся повышенными значениями проводимости и поляризации. Поля, связанные с многолетнемерзлыми породами и зонами окварцевания, выделяются пониженными значениями металл фактора. Минерализованные зоны соответствуют в плане аномалиям повышенных значений параметра (Рис. 1).



Рис. 1. Результаты применения комплексного параметра металл-фактор MF на территории Келяно-Ирокиндинской рудной зоны.

Экспресс анализ результатов ВП-СГ, основанный на профильном вейвлет-анализе скалярных пространственно-временных рядов. По результатам анализа возможно получить информацию о амплитудно-частотной пространственно временной характеристики полученных рядов, выделить необходимые изменения регистрируемого сигнала, оценить и снизить влияние таких имеющихся в сигнале помех, как геологический шум или ошибки регистрации, попадающие в область фильтрации. Использование спектрального подхода для анализа результатов электропрофилирования ВП-СГ также позволяет получить качественную оценку геологической среды, основанную на выделении в спектре аномалий, возможно, связанных с геологическими объектами (рис. 2).

Применение комплексных параметров и использование спектрального анализа полученных результатов, позволяет минимизировать затраты на моделирование и инверсию данных электропрофилирования на постоянном токе и качественно проинтерпретировать имеющиеся данные.



Рис. 2. Сравнение результатов спектрального анализа графиков кажущегося сопротивления (А,Б) и вызванной поляризации (В,Г) метода ВП-СГ с разрезом удельного сопротивления по результатам электротомографии (Д)

Для картирования залежей типа минерализованных зон на площади Кедровско-Ирокиндинского рудного узла (Муйский рудный район) помимо традиционных методов срединного градиента (СГ) и естественного поля (ЕП) применялись зондирования на постоянном токе (МКП-ВП).

В условиях альпинотипного рельефа применение зондирований на переменном токе осложняется такими факторами, как горизонтально-неоднородное полупространство, высокое удельное сопротивление многолетнемерзлых пород, слабоконтрастность рудных зон в поле электросопротивлений. Вышеперечисленные сложные условия выполнения работ осложняющие применение классических геометрических и электромагнитных зондирований в условиях горно-таежной местности на территории Северо-Востока Западного Забайкалья.

Решить проблемы применением электроразведочных зондировании в сложных средах, удалось благодаря применению на практике многоразносного комбинированного

профилирования в сочетании с программой Res2Dinv. Электротомография МКП-ВП позволила более детально оконтурить перспективные рудные залежи, выявить «слепые» рудные тела на глубинах до 200 метров, уточнить элементы залегания рудных объектов, оценить их геологическую природу. Полученные интерпретационные геоэлектрические разрезы хорошо подтверждаются результатами проведенных горнобуровых работ. Применение алгоритма автоматической инверсии показало необходимость использования комплексных данных для снижения вариативности полученной инверсионной модели при интерпретации. Комплексные физико-геологические модели, построенные с учетом инверсии не только электрических, но и потенциальных полей (магнитного, гравитационного), а также провести доизучение петрофизических отрядов.



Рис. 3. Результаты геолого-геофизической интерпретации данных МКП-ВП по профилю 21. 1 – метапесчанники аматканской свиты; 2 – динамосланцы Ирокиндинского динамометаморфического комплекса; 3 – зона распространения бурошпатизованных пород; 4 – известковые скарны; 5 – зона березитизации (сульфидизации); 6 – зона дробления; 7 – кварцевая жила: 8 – разведочная скважина

Электротомография МКП-ВП в целом значительно облегчает картирование перспективных рудных объектов типа минерализованных зон, но при этом не является истиной в последней инстанции, нуждаясь в привлечении результатов комплексных геофизических исследований. В дальнейшем планируется переход от 2D- к 3D- методикам регистрации и интерпретации зондирований, проведение опытно-методических работ в подземных горных выработках на ряде месторождений Республики Бурятия с целью получения наиболее детальной базы знаний о возможностях метода. Ключевым направлением также является развитие методик измерения, количественной интерпретации параметра вызванной поляризации (ВП) и его производных (металл-фактор и др.) [3] для разбраковки геологической природы аномальных объектов.

Литература

- 1. Инструкция по электроразведке // под ред.: Франтов Г.С. Л.: Недра, 1984. 352 с.
- 2. Вешев А.В. Электропрофилирование на постоянном и переменном токе / 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Недра, 1980. 391 с.
- 3. Комаров В.А. Электроразведка методом вызванной поляризации. Л.: Недра, 1980. 344 с.
- 4. Зыков Ю.Д. Геофизические исследования криолитозоны. М.: изд-во МГУ, 2007. 252 с.