

*Федеральное агентство научных организаций
Российский фонд фундаментальных исследований
Уральское отделение Российской академии наук
Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН
Горный институт УрО РАН*

ДЕВЯТНАДЦАТАЯ УРАЛЬСКАЯ
МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА ПО
ГЕОФИЗИКЕ

Сборник научных материалов

Екатеринбург
2018

УДК 550.083

XIX Уральская молодежная научная школа по геофизике. Сборник науч. материалов. – Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2018, 209 с.

В сборнике приведены доклады, представленные на Девятнадцатой Уральской молодежной научной школе по геофизике, состоявшейся в г. Екатеринбурге с 26 по 30 марта 2018 г. Представленные материалы посвящены рассмотрению широкого круга вопросов современной геофизики, таких как: глубинное строение земной коры, сейсмометрические исследования, интерпретация геофизических полей, геодинамика, тепловое поле земли, магнитометрические исследования, электрометрические исследования, экологические исследования, а также новые методы исследований и гипотезы, основанные на новейших геофизических данных.

Сборник представляет интерес для широкого круга специалистов научных и производственных организаций, занимающихся геофизическими и геологическими исследованиями природных и природно-техногенных объектов.

Главный редактор

Доктор физико-математических наук Беликов Виктор Тихонович
(Институт геофизики УрО РАН, г. Екатеринбург)

Ответственный редактор

Кандидат геолого-минералогических наук Козлова Ирина Анатольевна
(Институт геофизики УрО РАН, г. Екатеринбург)

Редакционная коллегия:

Доктор геолого-минералогических наук Демежко Дмитрий Юрьевич
(Институт геофизики УрО РАН, г. Екатеринбург)

Доктор физико-математических наук Долгаль Александр Сергеевич.
(Горный институт УрО РАН, г. Пермь)

Рецензенты:

Доктор геолого-минералогических наук Талалай Александр Григорьевич
(Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург)

Доктор технических наук Костицын Владимир Ильич
(Пермский государственный университет, г. Пермь)

Председатель программного комитета:

Беликов В.Т. – д.ф.-м.н., врио директора, Институт геофизики УрО РАН, г.Екатеринбург

Члены программного комитета:

Мартышко П.С. – член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией, Институт геофизики УрО РАН, г.Екатеринбург

Маловичко А.А. – член-корреспондент РАН, директор, Единая геофизическая служба РАН, г.Обнинск

Демежко Д.Ю. – д.г.-м.н, в.н.с., Институт геофизики УрО РАН, г.Екатеринбург

Долгаль А. С. – д.ф.-м.н., в.н.с, Горный институт УрО РАН, г.Пермь

Костицын В.И. – д.т.н., Пермский государственный университет, г. Пермь

Талалай А.Г. – д.г.-м.н., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

Осинов В.Ю. – к.г.-м.н., ученый секретарь, Институт геофизики УрО РАН, г.Екатеринбург

Дягилев Р.А. – к.ф.-м.н., зам директора, Единая геофизическая служба РАН, г.Обнинск

Председатель организационного комитета:

Козлова И.А. – к.г.-м.н., врио зам. директора по научной работе, Институт геофизики УрО РАН, г.Екатеринбург

Члены Организационного комитета:

Антипин А.Н. – н.с., Институт геофизики УрО РАН, г.Екатеринбург

Бызов Д.Д. – н.с., Институт геофизики УрО РАН, г.Екатеринбург

Варлашова Ю.В. – н.с., Горный Институт УрО РАН, г.Пермь

Вдовин А.Г. – н.с., Институт геофизики УрО РАН, г.Екатеринбург

Злобина Т.В. – м.н.с., Горный Институт УрО РАН, г.Пермь

Кошелева Н. В. – м.н.с., Институт геофизики УрО РАН, г.Екатеринбург

Мурыськин А.С. – Пермский государственный университет, г.Пермь

Новикова П.Н. – н.с., Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Цидаев А.Г. – н.с., Институт геофизики УрО РАН, г.Екатеринбург

Секретарь конференции:

Баженова Евгения Анатольевна – н.с, Институт геофизики УрО РАН, г.Екатеринбург, тел.8-922-292-5048

Время проведения школы: 26-30 марта 2018 года

Место проведения: Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН

г.Екатеринбург, ул. Амундсена, 100

Факс (343) 267 88 72

Е-mail: uralschool2018@mail.ru

УДК 550.38; 550.35

РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СЕВЕРО-ТАРАТАШСКОМ УЧАСТКЕ

Антипин Александр Николаевич¹, Хацкевич Богдан Дмитриевич²
e-mail: anantipin@rambler.ru¹, disaybl@yandex.ru²
Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. Выполнены радиометрические исследования на Северо-Тараташском участке, включающие пешеходную гамма-съемку и эманационную съемку. По результатам исследований были построены карта мощности экспозиционной дозы (МЭД), а также графики объемной активности радона. По результатам интерпретации полученных данных были уточнены местоположения тектонических нарушений (надвиговая структура и разлом), а также сделан вывод о продолжении разлома за линию надвига.

THE RESULTS OF RADIOMETRIC METHODS OF RESEARCH IN THE NORTH-TARTESSOS AREA

Aleksandr Antipin¹, Bogdan Khatskevich²
e-mail: anantipin@rambler.ru¹, disaybl@yandex.ru²
Institute of Geophysics UB of RAS, Yekaterinburg

Summary. Performed radiographic studies in the North-Tartessos the site, including pedestrian gamma survey and emanation survey. According to the research results, a map of exposure dose rate (EDM), as well as charts of radon volume activity were constructed. According to the results of interpretation of the obtained data, the locations of tectonic disturbances (mooring structure and fault) were clarified, and the conclusion about the continuation of the fault beyond the mooring line was made.

Введение. Целью исследования является уточнение местоположения разрывных тектонических нарушений на Северо-Тараташском участке (район деревни Куватал) в области ранее исследованных скважин (рис 1б.) [2,3]. Тараташский комплекс слагает центральную часть одноименной антиклинальной структуры, входящей в состав Башкирского антиклинория – крупнейшей структуры западного склона Среднего и Южного Урала [5]. Общая площадь Тараташского блока около 400 км². В пределах Тараташского комплекса развиты многочисленные надвиги и взбросы, а также разломные структуры, обуславливающие его сложное геологическое строение [1]. Куватальское месторождение в Тараташском комплексе наиболее крупное, расположено в окрестностях деревни Куватал (Челябинская область), в 22 км на северо-восток от деревни Александровка [6]. Исследуемый участок работ, представленный на схематической карте (рис. 1б), состоит из двух геологических областей, разделенных разрывным тектоническим нарушением по типу надвиг, простирающимся с севера на юг. Западная часть участка представлена породами куватальской свиты [6]. Восточная область исследуемого района представлена зеленосланцевыми диафторитами [4].

Аппаратура и методика измерений. Пешеходная гамма-съемка проводилась по профилям с помощью радиометра СРП-68-01. Всего отработано 11 профилей общей протяженностью 8,25 км. Расстояние между профилями составило 100 м, шаг съемки – 50 м. По результатам пешеходной гамма-съемки была построена карта мощности экспозиционной дозы.

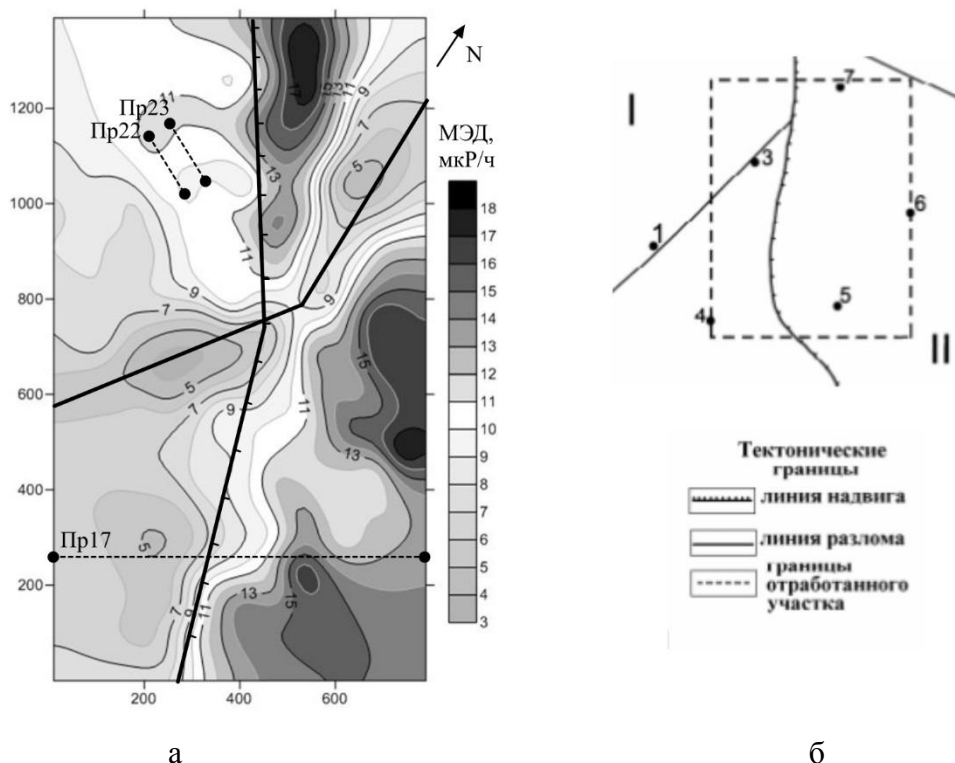


Рис. 1. а) Результаты пешеходной гамма съёмки; б) Схематическая карта Северо-Тараташского участка [2]: I – Куватальская свита; II – зона зеленосланцевых диафторитов. Цифрами обозначены номера скважин

Эманационная съёмка проводилась радиометром альфа-активных газов РГА–01П, предназначенным для измерения объёмной активности альфа-излучающего изотопа радона ^{222}Rn . Вклад альфа-частиц изотопа радона (торона) учитывался за счёт временной селекции. Измерения проводились маршрутной съёмкой по трём профилям с шагом между пикетами 50 м. Первый профиль совпадает с 17 профилем, по которому проводилась пешеходная гамма-съёмка. Два других профиля (ПР22, ПР23) выбраны в крест простирающейся предполагаемой области разлома параллельно друг другу на расстоянии 50 м, длина этих профилей составила 150 м. При проведении съёмки отбирались пробы почвенного воздуха с глубины 0,5–1,0 м, и определялась объёмная активность радона в этих пробах. Для этого пробоотборник погружали в предварительно проделанный ломом шурф на необходимую глубину, затем с помощью насоса в устройство детектирования УДГА-01П закачивали почвенный воздух и измеряли объёмную активность радона.

Результаты и обсуждение. По результатам пешеходной гамма съёмки (рис. 1а) исследуемый участок работ также можно разделить на две области. Западная часть – значения мощности экспозиционной дозы (МЭД) составляют от 5 до 10 мкР/ч (породы куватальской свиты), восточная – от 14 до 18 мкР/ч (зеленосланцевые диафториты). По карте, представленной на рис. 1а, между этими областями проходят зоны со средними значениями (на карте обозначены белым цветом), которые также пространственно совпадают с тектонической границей зоны надвига. При этом с запада на восток прослеживается линейная структура с минимальными значениями МЭД. По геоморфологическому строению в этой области исследуемого участка (с запада на восток) протекает ручей, окруженный обширными болотистыми низинами, которые и выделяются минимальными значениями МЭД. На рис. 2а представлены результаты маршрутной съёмки объёмной активности радона (ОАР) и мощность экспозиционной дозы (МЭД) по профилю Пр17. Как видно из графиков, начиная с 300 м, прослеживается увеличение значений МЭД и ОАР, что свидетельствует о смене литологического состава горных пород, в данном случае прослеживается контакт пород куватальской свиты (пониженные значения ОАР и МЭД) и зеленосланцевых

диафторитов (повышенные значения ОАР и МЭД). На рис. 2б показаны результаты съёмки ОАР и МЭД по профилям Пр22 и Пр23. Радиометрическая съёмка не имеет аномальных значений МЭД отличных от фоновых значений, наблюдаемых на этом участке. Эманационная съёмка показала наличие пикета, в котором значение ОАР превышает значения в других точках, что не является ошибкой измерения, поскольку ОАР определяется по количеству зарегистрированных альфа-частиц, образующихся при распаде изотопов радона и его дочерних продуктов. Поэтому можно говорить о возможном наличии зоны проницаемости в этом месте, но поскольку длина профилей выбрана короткая, а расстояние между пикетами большое, есть вероятность, что другие пикеты не попали в зону проницаемости.

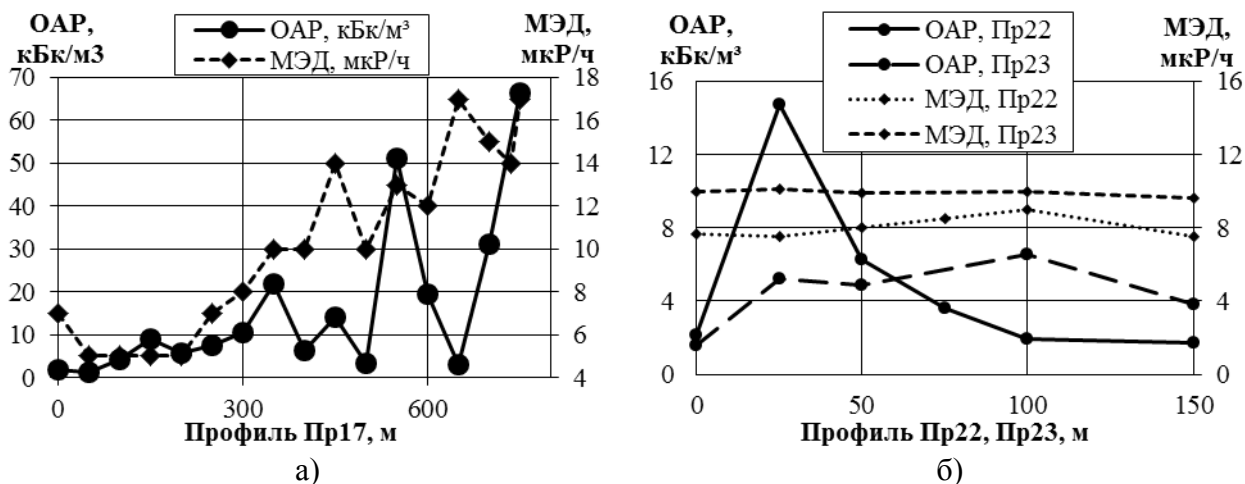


Рис. 2. Результаты радиометрической съёмки: а) по профилю № 17; б) по профилям № 22 и № 23

Заключение. По результатам исследования была построена карта мощности экспозиционной дозы (МЭД) масштабом 1:10000, а также графики объемной активности радона и мощности экспозиционной дозы по трем профилям. По результатам интерпретации полученных данных были уточнены местоположения тектонических нарушений (надвиговая структура и разлом). При сопоставлении первоначальной схемы Северо-Тараташского участка и полученных карт, было установлено, что линия разлома проходит в 150 м южнее скважины 3. Также, исходя из полученных карт, можно предположить, что разлом продолжается и за линией надвига (этот участок отсутствует на первоначальной схеме [2]).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев Н.И. Тектоника Тараташского моноклинория структуры рудного поля и околорудные ореолы Саткинских месторождений кристаллического магнетита (Южный Урал): Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. МГУ. М., 1995.
2. Баженова Е.А. Результаты комплексных исследований в скважинах Северо-Тараташского участка // Уральский геофизический вестник. 2017. № 1(29). С. 4–10.
3. Баженова Е.А., Вдовин А.Г. Новая технология исследования скважин в режиме челночного каротажа // XVI Уральская молод. науч. школа по геофизике: сб. науч. материалов. Пермь: ГИ УрО РАН, 2015. С. 39–42.
4. Белоглазова Н.А., Баженова Е.А., Вдовин А.Г. Геодинамическая обстановка Северо-Тараташского участка по геофизическим исследованиям скважин // Уральский геофизический вестник. 2017. № 1(29). С. 60–65.
5. Липчанская Л.Н. Мигматиты Тараташского комплекса (Южный Урал) // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2010. № 1. С. 19–27.
6. Формации титаномагнетитовых руд и железистых кварцитов: Железорудные месторождения Урала / Отв. ред. А.М. Дымкин. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 264 с.

УДК 553.984

АНАЛИЗ ПРОНИЦАЕМОСТИ МУХАНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА*Арапов Владислав Олегович**e-mail: vladik_arapov@mail.ru**Самарский государственный технический университет г. Самара, Россия*

Аннотация. Пористость и нефтенасыщенность, как емкостные свойства, успешно определяются по комплексу геолого-геофизических исследований. Проницаемость является важной фильтрационной характеристикой внутреннего строения залежи. Проницаемость определяется по гидропроводности опробованных объектов. В качестве дополнительной характеристики проницаемости рекомендуется анализировать параметр насыщения (относительное сопротивление) пород. Карты параметра насыщения, характеризующие фильтрационные свойства пластов - коллекторов, рекомендуется включить в комплексное изучение внутреннего строения залежи.

ANALYSIS OF THE PERMEABILITY OF THE MUKHANOVSKOYE FIELD ON THE BASIS OF GEOLOGICAL MATERIAL*Arapov Vladislav Olegovich**e-mail: vladik_arapov@mail.ru**Samara state technical university, Samara, Russian*

Summary. Porosity and oil saturation, as capacitive properties, are successfully determined by a complex of geological and geophysical studies. Permeability is an important filtration characteristic of the internal structure of the deposit. The permeability is determined by the hydroconductivity of the tested objects. As an additional characteristic of permeability, it is recommended to analyze the saturation parameter (relative resistance) of rocks. Maps of the saturation parameter characterizing the filtration properties of reservoir layers are recommended to be included in the complex study of the internal structure of the deposit.

Емкостно-фильтрационные свойства характеризуют внутренне строение залежей (пластов) нефти и газа. Емкостные свойства успешно оцениваются по комплексу ГИС (НК, ГГКП, АК, ПС) и керна

Методы для прямого определения величины абсолютной проницаемости в стандартном комплексе ГИС отсутствуют, поэтому реальной является только возможность прогнозирования этого параметра по комплексным данным с использованием различных вариантов корреляционных зависимостей. Типичной формой связи является зависимость проницаемости от пористости.

Для уточнения зависимости необходимы сведения о результатах опробования в колонне, а именно – гидропроводность и проницаемость. Прогноз фильтрационных свойств основан на анализе карт эффективных нефтенасыщенных толщин, песчаности, пористости и параметра насыщения.

Проницаемостью породы называется способность ее пропускать через себя под действием перепада давлений жидкости и газы. Абсолютная или физическая проницаемость породы характеризуется коэффициентом проницаемости $k_{пр}$, который рассчитывают исходя из известного закона Дарси.

Для реальных пористых сред справедливо уравнение Козени — Кармана:

$$K_{np} = \frac{\kappa_{n\text{эф}}^3}{5 \cdot S_{\text{гр}}^2 \left(1 - \kappa_n \right)^2} \quad (1)$$

Здесь $k_{п\text{эф}}$ соответствует объему только эффективных пор, по которым происходит фильтрация жидкости или газа;

$S_{\text{гр}}$ — удельная поверхность 1 см³ твердой фазы минерального скелета, определяемая по данным гранулометрического анализа.

Связь между коэффициентом пористости, проницаемости и водонасыщением выражена уравнением:

$$K_{np} = \left[1 - K_{\text{в.св}} \right]^3 \tau_{\text{св}}^2 K_n \left[f T_0^2 K_{\text{в.св}}^2 \right] \quad (2)$$

Учитывая связи параметра пористости от коэффициента пористости и параметра насыщения от коэффициента водонасыщенности получена формула:

$$K_{np} = \frac{\tau_{\text{св}}^2 (1 - P_H^{-1/n}) \cdot P_H^{n/2}}{P_{\text{п}}} \quad (3)$$

где n - показатель степени в формуле, связывающей P_H и $k_{\text{в}}$.

Выражение является физической основой для определения $k_{пр}$ по параметру насыщения P_H чистых гранулярных коллекторов в зоне их предельного нефте- или газонасыщения на значительном расстоянии от ВНК (ГВК), т. е. при отсутствии в коллекторе подвижной воды.

Параметры f , $P_{\text{п}}$ характеризуют пористость и геометрию порового пространства. Т_э извилистость каналов электрическая.

Исследовано внутреннее строение пластов СII и СIII Радаевского горизонта Южно-Черновского поднятия Муханановского месторождения. В работе представлены карты пористости, проницаемости (от пористости) и параметра насыщения.

Исследуя карты проницаемости для пористости пласта СIII можно выделить 3 участка, а по карте параметра насыщения имеет лучшие значения в скважине номер 3103 в восточной части залежи. Значения пористости у данного пласта варьируется от 18 до 21.

Пласт СII по пористости характеризуется средними значениями (от 15 до 19) но ниже чем у СIII. А по параметру насыщения значительно ниже, из этого следует сделать вывод о худших значениях емкостно-фильтрационных свойств. Таким образом мы рекомендуем использовать карту параметра насыщения.

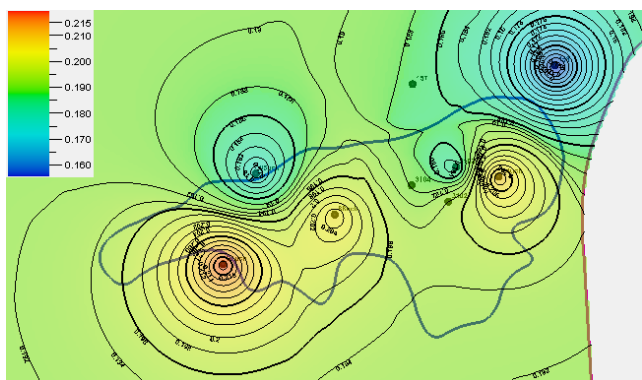


Рис.1. Карта распределения пористости по пласту С-III(1)

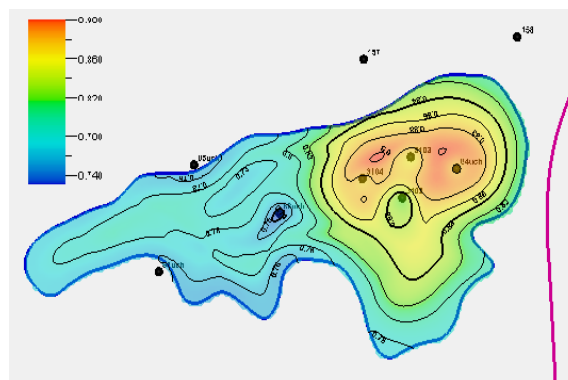


Рис.2. Карта распределения нефтенасыщенности пласта С-III(2)

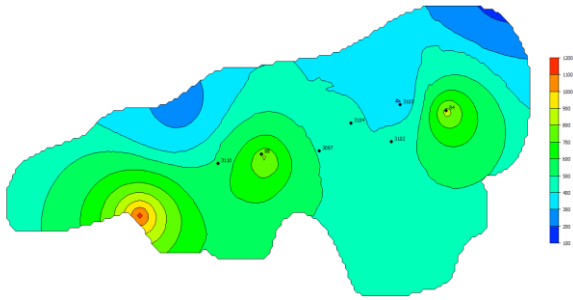


Рис.3. Карта распределения
проницаемости пласта С-III (3)

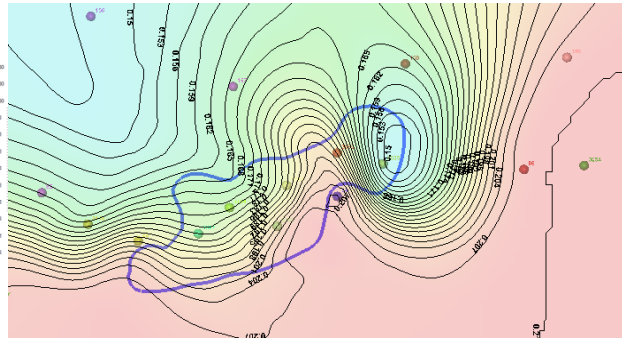


Рис.4. Карта распределения
пористости по пласта С-II(4)

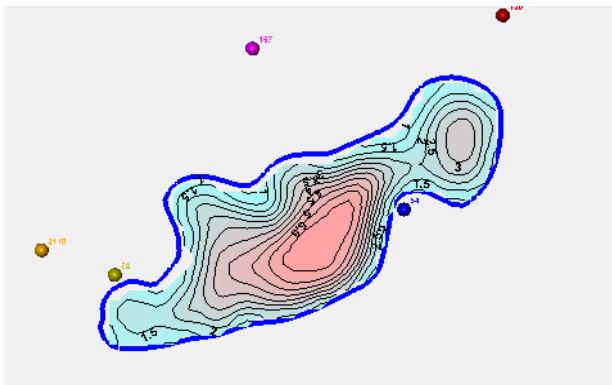


Рис.5. Карта распределения
нефтенасыщенности пласта С-II(5)

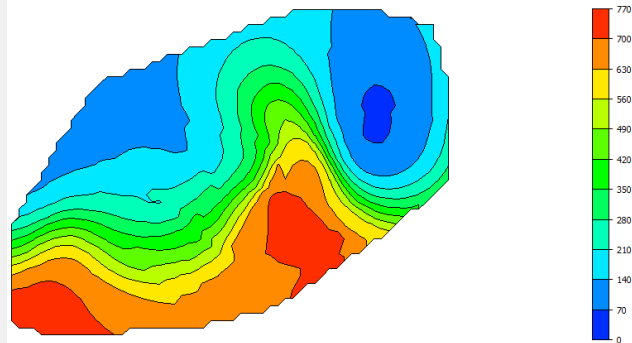


Рис.6. Карта распределения
проницаемости пласта С-II(6)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вендельштейн Б.Ю. Геофизические методы определения параметров нефтегазовых коллекторов / Вендельштейн Б.Ю., Резванов Р.А.- Москва: Изд-во "Недра" ,1978г., -319с.
2. Ипатов А.И. Геофизический и гидродинамический контроль разработки месторождений углеводородов/ Ипатов А.И., Кременецкий М.И.-. Изд-во 2, испр.,2010.,- 780с.
3. Латышова М.Г. Практическое руководство по интерпретации данных ГИС/ Латышова М.Г., Мартынов В.Г., Соколова Т.Ф.- Москва: Изд-во "Недра" , 2007 г., -327с.

УДК 551.1/4

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО И ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Артамонов Семён Александрович, Галин Айнур Жамилович

e-mail: sales@dsys.ru

Общество с ограниченной ответственностью «ДизайнСистемы», Россия, Обнинск

Аннотация. Рассматриваются различные типы датчиков для проведения геотехнического мониторинга на базе оборудования производства компании Encardio-rite Electronic.

INSTRUMENTAL SUPPORT OF GEOTECHNICAL AND GEOPHYSICAL MONITORING SYSTEMS

Semyon Artamonov, Aynur Galin

e-mail: sales@dsys.ru

Limited Liability Company "DesignSystems", Russia, Obninsk

Summary. In this article is shown different types of sensors for geotechnical monitoring on the basis of equipment manufactured by Encardio-rite Electronic.

Оборудование Encardio используется при строительстве и эксплуатации:

- подземных транспортных тоннелей, метро (большое количество объектов, включая работу "под ключ" в метро Дели и Дубая);
- гидротехнических сооружений (более 300 объектов, таких как ГЭС, плотины, дамбы);
- большепролетных и высотных зданий, памятников архитектуры;
- аэропортов, морских портов, автомобильных дорог и мостов;
- мониторинга грунтовых и скальных массивов, шахт.

ДСис представляет широкий спектр оборудования Encardio Rite (Индия): пьезометры; датчики температуры; инклинометры; трещиномеры; системы измерения уровня воды; метеостанции; даталоггеры; программное обеспечение для мониторинга измеренных величин (с возможностью удаленного доступа через интернет).

Струнные пьезометры предназначены для измерения порового давления в почве, фундаментах, бетонных конструкциях. На выходе датчика - напряжение в вольтах пропорциональное давлению.

Пьезометр EPP-30V предназначен для точных измерений порового давления воды в полностью или частично водонасыщенном грунте.

Инклинометрическая система EAN-26M используется для измерений направления, величины и скорости горизонтальных смещений грунтового массива, а также различных конструкций.

Автоматическая система измерения уровня воды 101ВН/ВХ предназначена для измерения уровня воды в реках, озерах или скважинах. В качестве датчиков абсолютного давления используются пьезометры EPP-40V и EPP-60V, которые охватывают весь диапазон, необходимый для измерения любого уровня воды.

Примеры применения:

- в горном деле инклинометром определяют угол и азимут искривления буровой скважины, тем самым контролируя ее пространственное положение;
- в подъемных кранах инклинометры применяются для контроля рабочего и остаточного прогибов стрелы, а также для контроля угла наклона крана в целом. Косвенно, по показаниям нескольких инклинометров, может измеряться нагрузка на стрелу крана;

Автоматическая система измерения уровня воды предназначена для измерения уровня воды в реках, озерах или скважинах.

В качестве датчиков абсолютного давления используются пьезометры EPP-40V и EPP-60V, которые охватывают весь диапазон, необходимый для измерения любого уровня воды.

В датчик встроен термистор для измерения температуры воды. Выходной сигнал датчика прямо пропорционален напору воды над датчиком.

Программное обеспечение для отображения данных с датчиков WDMS позволяет отображать, собирать данные и управлять датчиками.

Может быть использован как облачный сервис для хранения данных, так и локальный с предустановленным ПО.

Имеются несколько демо-систем для целей ознакомления с ПО. С ними можно ознакомиться на сайте производителя, либо отправив запрос на адрес sales@dsys.ru для получения ссылки.

Пьезометры внесены в реестр средств измерений РФ.

Заключение: При выборе оборудования важно учитывать не только технические требования, но и особенности эксплуатации, включая помехоустойчивость, стабильность синхронизации времени и надежность работы в наземных и шахтных условиях, стоимость и ремонтпригодность. Одним из основных результатов мониторинга является обеспечение безопасности и целостности объектов.

УДК 550.832

**ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПОСЛЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВЗРЫВА ПО
РЕЗУЛЬТАТАМ СКВАЖИННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Баженова Евгения Анатольевна, Вдовин Алексей Геннадьевич

e-mail: bazenova_jena@mail.ru, agvd@bk.ru

Институт геофизики УрО РАН, Россия, г. Екатеринбург

Аннотация. В работе приведены краткие результаты исследований сигналов геоакустической эмиссии и электромагнитного излучения в буровзрывных скважинах Гусевогорского месторождения. Показано изменение уровня амплитудных значений и форм кривых сигналов геоакустической эмиссии и электромагнитного излучения до и после техногенного взрыва.

**ESTIMATION OF CHANGES IN STRESSED-DEFORMED STATE OF
GEOLOGICAL ENVIRONMENT AFTER TECHNOLOGICAL EXPLOSION BY
RESULTS OF WELL INVESTIGATIONS**

Bazhenova J.A., Vdovin A.G.

e-mail: bazenova_jena@mail.ru, agvd@bk.ru

Institute of geophysics Ural Branch of Russian Academy of sciences, Ekaterinburg, Russia

Summary. The paper gives brief results of studies of signals of geoacoustic emission and electromagnetic radiation in drilling and blasting wells of the Gusevogorskoye field. The shows change of the level of amplitude values and waveforms curves geoacoustic emission and electromagnetic radiation before and after technogenic explosion.

Исследование взаимосвязи напряженно-деформированного состояния (НДС) горных пород с сигналами геоакустической эмиссии (ГАЭ) и электромагнитного излучения (ЭМИ) проводятся достаточно давно. В горных породах, в условиях естественного залегания, под действием медленно меняющихся или импульсных механических нагрузок происходят механоэлектрические и механоакустические преобразования энергии. Известно, что процесс формирования электромагнитного излучения отражает динамику зарождения и развития структурного разрушения пород. Излучение носит импульсный характер. Способность горных пород излучать в то же время и акустические импульсы используется для получения информации о неоднородности, нарушенности, состоянии напряжения, а так же развивающихся в земной коре динамических процессах. В горных породах при хрупком разрушении геоакустическая эмиссия обусловлена развитием микро- и макротрещин. По ГАЭ оценивают ударопрочность горных пород, контролируют состояние массива пород и процессы разрушения, определяют наличие флюидогазодинамики в околоскважинном пространстве. Изучение связи между НДС горных пород, ЭМИ и ГАЭ выполняются как в полевых (горные выработки, рудники, карьеры и т.д.), так и в лабораторных условиях. Известны работы, в которых изучение обозначенных связей проводится в железорудном руднике Таштагольский. В результате данных исследований была установлена взаимосвязь быстрых и медленных изменений напряженно-деформированного состояния массива горных пород с вариациями интенсивности потока электромагнитной эмиссии [3].

При разработке рудных месторождений, как открытым способом, так и закрытым, происходит изменение напряженно-деформированного состояния массивов горных пород. Применение взрывных технологий приводит к перераспределению напряжений в массиве и горного давления. Что в свою очередь чревато дестабилизацией всего разрабатываемого участка горных пород, и может приводить к таким катастрофическим явлениям, как обрушение бортов карьеров, горных ударов и т.д.

Для исследований применялся комплексный скважинный аппаратурно-программный комплекс МЕШ-42, разработанный в Институте геофизики Уральского отделения Российской академии наук [1]. Прибор позволяет осуществлять одновременную регистрацию сигналов ГАЭ и ЭМИ. Регистрация сигналов электромагнитного излучения производится в трех частотных диапазонах: 45 (F1), 80 (F2) и 120 (F3) кГц. Геоакустические сигналы регистрируются тремя ортогонально расположенными датчиками-акселерометрами (X, Y, - горизонтальные датчики, Z – вертикальный датчик) в разных полосах частот (100-500 Гц, 500-5000 Гц, 2500-5000 Гц) в единицах регистрируемого ускорения мм/с^2 . Геоакустические сигналы, измеряемые горизонтальными датчиками, программным способом преобразуются в горизонтальные составляющие геоакустических сигналов H, для каждого диапазона частот: H1, H2, H4, соответственно [2].

Измерения сигналов ГАЭ и ЭМИ выполнялись в Западном карьере Гусевогорского месторождения на Качканарском ГОКе. Месторождения Качканарской группы (собственно Качканарское и Гусевогорское) относятся к типу малотитанистых титаномагнетитовых руд, приуроченных к дунит-пироксенит-габбровой формации Платиноносного пояса Урала.

Для проведения исследований были выбраны пять буровзрывных скважин глубиной до 18 м, расположенных на одном профиле. Расстояние между скважинами составляло 5 метров. Расстояние от места проведения каротажных работ в буровзрывных скважинах до ближайшего подрываемого блока составляла 160 м. Первая серия измерений была выполнена до проведения технологических взрывов с целью установления фонового уровня исследуемой среды. Каротаж выполнялся поточно с шагом дискретизации 1 метр. Вторая серия измерений была проведена после серии технологических взрывов. На рисунке 1 представлены результаты каротажа сигналов геоакустической эмиссии в пяти скважинах. Первый столбик (рис. 1 а) запись сигналов до взрыва, второй после взрыва (рис. 1 б). По графикам ГАЭ можно определить, что во всех пяти скважинах после взрыва наблюдаются изменения уровня сигналов ГАЭ. Так в первой скважине наблюдается уменьшение фонового уровня геоакустической эмиссии. Во второй, форма кривой ГАЭ на всех частотных диапазонах остаются прежней, но увеличивается амплитудный уровень и появляется новая аномалия на забое скважины. Такая же тенденция наблюдается и в третьей скважине. В четвертой и пятой скважинах после взрыва наблюдаются значительные изменения, как в формах аномалий, так и в амплитудных уровнях сигналов геоакустической эмиссии.

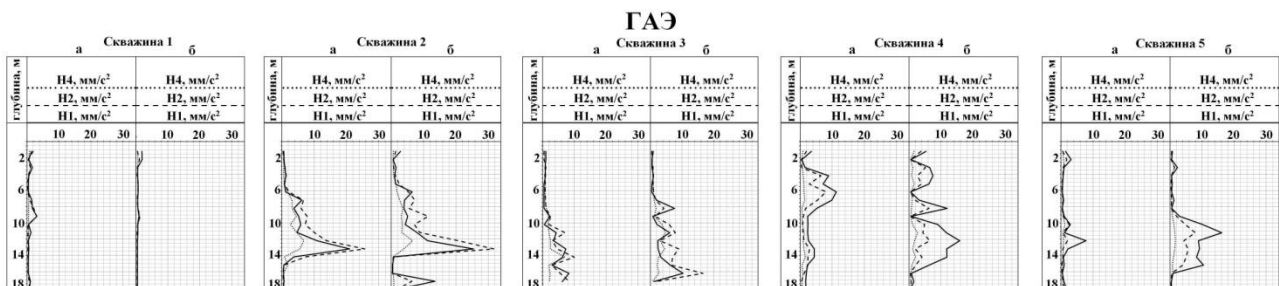


Рис. 1. Результаты каротажа сигналов геоакустической эмиссии в буровзрывных скважинах Качканарского ГОКа.

На рисунке 2 приведены результаты каротажа сигналов электромагнитного излучения. По кривым ЭМИ на всех частотах наблюдаются общие закономерности в поведении сигналов ЭМИ до (рис. 2 а) и после взрыва (рис. 2 б). Так, во всех скважинах после взрыва наблюдается рост амплитудного уровня электромагнитного излучения и изменение вида кривых. Наиболее сильно этот процесс проявляется в четырех скважинах, представленных на рисунке 2.

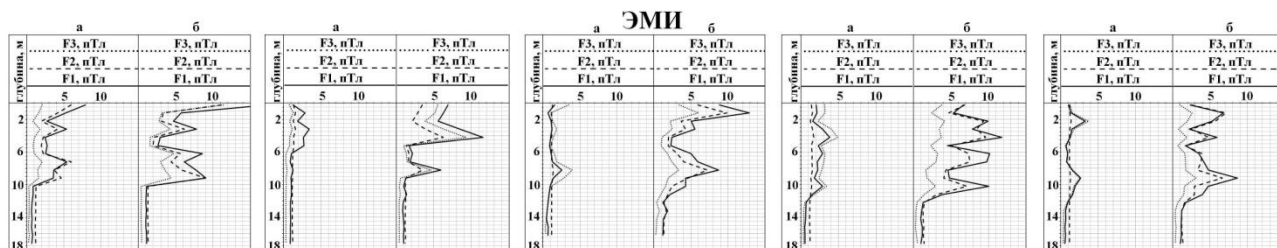


Рис. 2. Результаты каротажа сигналов электромагнитного излучения в буровзрывных скважинах Качканарского ГОКа.

Таким образом, на основании проведенных исследований, можно предположить, что технологические взрывы, проводимые на карьере Гусевогорского месторождения, оказывают значительное влияние на геологическую среду вблизи мест проведения взрывных работ. Это влияние четко фиксируется как по сигналам геоакустической эмиссии, так и электромагнитного излучения. То есть, вблизи проведения техногенных взрывов, в следствии воздействия взрывных волн на геологическую среду, в массивах горных пород возникают множественные очаги трещинообразования, тем самым дестабилизируя борта карьера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астраханцев Ю.Г., Белоглазова Н.А., Баженова Е.А., Вдовин А.Г., Троянов А.К. Аппаратурно-программный комплекс для скважинных исследований напряженно-деформированного состояния среды. // НТВ Каротажник, №5 (239), 2014. С. 39-51.
2. Белоглазова Н.А., Троянов А.К. Оптимизация комплекса информативных параметров геоакустических шумов при решении задач в нефтегазовых скважинах. // Материалы XIII сессии Российского акустического общества. – М., 2003. С. 57-60.
3. Беспалько А.А., Суржиков А.П., Хорсов Н.Н., Яворович Л.В., Климко В.К., Штирц В.А., Шипеев О.В. Наблюдения изменений напряженного состояния массива горных пород после массового взрыва по параметрам электромагнитной эмиссии // Физическая мезомеханика. Т. 7. №2. 2004. С. 253-256.

УДК 550.389.5

РАСШИРЕНИЕ СЕТИ РЕГИСТРАЦИИ ГЕОМАГНИТНЫХ ВАРИАЦИЙ И КНЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФОНА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

Бакиянов Алексей Иванович¹, Учайкин Евгений Олегович²
e-mail: absh_04@list.ru¹, evgeniy_uch@mail.ru²

Горно-Алтайский государственный университет, Россия, Горно-Алтайск

Аннотация. Создан пункт регистрации крайне низкочастотного (КНЧ) электромагнитного фона на основе индукционного магнитометра в окрестностях с. Бичикту Бом Онгудайского района Республики Алтай.

THE EXPANSION OF THE NETWORK REGISTRATION OF GEOMAGNETIC VARIATIONS AND ELF ELECTROMAGNETIC BACKGROUND IN THE TERRITORY OF THE ALTAI REPUBLIC

Bakiyanov Aleksey Ivanovich¹, Uchaykin Yevgeniy Olegovich²,
e-mail: absh_04@list.ru¹, evgeniy_uch@mail.ru²

Gorno-Altai State University, Russia, Gorno-Altaiisk

Summary. A magnetical station for extremely low frequency (ELF) electromagnetical background registration near Bichiktu Bom at Altay Republic (Russia).

Одной из важных задач мониторинга электромагнитного фона крайненизкочастотного (КНЧ) диапазона и геомагнитных вариаций является расширение наземной сети регистрации на основе индукционных магнитометров. Результаты такого мониторинга могут быть использованы для изучения параметров резонатора полости "поверхность Земли - ионосфера" (IECR, шумановские резонансы), спектральных резонансных структур в полосе частот альфвеновского резонатора, регистрации микропульсаций класса Pc1, регистрация молниевых разрядов. На территории нашей страны подобные измерения проводятся на магнитных обсерваториях "Борок" ИФЗ РАН, "Монды" и "Исток" ИСЗФ СО РАН, "Коларово" (ТГУ), "Михнево" (ИПГ РАН), "Хабаровск", Паратунка" ИКИР ДвО РАН и др.

В связи с этим представляет интерес создание сети магнитных измерений КНЧ-фона на территории Горного Алтая, характеризующегося низким уровнем электромагнитных помех. Первый пункт регистрации геомагнитных вариации в регионе установлен на кордоне Алтайского заповедника Байгазан, где с 03.12.2009 г. ведется непрерывная регистрация вариаций трёх компонент геомагнитного поля при помощи цифровой магнитовариационной кварцевой станции «Кварц-ЗЕМ». Опыт измерений показал, что в связи с удаленностью от промышленных районов на кордоне возможна уверенная регистрация вариаций при ширине шумовой дорожкой до 0.02 нТл, что даже превышает требования INTERMAGNET. Это позволяет регистрировать при помощи кварцевого вариометра все типы микропульсаций, включая Pc1. С 03.11.2014 г. на станции организован мониторинг вариаций при помощи индукционного магнитометра разработки ГАГУ на основе датчика ИНТ-1, переданного нам Институтом солнечно-земной физики СО РАН (погрешность измерений 10 пТл в полосе менее 0.01 Гц, 1 пТл - в полосе 0.1-1 Гц, 0.1 пТл в полосе более 5 Гц). Опыт измерений показал, что магнитометр способен регистрировать все типы микропульсаций, а также СРС в области частот альфвеновского ионосферного резонатора (наблюдались в 35% дней за время регистрации) и параметры первых трёх шумановских резонансов (8, 14, 20 Гц).

Кафедрой космической физики и экологии Томского государственного университета с целью расширения сети регистрации геомагнитных вариаций на Алтае были переданы три индукционных датчика SCAT M-120 (Нижний Новгород). Эти датчики предназначены для регистрации электромагнитного фона в полосе частот от 2 Гц до 2 кГц и могут быть

использованы для регистрации спектральных резонансных структур в полосе частот альфвеновского ионосферного резонатора и шумановских резонансов. Регистрация микропульсаций геомагнитного поля при их помощи затруднительна. Тем не менее, для выполнения текущего проекта данные датчики вполне пригодны.

На основе переданных датчиков сотрудниками лаборатории робототехники ГАГУ был разработан магнитометр, структурная схема которого представлена на рис.1. Напряжение аналогового выхода датчика усиливается при помощи усилителя, оцифровывается блоком регистрации и записывается во флеш-карту памяти.

Время регистрации данных синхронизируется по GPS-приемнику.

Кроме данных о выходном напряжении датчика записывается следующая информация:

- время регистрации с отсчетной точностью 1 мс, частота регистрации 100 Гц;
- температура в датчике, усилителе и блоке регистрации.

Магнитометр был откалиброван на магнитной станции "Байгазан" путем одновременных измерений с ИНТ-1.

Новый пункт регистрации было решено создавать на территории национального парка "Уч Энмек" в Онгудайском районе. Полевые магниторазведочные работы для изучения распределения поля в окрестности предполагаемого местоположения станции были проведены в период с 05.08.2017г. до 05.11.2017 г. при помощи пешеходного мобильного магнитометра MMPOS-1 на основе процессорного оверхаузеровского датчика POS-1 #285, принадлежащего лаборатории геофизики Горно-Алтайского государственного университета. Было проведено измерение нескольких участков, в итоге удалось найти площадку, в радиусе километра от которой поле меняется на 180 нТл, что для горных условий можно считать слабозмущенным полем, и может быть использовано для установки нового магнитометра. рис.2.

На площадке в окрестностях скотоводческой стоянки в 7 км от с. Бичикту Бом был организован пункт регистрации геомагнитных вариаций и КНЧ электромагнитного фона. На пункте наблюдения был установлен индукционный магнитометр разработки ГАГУ. Датчики были помещены в пластиковые трубы и закопаны в землю на глубину 30 см с ориентацией "север-юг" и "запад-восток". Питающий и информационный кабеля внутри металлопластиковой трубы выводились к ящику, содержащему усилитель и регистратор. Питание осуществлялось от расположенного в 100 м дома (стоянка на выпасе), к которому подведена стационарная линия электропередач 10 кВ. Питающий кабель прокладывался в металлопластиковой трубе и закапывался на глубину около 10 см. Предварительный анализ данных показал, что датчики регистрируют первые два шумановских резонанса (8, 14 Гц).

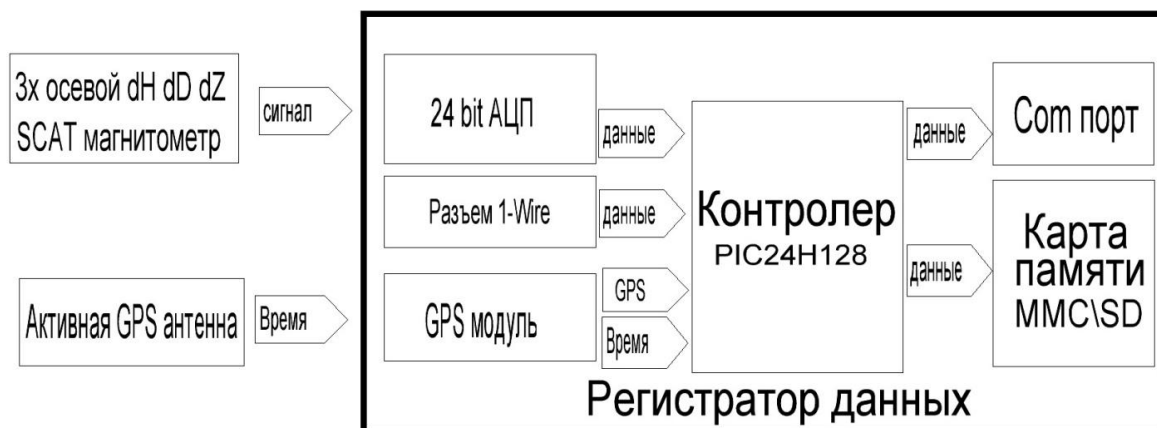


Рис.1. Блок схема регистратора.

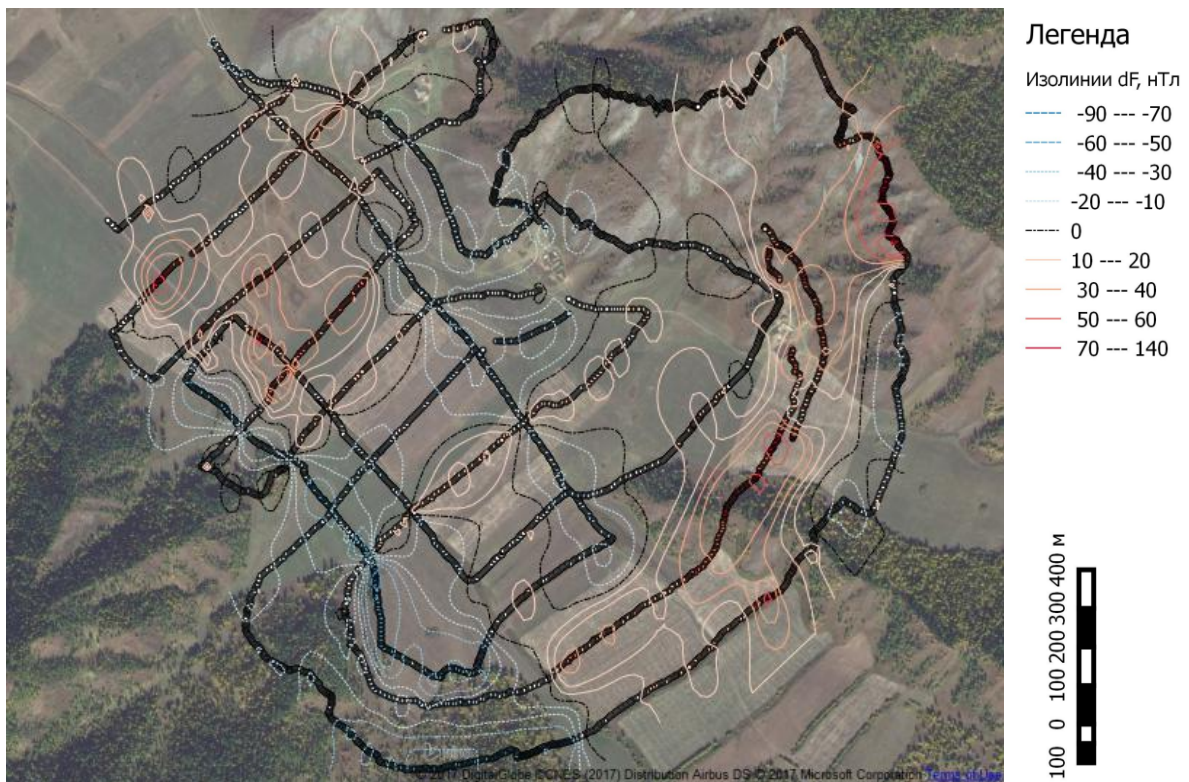


Рис.2. Картограмма распределения геомагнитного поля на участке установки нового измерительного пункта.

Работы выполнены при финансовой поддержке РФФИ: проект 16-45-040202_p_a.

Авторы выражают благодарность к.т.н. А.Ю. Гвоздареву, заведующему лабораторией геофизики ГАГУ за организацию работы и помощь в написании доклада.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нечаев С.А. Руководство для стационарных геомагнитных наблюдений. // Изд-во Института географии СО РАН – Иркутск 2006. - 140 с.
2. А.Ю. Гвоздарев, А.И. Бакиянов, А.А. Бетёв, П.Б. Бородин, С.Ю. Хомутов. Выбор места для размещения пункта регистрации магнитных вариаций на территории Горного Алтая // Научный вестник Горно-Алтайского государственного университета – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2010. - №5. – С.30-42.

УДК 553.43:550.8.04:550.8.053(470.5)

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА ПРИ ДЕТАЛИЗАЦИИ РУДНЫХ ПОДСЕЧЕНИЙ НА ЧУСОВСКОМ МЕДНО-ЦИНКОВОМ КОЛЧЕДАННОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Банникова Полина Александровна

e-mail: p.bannikova@mail.ru

ФГБОУ ВО Уральский государственный горный университет, Россия, Екатеринбург

Аннотация. Представлены результаты детализационных электроразведочных работ в рудной зоне Чусовского месторождения методами вызванной поляризации и электрической корреляции. Установлены сопротивления подстилающих и перекрывающих блоков пород. В рудовмещающей толще выделены зоны повышенного сопротивления в лежащем боку, связанные с преобладанием силикатной составляющей в рудно-метасоматических растворах, а также более электропроводные зоны, включающие уровни рудоотложения.

ELECTRICAL PROSPECTING FOR THE DETAILING OF ORE CUTS AT THE CHUSOVSKOE COPPER-ZINC KIES DEPOSIT

Bannikova Polina Alexandrovna

e-mail: p.bannikova@mail.ru

The Ural state mining university, Russia, Ekaterinburg

Summary. The results of detailed electro-prospecting works in the ore zone of the Chusovskoe deposit by the methods of induced polarization and electrical correlation. The resistance of the underlying and overlapping rock blocks. In the ore-bearing layer, zones of increased resistance in the recumbent side are associated with the predominance of the silicate component in ore-metasomatic solutions, as well as more electroconductive zones including levels of ore deposition.

Чусовское медно-цинковое колчеданное месторождение располагается на юге Свердловской области. Месторождение приурочено к вулканогенно-осадочным породам базальт-риолитовой формации восточного склона Красноуральско-Дегтярско-Карабашской гряды. Осадки палеосклона мощностью 500-800 м наклонены на восток под углом 60-80° и представлены чередованием прослоев базальтов, туфов дацитового состава, кварц-серицитовых и углеродисто-кремнистых сланцев, субвулканическими дайками риолитов, серпентинитов. Толща кварц-серицитовых сланцев сформировалась в пределах склоновой рудовмещающей депрессии по первичным кремнистым осадкам. Именно в сланцах и залегают линзовидные тела вкрапленных руд размером от 50 до 500 м [1,4].

Детализация геоэлектрического строения месторождения необходима для выделения уровней рудоотложения в модели эксгальционно-осадочного происхождения руд.

На участке месторождения были проведены детализационные работы методами вызванной поляризации, срединного градиента, электротомографии и электрической корреляции.

Для расчета ВП измерялось кажущееся сопротивление на двух частотах: 4,88 и 19,5 Гц [2]. Измерения проводились с разносами питающей линии АВ = 220 м, приемной линии MN = 5 м.

Значение вызванной поляризации рассчитывалось по формуле:

$$\eta_k = \frac{\rho_{f_2} - \rho_{f_1}}{\rho_{f_1}} * 100 \% ,$$

где ρ_{f_1} и ρ_{f_2} – сопротивления, рассчитанные на первой и второй частотах соответственно.

Значения кажущейся вызванной поляризуемости меняются в пределах 0,2 – 6 %. Максимумы 4-6 % на расстояниях профиля исследований 265-280, 285-300 м соответствуют зонам рудной медно-цинковой вкрапленности.

По геологическим данным [1,4], толща рудовмещающих кварц-серицитовых сланцев располагается на расстояниях 180-315 м. На отрезке 180-240 их сопротивление 400-800 Ом·м, что обусловлено повышенной долей кварца в составе флюида на начальном этапе формирования рудной метасоматической системы. А на отрезке профиля 240-310 м в сланцах, вмещающих три зоны вкрапленного оруденения, характерны сопротивления 200-400 Ом·м.

Детальный метод электрической корреляции в поисково-картировочном варианте проведен двухполюсной установкой АМ=40 м. Питающая линия перемещалась с шагом 10 м из лежачего бока, через рудную зону в висячий бок. От каждого заряда снят график потенциала с шагом приемной линии 5 м. Графики потенциала пересчитаны в градиент. При этом высокими значениями градиента выделены контакты электропроводной вмещающей толщи сланцев с высокоомными окварцованными горными породами и породами надрудной толщи справа [3]. Рассчитаны значения ρ_k для установки АМ. В пределах всей сланцевой зоны значения составляют 200 Ом·м, они характеризуют продольную составляющую сопротивления. Породы лежачего и висячего боков характеризуются сопротивлением 400 Ом·м. График сопротивления характеризует ρ_k на глубине 10-15 м.

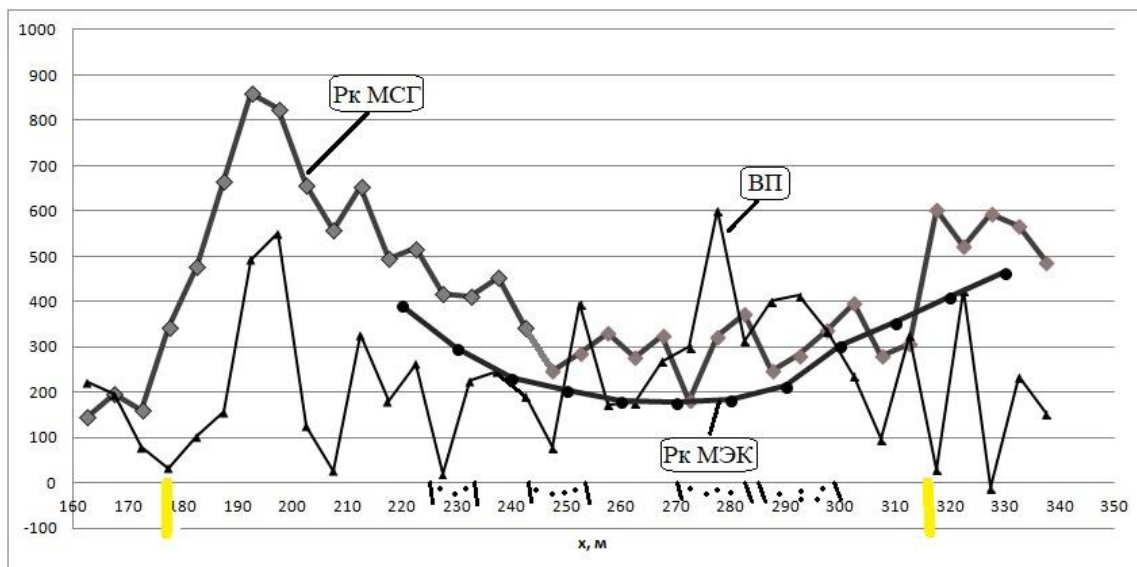


Рис. 1. Графики ρ_k и кажущейся поляризуемости. Указаны границы толщи кварц-серицитовых сланцев и предполагаемые уровни рудоотложения.

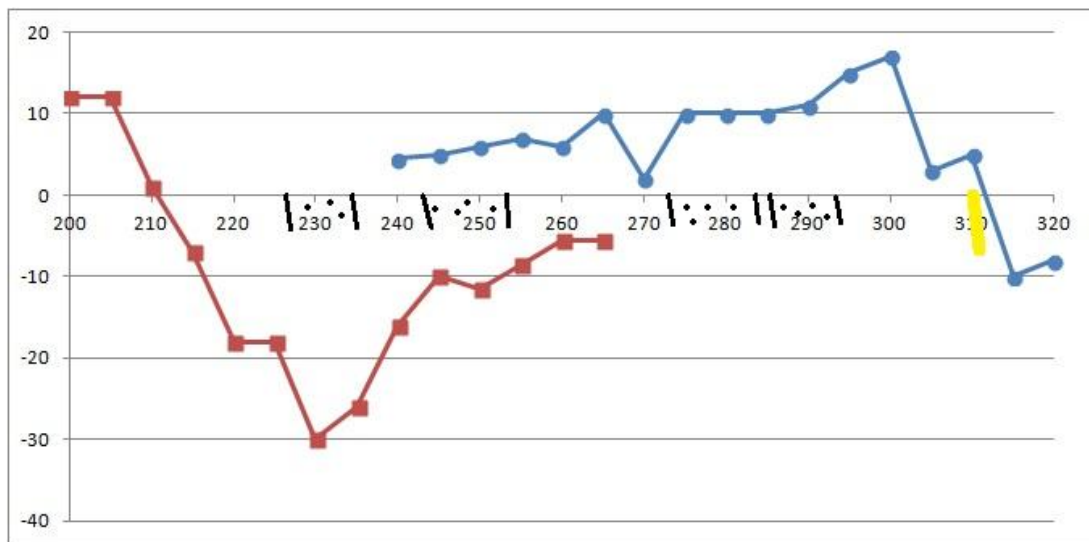


Рис. 2. Графики градиента потенциала по методу электрической корреляции.

Автор выражает огромную благодарность научному руководителю доценту, к.г.-м.н. Кузину А.В.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прокин В. А., Буслаев Ф. П., Исмагилов М. И. и др. Медноколчеданные месторождения Урала: геологическое строение // УрО АН СССР, Свердловск, 1988, 241 с.
2. Редозубов А. А. Электроразведка. Часть 1. Электроразведка постоянным током. Поляризационные методы электроразведки: Учебное пособие. 2-е издание, стереотипное // УГГУ, Екатеринбург, 2007, 328 с.
3. Семёнов М. В., Сапожников В. М., Авдевич М. М., Голиков Ю. В. Электроразведка рудных полей методом заряда // Недра, 1984. 216 с.
4. Смывина В. С., Кузин А. В., Наседкин А. П., Папулов Н. Б. Палеовулканические реконструкции Полевского рудного района // Уральский геологический журнал, 2000, № 3(15), С.107-117.

УДК 550.832.542

ВОПРОСЫ ДОРАЗВЕДКИ ОТЛОЖЕНИЙ МЯЧКОВСКОГО-ПОДОЛЬСКОГО ГОРИЗОНТОВ ПО ДАННЫМ ННК

Белоглазова Анастасия Алексеевна, Сорвачева Екатерина Юрьевна
e-mail: beloglazova-anastasija@rambler.ru¹, katerina199624@mail.ru²

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», Россия, г. Самара

Аннотация. Расширить возможности интерпретации импульсного нейтронного каротажа ННК в целях доразведки залежей углеродов. Методика выделения перспективных объектов строится на повышении времени жизни тепловых нейтронов τ_n относительно НГК, снижении декремента затухания λ_n относительно нейтронной пористости и функционала.

THE ISSUES OF FURTHER EXPLORATION OF THE DEPOSITS OF THE MYACHKOVO-PODOLSK HORIZONS ACCORDING TO NNC DATA

Beloglazova Anastasija Alekseevna, Sorvacheva Ekaterina Yurievna
e-mail: beloglazova-anastasija@rambler.ru¹, katerina199624@mail.ru²

Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Samara state technical University", Russia, Samara

Summary. To expand possibilities of interpretation by pulse neutron logging NNC for additional exploration carbon deposits. The selection technique of perspective objects is concerned with increasing construction in a lifetime of thermal neutrons concerning NGC decreasing in a logarithmic decrement of rather neutron porosity and it's functional.

Для доразведки и изучения отложений Мячковского и Подольского горизонтов Непаловской площади в нескольких скважинах были проведены комплексные геофизические исследования, включающие стандартный комплекс ГИС, НГК, ИННК и акустический каротаж.

Перспективные пласты выделялись по приращению логарифма показаний БК над показаниями НГК, по превыщению $\lg t$ над НГК, по снижению λ относительно функционала φ , снижению λ относительно ΔT .

В скважине 418 Непаловской площади комплекс ГИС-ИННК-АК позволил выделить загипсованные и доломитизированные интервалы (рис. 1).

1) Известняки плотные, непроницаемые (1397-1399 м, 1401-1404 м, 1432,5-1435 м) характеризуются высокими показаниями НГК, БК, t ; отсутствием приращения БК-НГК, t -НГК.

2) Известняки водонасыщенные (1440,5-1442,5 м, 1445-1447 м) характеризуются пониженными показаниями НГК, БК, t ; отсутствием приращения БК-НГК, t -НГК.

3) Известняки нефтенасыщенные (1412-1416 м, 1422-1426 м) при пониженных значениях НГК отмечаются высокими показаниями БК, t . Отмечается превышение БК над НГК, БК, t над НГК, снижение λ относительно φ .

4) Известняки загипсованные (1444-1445 м, 1452-1454 м) при пониженных значениях НГК характеризуются повышенными значениями БК как нефтенасыщенные. По нормализации БК и НГК отмечается превышение БК над НГК. Пониженные показания t выводят загипсованные породы из перспективных.

5) Известняки доломитизированные (1448,5-1450 м) характеризуются незначительным превышением БК над НГК. Превышение t над НГК, снижение λ относительно функционала φ характеризуют пропласток как ложно нефтенасыщенный. При комплексировании λ и ΔT признаки нивелируются. Доломитизированные породы отмечаются повышенными

показаниями t , в чистых доломитах значение t достигает 960 мкс, значения λ соответственно снижены. Интервальное время в доломитизированных породах также снижено, в чистых доломитах соответствует 142 мкс/м, в известняках доломитизированных – 142-150 мкс/м.

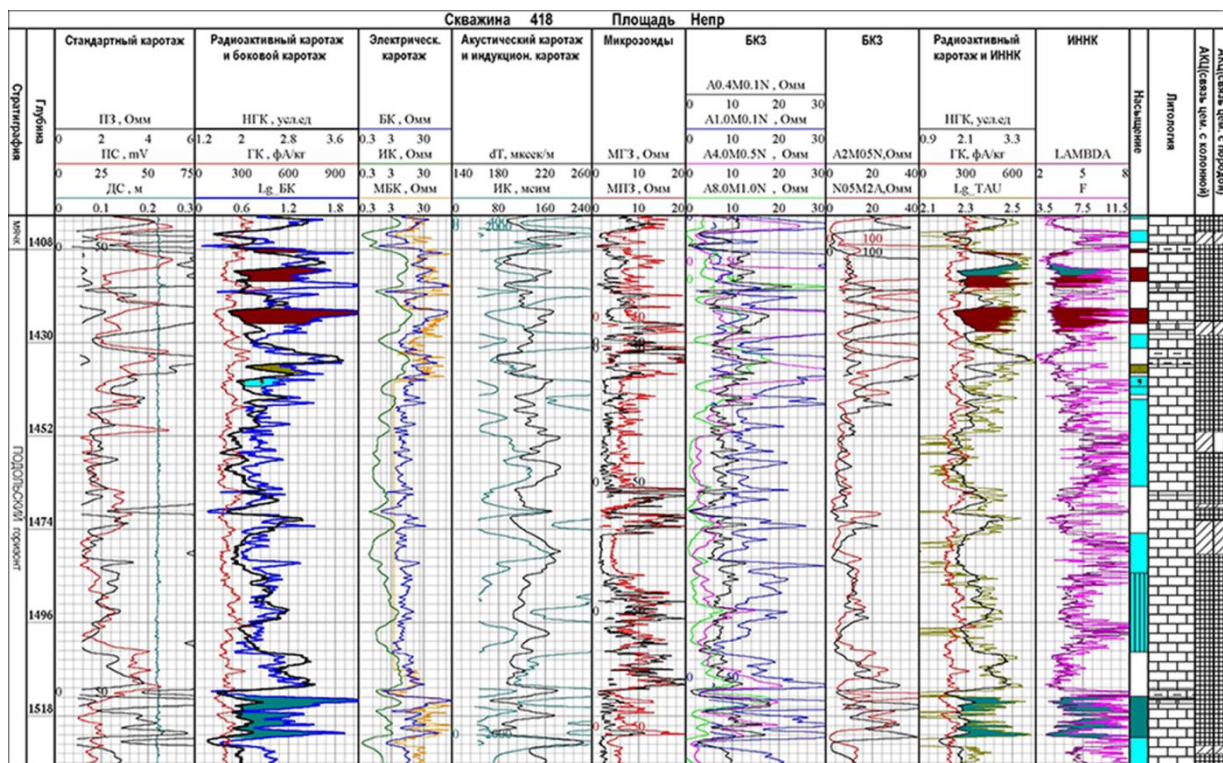


Рис. 1. Пример изучения разрезов скважин по комплексу ГИС открытого ствола и ИННК-КВ

Для комплексирования можно предложить графический способ.

Графический способ комплексирования λ и φ , с одной стороны, и λ и ΔT_n , с другой стороны.

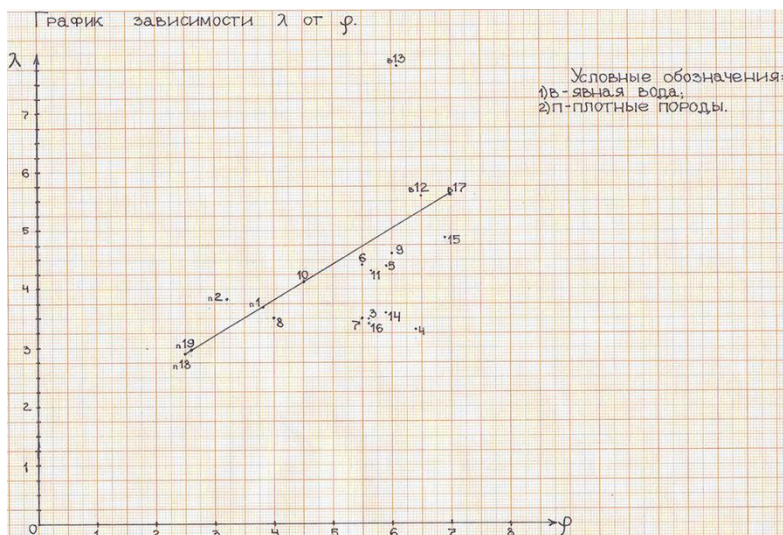


Рис. 2. График зависимости λ от φ

На первом графике (рис.2) перспективные объекты совмещаются по плотным и явно водонасыщенным породам. Плотным породам соответствуют значения низких λ и низких φ . Явно водонасыщенным – высокие λ и высокие φ . Перспективные объекты вычисляются снижением λ . Второй график (рис. 3) связывает λ и ΔT . Линия связывает плотные и явно

водонасыщенные породы. Плотные породы соответствуют низким значениям λ и низким значениям ΔT_n . Явно водонасыщенные – повышенным значениям λ и повышенным ΔT_n . Перспективные объекты оттеняются снижением λ . Количество перспективных точек уменьшилось. (добавить в каких интервалах)

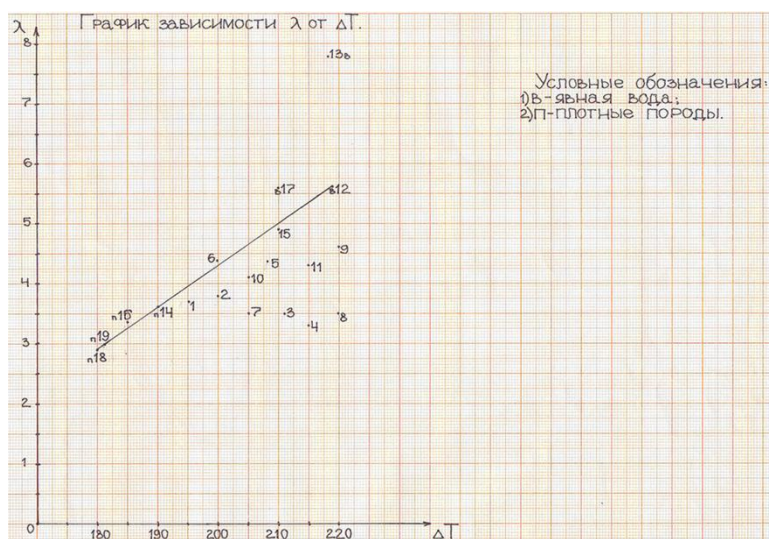


Рис. 3. График зависимости λ от ΔT

Предлагается комплексирование ИНК с акустическим каротажем (интервальным временем ΔT_n). Доломитизация действует на показания ΔT_n и λ_n в «одну сторону», в сторону снижения. В случае отсутствия АК ошибки неизбежны

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Латышова М.Г., Мартынов В.Г., Соколова Т.Ф. Практическое руководство по интерпретации данных ГИС. – М.: Недра, 2007.
2. Вендельштейн Б.Ю., Резванов Р.А. Геофизические методы определения параметров нефтегазовых коллекторов. – М.: Недра, 1978.
3. Интерпретация результатов геофизических исследований нефтяных и газовых скважин: Справочник/ Под ред. В.М. Добрынина. – М.: Недра, 1988.
4. Кривко Н.Н. Теория и методика импульсного нейтронного метода исследования скважин с компенсацией водородосодержания: Учеб. Пособие. – М.: МИНИГ им. Губкина, 1988.
5. Амурский А.Г., Школьников А.С. и др. Основные положения методики работ с двухзондовой аппаратурой ИНК-7. – М.: ВНИИгеоинформсистем, 1987.

УДК 550.31

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ОДНООСНОГО СЖАТИЯ

Бирюлин Сергей Викторович

e-mail: serrega2009@gmail.com

Институт геофизики УрО РАН, Россия, г. Екатеринбург

Аннотация. Проведены эксперименты по выявлению изменения проницаемости различных горных пород в условиях одноосного сжатия. Приведены графики изменения проницаемости, в зависимости от давления. Выявлены закономерности изменения проницаемости для пород различного состава.

CHANGES IN THE PERMEABILITY OF ROCKS UNDER UNIAXIAL COMPRESSION

Biryulin Sergey Victorovich

e-mail: serrega2009@gmail.com

Institute of geophysics Ural Branch of Russian Academy of sciences, Russia, Ekaterinburg

Summary. Experiments have been carried out to detect changes in the permeability of different rocks under uniaxial compression. Given graphs of permeability change depending on pressure. Shows regularities of the change of the permeability of rocks of different composition.

Изучением изменения проницаемости горных пород при увеличении давления занимались большое количество исследователей [1]. Главным образом, эти исследования касались изменения проницаемости коллекторов в условиях повышенных давлений. Основное внимание уделялось изучению проницаемости при условиях, существующих на нефтяных и газовых месторождениях [2]. То есть исследования ограничивались породами осадочного генезиса. Исследования, которые послужили основой для данной статьи, были инициированы результатами измерений объемной активности радона в шахтах при подготовке горных ударов. Наблюдаемые вариации объемной активности порового радона (ОАР) при подготовке горных ударов связаны в большей мере с изменением коэффициента эманирования горных пород, который, при сохранении РТ- условий в точке измерений, определяется содержаниями урана и тория, а также существующей проницаемостью горных пород. Как было отмечено ранее [3], поведение ОАР при подготовке горных ударов для условий Средне-Уральского бокситового района различается и зависит от того, в каких породах (известняки или бокситы) находится аппаратура, регистрирующая радон. Исходя из этих условий была поставлена задача изучить относительные изменения проницаемости для пород различного состава. Так как горные удары происходят в горных выработках, в условиях близких к условиям одноосного сжатия, то эксперименты по изучению изменения проницаемости проводились в условиях одноосного сжатия. На выбор этого условия повлияло и то обстоятельство, что в этом случае было достаточно просто организовать измерения ОАР.

Работа проводилась на лабораторном стенде (Рис.1). Лабораторный стенд включает в себя: 1 – гидравлический пресс; 2 – манометр; 3 – балластная камера; 4 – устройство для герметичного закрепления исследуемого образца; 5 - двухходовой вакуумный кран; 6 – коммуникационные соединения; 7- вакуумный насос. Нумерация составных частей приведена согласно рисунку 1.

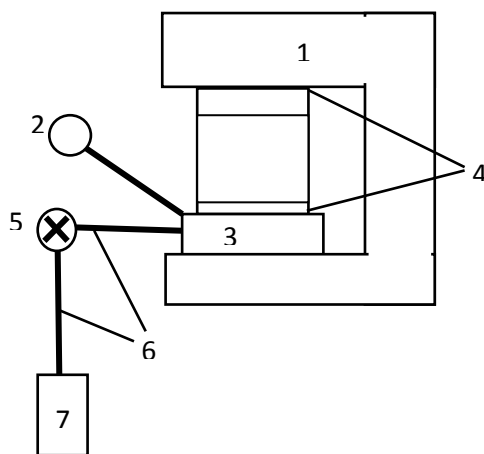


Рис.1. Схема лабораторного стенда

Исследования выполнялись с образцами цилиндрической формы (керна из скважин). Подготовленный чистый образец устанавливался в устройство 4 (Рис.1) и вместе с ним помещался под пресс. Далее собиралась измерительная схема согласно Рис.1. После сборки проверялась герметичность собранной установки при давлении на образец в 1 атмосферу. Эксперимент проводился следующим образом: с помощью вакуумного насоса, при открытом двухходовом кране, снижалось давление в балластной камере до 0,1 текущего атмосферного. Затем схема отключалась от вакуумного насоса с одновременным началом измерения времени. Измерялось время восстановления давления в балластной камере через каждые 0,1 атмосферы до достижения давления 0,9 атмосферы. До полного восстановления давления эксперимент не доводился из-за большого времени восстановления при небольшом градиенте давления. После завершения первого цикла, увеличивалось давление на образец на 2-5 атмосфер и измерения повторялись. Циклы увеличения давления продолжались до начала разрушения образца, которое фиксировалось по значимому увеличению проницаемости (уменьшению времени восстановления давления).

В зависимости от величины проницаемости образцов, измеряемые интервалы восстановления давления изменялись. Для образцов с небольшой проницаемостью измерялось время восстановления давления через 0,01 атмосферы. Цикл заканчивался до давления в балластной камере 0,2-0,5 атмосферы. Так как торцы образцов были закрыты уплотняющими алюминиевыми прокладками, то поступление наружного воздуха в образец и далее в балластную камеру происходило через его боковую поверхность.

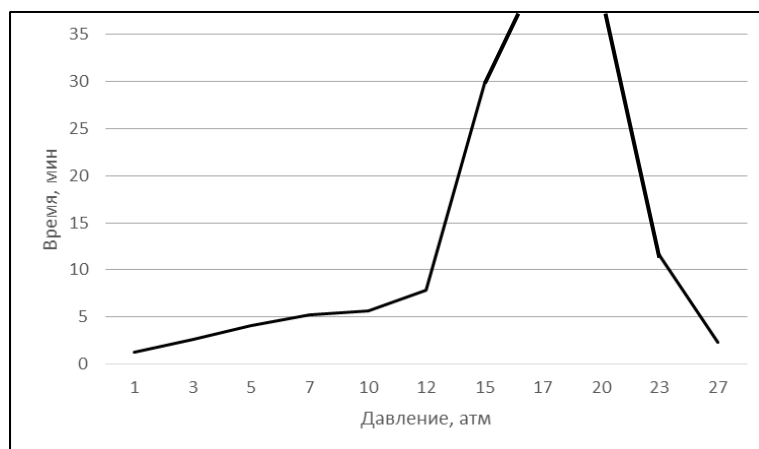


Рис.2. График изменения проницаемости для породы андезитово-базальтового состава

Исследования проводились на образцах эффузивных горных пород андезитово-базальтового состава, отобранных на колчеданных месторождениях Урала и на образцах

известняков девонского возраста с западного склона Урала. На рисунках 2 и 3 приведены кривые изменения проницаемости при увеличении давления для исследованных образцов горных пород андезито-базальтового состава.

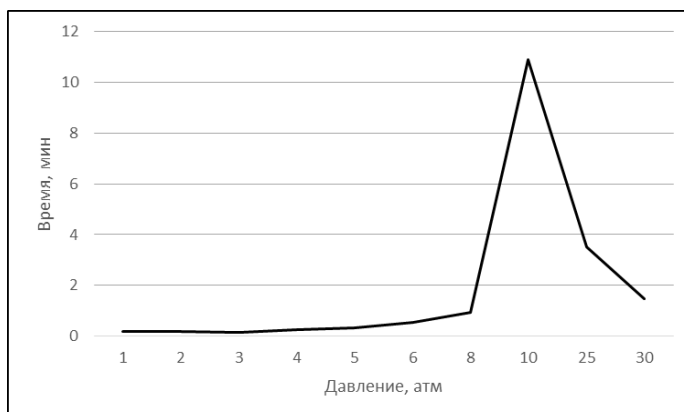


Рис.3. График изменения проницаемости для породы андезито-базальтового состава

На рисунке 4 показаны результаты, полученные для образцов известняков. Отличительная особенность изменения проницаемости исследованных образцов известняков при увеличении давления: практически отсутствие участка уменьшения проницаемости. Это говорит о том, что у измеренных образцов известняков практически отсутствует пластическая деформация. По достижению давления 20-30 атмосфер, начинает резко увеличиваться проницаемость, то есть образец начинает разрушаться.

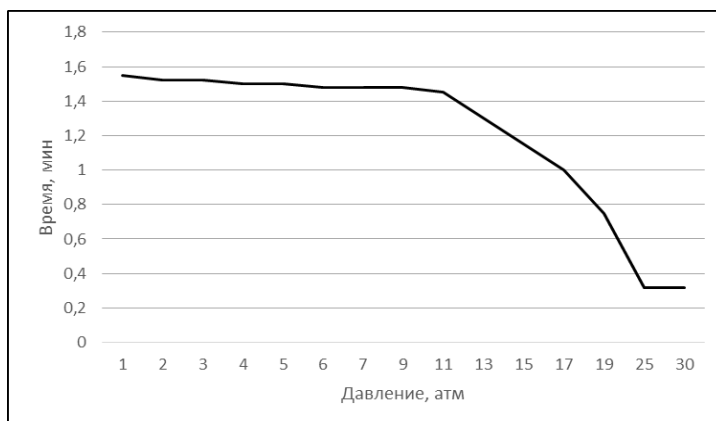


Рис.4. График изменения проницаемости для известняка

Выполненные исследования показали различный характер изменения проницаемости при увеличении одноосного сжатия для образцов горных пород различного состава. Общей закономерностью, кроме образцов известняков, является уменьшение проницаемости при увеличении внешнего давления на образец. При повторных исследованиях одного и того же образца, если он не был разрушен, кривые изменения проницаемости совпадали с полученными кривыми при первом нагружении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добрынин В.М., Вендельштейн Д.А., Кожевников М. Петрофизика. // М. Недра, 1991. 368с.
2. Дахнов В.Н. Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщенности горных пород // М.Недра, 1975. 334с.
3. Уткин В.И., Юрков А.К. Радон как «детерминированный» индикатор природных и техногенных геодинамических процессов // ДАН, 2009.Т.426, №6,С.816-820

УДК 550.834

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ
ИНЖЕНЕРНЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**

Бобров Валерий Юрьевич
e-mail: bvy1692@gmail.com
ГИ УрО РАН, Пермь, Россия

Аннотация. Одним из главных аспектов при проектировании инженерных сейсморазведочных работ является выбор источника упругих колебаний. От выбора источника зависит качество сейсморазведочных результатов и оперативность получения информации.

**THE COMPARATIVE ANALYSIS OF SOURCES OF ELASTIC VIBRATIONS FOR
ENGINEERING SEISMOPROSPECTING WORKS**

V. Y. Bobrov
e-mail: bvy1692@gmail.com
Mining Institute UB RAS, Perm, Russia

Summary. One of the main aspects at projection of engineering seismoprospecting works is the choice of a source of elastic vibrations. The quality of seismoprospecting results and efficiency of obtaining information depends on the choice of a source.

Инженерная сейсморазведка является значимым инструментом при изучении приповерхностной части разреза. В Пермском крае она хорошо зарекомендовала себя не только для целей инженерно-геологических изысканий, но и при мониторинге потенциально опасных участков в пределах подработанной территории Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС) [1,2].

Основным критерием получения достоверной информации является соответствие размеров изучаемых объектов поиска и разрешающей способности инженерной сейсморазведки, которая зависит от правильного выбора источников возбуждения упругих колебаний и параметров систем регистрации.

Выбор источника упругих колебаний при изучении приповерхностных отложений зависит от технологических, экономических, экологических и целого ряда других факторов [2]. Для глубин 50-100 метров известны различные типы источников упругих колебаний [4,5,6]. Их можно разделить на две группы: поверхностные и заглубленные. Первая группа включает кувалду, падающий груз, портативные вибраторы, воздушные пушки. Во второй выделяются взрывные (детонатор, малые заряды, сейсморужья) и невзрывные (электроискровой) источники.

Проведение инженерных сейсморазведочных работ в пределах градопромышленных агломераций, исключает применение сейсморужья, а также взрывных источников упругих колебаний. По этой причине, при мониторинге участков с техногенным изменением приповерхностных отложений на ВКМКС, используется два наиболее мобильных и простых в эксплуатации типа источника: кувалда и механизированный молот (типа AWD-33) [8]. В обоих случаях ударная система состоит из трех компонент: боек, плита-подложка, масса присоединенного грунта. Результаты расчетов [3] показывают, что в соответствии с требуемым частотным диапазоном ($f > 100$ Гц) при рыхлом поверхностном слое ($V = 300-400$ м/с), размер рабочей поверхности источника с энергией удара 300-500 Дж должен быть не более 15-20 см. При возбуждении упругих волн в местах с твердым покрытием (асфальт, бетон), можно производить удары и без применения плиты-подложки.

Полевые эксперименты выполнены методом отраженных волн в модификации общей глубинной точки (МОВ ОГТ). Шаг между пунктами приема (ПП) составил 4 метра. Между пунктами взрыва (ПВ) 8 метров. Использовались одиночные сейсмоприемники GS-ONE отличающиеся повышенной чувствительностью, низкими искажениями и высоким качеством сигнала [9].

Выбор количества накоплений на одном пункте возбуждения является компромиссным решением достаточности энергии регистрируемых отраженных сигналов при минимальных временных затратах. В качестве эксперимента, для механизированного молота было выбрано 4 накопления, для кувалды, 15 и 30 накоплений.

Для анализа полевых данных рассчитаны спектральные характеристики полевых сейсмограмм и их отношения. (Рис. 1).

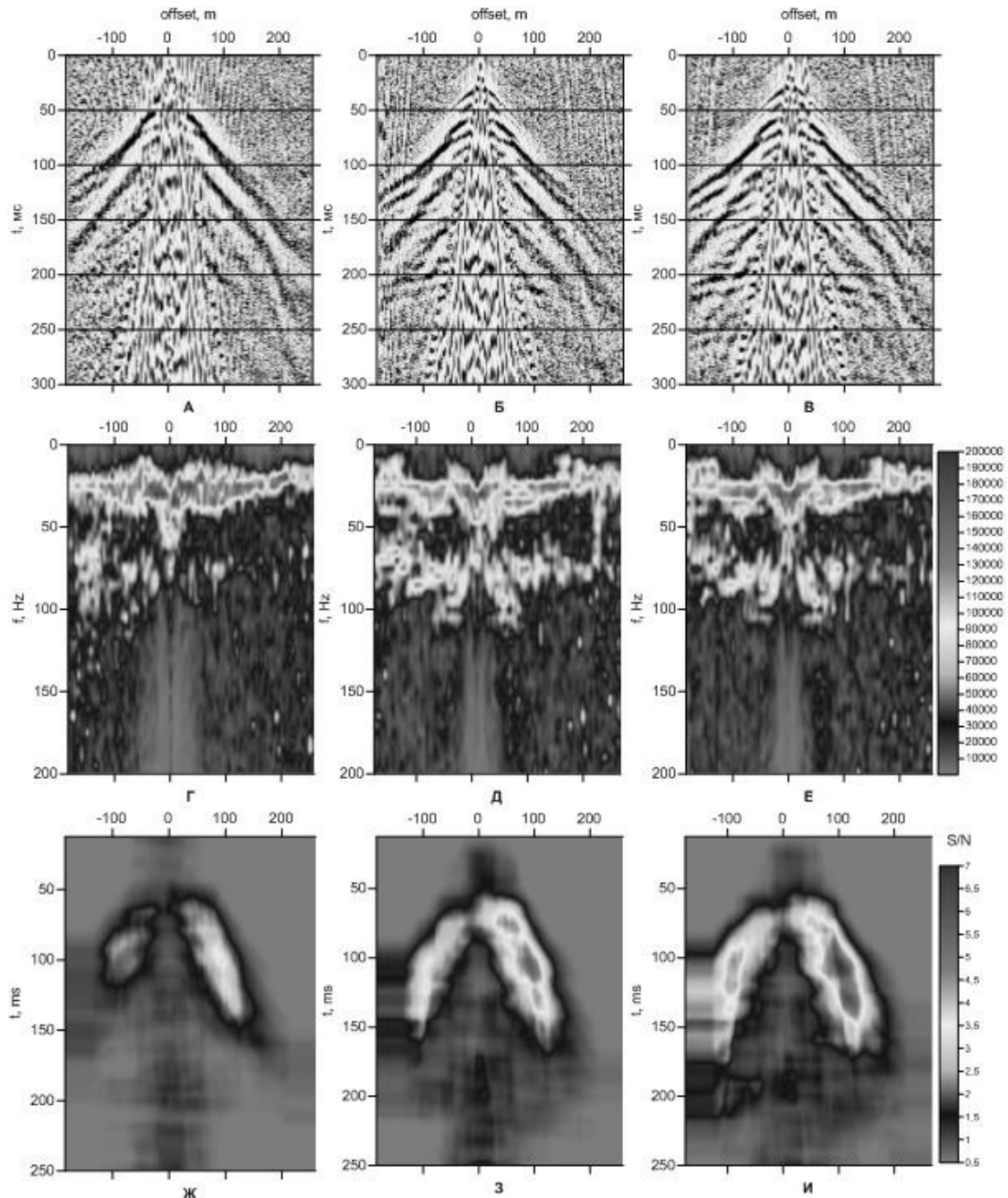


Рис. 1. Сейсмограммы, полученные с помощью А) механизированного молота - 4 накопления, Б) кувалды - 15 накоплений, В) кувалды - 30 накоплений; Г), Д), Е) – амплитудные спектры соответствующих сейсмограмм; Ж), З), И) – распределение отношения сигнал – помеха на сейсмограммах.

Ширина амплитудного спектра от обоих источников находится в пределах 10 – 150 Гц. Наиболее выраженный максимум в районе 20 – 40 Гц соответствует поверхностным и части преломленных волн. Участок спектра от 70 до 120 Гц отражает частотный состав отраженных волн. Очевидно, что при таком количестве накоплений (15 и 30) энергетические показатели сейсмической записи от кувалды выше, чем от механизированного молота. Так же, на сейсмограммах, полученных с помощью кувалды, отношение сигнал – помеха на отдельных участках отличается в 2 раза и более. Увеличение числа накоплений кувалдой с 15 до 30 не повлекло за собой значимого улучшения динамической выразительности сигналов и улучшения общей информативности регистрируемого волнового поля.

Полученные результаты позволяют говорить о преимуществе кувалды над механизированным молотом. Однако, как показывают замеры хронометража, отработка одной физической точки кувалдой даже при 15 накоплениях занимает в 3-4 раза больше времени, чем при работе механизированным молотом. Так же, работа кувалдой с большим количеством накоплений подразумевает в себе большие физические нагрузки. В следствии усталости присутствует необходимость в смене рабочего через каждые 5 – 7 физических точек, что является проблемой при ограниченном количестве людей.

Как показывает практика, требуемая оперативность при мониторинге опасных участков на ВКМКС составляет порядка 400-500 физических точек в день. Такие показатели не могут быть выполнены тем же составом бригад и комплектов оборудования при работе кувалдой.

Таким образом, для инженерных сейсморазведочных работ на территории ВКМКС, несмотря на более низкие динамические показатели, оптимальным является использование механизированного молота. Существующие перспективы повышения мощности механизированного источника могут быть связаны с усилением разгоняющих элементов (пружин), либо с повышением энергии единичного воздействия за счет использования компрессионо-вакуумных установок [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санфиров И.А., Ярославцев А.Г., Жикин А.А., Глебов С.В., Герасимова И.Ю. О перспективах малоглубинной сейсморазведки 3D на Верхнекамском месторождении солей // Геофизика. 2015. № 5. С. 6-11.
2. Санфиров И.А. Ярославцев А.Г. Опыт применения сейсморазведки ОГТ для решения инженерно-геологических задач // Геофизика. 2004. № 3. С. 27-30.
3. Санфиров И.А., Фатькин К.Б., 1997, Сравнительный анализ различных типов невзрывных источников для малоглубинной сейсморазведки. // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: Материалы региональной конференции/ Перм.ун-т.-Пермь.
4. Ярославцев А.Г., 2002, "BuildingGun" - новый источник для инженерной сейсморазведки. Проблемы комплексного мониторинга на месторождениях полезных ископаемых. Сборник докладов. Пермь: Горный институт УрО РАН.
5. Miller R.D., Pullan S.E., Waldne J.S., Haeni F.P., 1986, Field comparison of shallow seismic sources // Geophysics. V. 51, P. 2067-2092.
6. Hill I.A., 1992, Better than drilling? Some shallow seismic reflection case histories. // Quarterly Journal of Engineering Geology, №25, P.239-248.
7. Repin A.A., Tkachuk A.K., Karpov V.N., Beloborodov A.G., Yaroslavtsev A.G., Zhikin A.A. [2016] Engineering and analysis of independent movable compression–vacuum percussion source of P-waves in seismic survey. Journal of Mining Science, Vol.52 (1). doi:10.1134/S1062739116010236
8. <https://geodevice.ru/main/seismic/sources/awd/awd33>
9. <http://geospace-ufa.ru/catalog/geofony/gf-one.html>

УДК 550.831

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА КВАРЦЕВО-ЖИЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Борисов Алексей Викторович¹, Медведевских Илья Владимирович²
e-mail: aleks.ru380@gmail.com¹, ilya_medvedevskikh@mail.ru²

ФГБОУ ВО Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

Аннотация. Рассмотрено применение геостатистических методов интерпретации комплексной геофизической информации на кварцево-жильных месторождениях золота, с помощью двумерной взаимнокорреляционной функции.

INTERPRETATION OF INTEGRATED GEOPHYSICAL MEASUREMENTS ON QUARTZ-VEIN DEPOSITS

Borisov Alexey Viktorovich¹, Medvedevskikh Ilya Vladimirovich²
e-mail: aleks.ru380@gmail.com¹, ilya_medvedevskikh@mail.ru²
Ural state mining University, Ekaterinburg, Russia

Summary. The article deals with the application of geostatistic methods of integrated geophysical data interpretations on gold-quartz vein deposits as in the case of two-dimensional cross-correlation function.

В связи с увеличением объема геофизических работ на золото в районах Дальнего Востока необходима методика выявления месторождений золота по косвенным признакам. Это возможно с применением вероятностно-статистического подхода при обработке геоданных основанным на характерной особенности геофизических наблюдений, заключающейся в том, что полученные в отдельных точках данные следует рассматривать как случайные величины и процессы [1].

Целью работы является усовершенствование методики обработки комплексных геофизических данных для выявления перспективных территорий для кварцево-жильных месторождений золота Чукотского автономного округа.

Геология изучаемого участка представлена породами одной свиты риолит-базальтовой формации, имеющей яркое двучленное строение – нижняя и верхняя подсвиты. Нижняя подсвита, представлена туфами: риодацитов, низкощелочных риодацитов, дацитов, редко риолитов, образует фации, отличающиеся по структурно-текстурным особенностям. Верхняя часть пестрая по составу и строению. На площади широко представлены метасоматиты, кварцевые, карбонат-кварцевые и карбонатные жилы. Выявлены многочисленные зоны вторичных кварцитов, аргиллизитов, сульфидизации.

Целевым объектом поисков является кварцево-жильные образования изучаемого участка, с которыми связана золотосеребряная минерализация. Мощность жил 20 - 30 метров, реже до 50 метров. Длина жил до 200 метров.

На участке были проведены геофизические работы: магниторазведка, электроразведка, гамма спектрометрия (K,Th,U,) с сетью измерений 200×20 метров.

На первом этапе работы была применена экспресс-технология извлечения геологической информации с помощью идентификационных функций по результатам комплексных геофизических полей на территориях сложенных метасоматитами, результаты которой приведены в [2].

На следующем этапе рассчитана двумерная взаимная корреляция площадных измерений с эталоном для всей территории по данным магниторазведки и электроразведки рисунок 1. Для расчета ВКФ выбран эталонный участок, с установленным проявлением рудного процесса, с количеством измеренных точек 3×5. Проведено центрирование по всей

площади и нормировка полученных значений, на максимальную амплитуду аномалии. Переход к относительным значениям проводился по формуле двойного разностного параметра:

$$J_i = \frac{f_i - f_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}} \quad (1)$$

где f_i - значение поля в i точке;

f_{\min} и f_{\max} - минимальное и максимальное значение поля по всей площади.

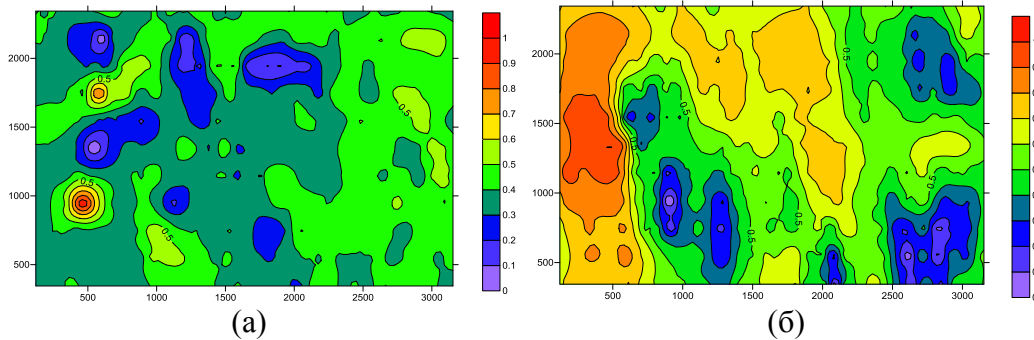


Рис. 1. Результат двумерной корреляции площадных измерений с эталоном а- магнитного поля, б- электрического поля.

По данным гамма спектрометрии корреляция проводилась только для южной части изучаемой площади из-за неравномерности сети и отсутствия данных в северной части. Результат представлен на рисунке 2.

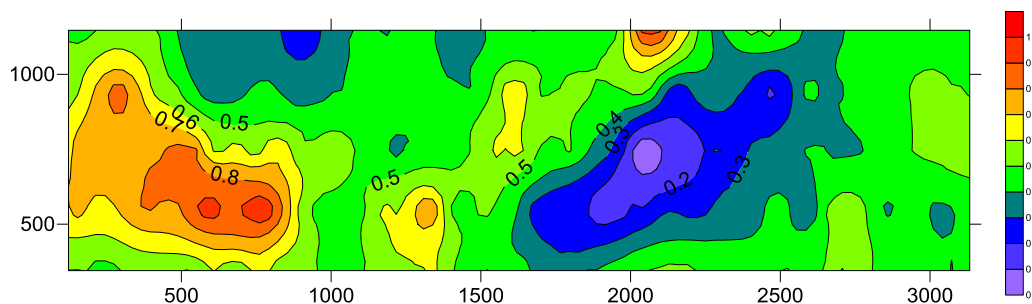


Рис. 2. Результат двумерной корреляции площадных измерений с эталоном по данным гамма спектрометрии.

По результатам измерений электрического поля выделение участков с близкими по свойствам к эталонному СВК, возможно по ВКФ не менее 0,7 в северной и центральной частях площади. В магнитном поле на большей части изучаемой территории низкое значение ВКФ, помимо небольшого участка на северо-западе. По данным гамма спектрометрий выделяем линейный участок, имеющий северо-восточное простирание в южной части изучаемой территории.

На последнем этапе проводилась комплексное истолкование данных по всем изучаемым полям для южной части и комплексу из магниторазведки и электроразведки для всей территории рисунок 3.

Так как все поля предварительно были переведены в относительный вид, то при комплексной интерпретации полученных данных для определения перспективных участков применялось суммирование одномоментных ВКФ рисунок 3.

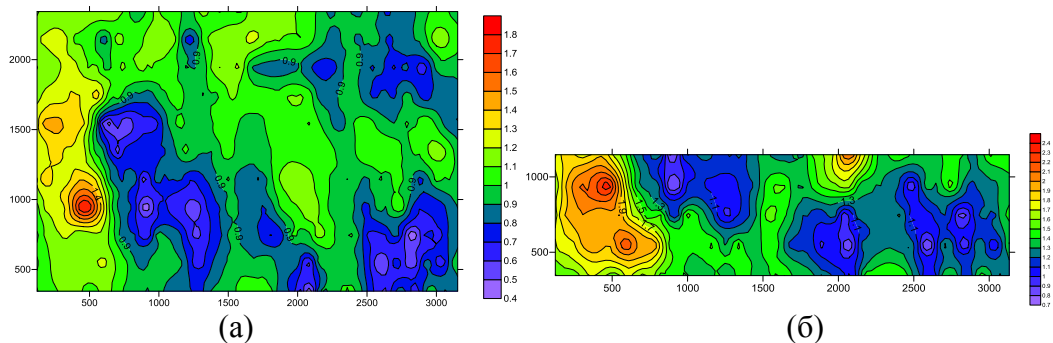


Рис. 3. Результат двумерной корреляции площадных комплексных измерений.
а - по всем методам, б - по электроразведке и магниторазведке.

По комплексу изучаемых методов, выделены области для постановки детальных работ на наиболее перспективных территориях изучаемой площади.

Нами были выделены шесть областей отвечающих по физическим свойствам целевому объекту. Так севернее и южнее эталонного участка выделяются наиболее вероятные территории распространения СВК. В центральной и северной части изучаемой площади, определены территории возможного проявления кварцево-жильных образований. В восточной и северо-восточной части участка выделены две области для постановки детальных работ, с целью более точного определения их соответствия эталону. Все выделенные зоны подтверждают результаты, полученные при определении зон развития метасоматитов на данной площади, выделение которых рассмотрены в [2].

Благодарность научному руководителю и преподавателям Уральского государственного горного университета.

Выражаем благодарность своему научному руководителю Виноградову Владиславу Борисовичу за ценные советы при планировании исследования и рекомендации по оформлению статьи.

Также хотелось бы сказать спасибо Крылатковой Надежде Анатольевне и Бельшеву Юрию Владимировичу за тесное сотрудничество, понимание, терпение и за проработку всего непонятного для нас материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин А.А. Статистические методы выделения геофизических аномалий /М.: Недра, 1979. - 280 с.
2. Борисов А. В., Виноградов В.Б. Физико-геологическое моделирование Эмской площади / Вопросы естествознания № 1 (13) ИРГУПС, 2017. 33-37 с.

УДК 550.832.9

НЕПРЕРЫВНЫЙ КАРОТАЖ ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Вдовин Алексей Геннадьевич

e-mail: agvd@bk.ru

Институт геофизики УрО РАН, г. Екатеринбург

Аннотация. Приведены результаты измерения в скважине методом естественного электромагнитного излучения. Предложена методика измерений при непрерывном подъеме скважинного снаряда. Показана эффективность исследований для оценки напряженно-деформированного состояния.

CONTINUOUS MEASUREMENTS OF THE NATURAL ELECTROMAGNETIC RADIATION

Vdovin Alexey

e-mail: agvd@bk.ru

Institute of Geophysics UB of RAS, Yekaterinburg

Summary. The results of measurement in well by natural electromagnetic radiation are presented. The proposed method of measurement with continuous rise of the downhole projectile. The effectiveness of studies to assess the stress-strain state is shown.

Информация о напряженно-деформированном состоянии геологической среды актуальна не только для областей с активной тектоно-вулканической деятельностью, а также для сейсмически спокойных районов. Это обусловлено наличием важных стратегических и производственных объектов. В настоящее время для изучения процессов трещинообразования широко применяются электромагнитные методы. В основе которых лежит регистрация механо-электромагнитных преобразования при изменении напряженно-деформированного состояния массива пород. К таким явлениям относятся трещинообразование и разрушение горных пород, смещение блоков относительно друг друга, и т.д.

При контроле над геодинамической обстановкой применяется мониторинг геофизических полей. В отечественной и зарубежной практике метод исследования электромагнитного излучения широко распространен, вследствие простоты регистрации сигналов и большого количества разнообразных средств обработки и анализа данных. Интерес ученых связан, в основном, с теоретическим изучением возникновения естественного электромагнитного излучения (ЕЭМИ), лабораторными экспериментами, с натурными исследованиями по установлению связи сигналов для прогнозирования землетрясений, лавиноопасности и селевого потока.

Как правило, исследования ЕЭМИ ведутся на поверхности, в скважинах, штольнях, горных выработках и проходческих тоннелях. Они проводятся в стационарно установленных точках, либо в поточечном режиме исследования и относятся к мониторинговым измерениям.

В скважинах на Северо-Тараташском участке (Южный Урал) была опробована методика непрерывных измерений при подъеме скважинного снаряда. Измерения выполнялись при помощи аппаратно-программного комплекса МЭШ-42 [2], разработанного в институте геофизики УрО РАН, позволяющего регистрировать ЭМИ в трех частотных диапазонах: 45 кГц (F1), 80 кГц (F2), 120 кГц (F3).

Северо-Тараташский участок приурочен к Куватальскому рудному горизонту, имеет сложное строение и состоит из чередующихся рудных и безрудных пластовых тел. Первые

представлены магнетитовыми кварцитами и магнетит-гиперстеновыми кристаллическими сланцами, а вторые – пироксеновыми и пироксен-плагиоклазовыми кристаллическими сланцами, амфиболовыми, пироксеновыми и гранатовыми кварцитами [1]. На рисунке 1 приведен пример поточечных (F) и непрерывных измерений (F_pod) естественного электромагнитного излучения. При исследовании отмечена сопоставимость полученных результатов.

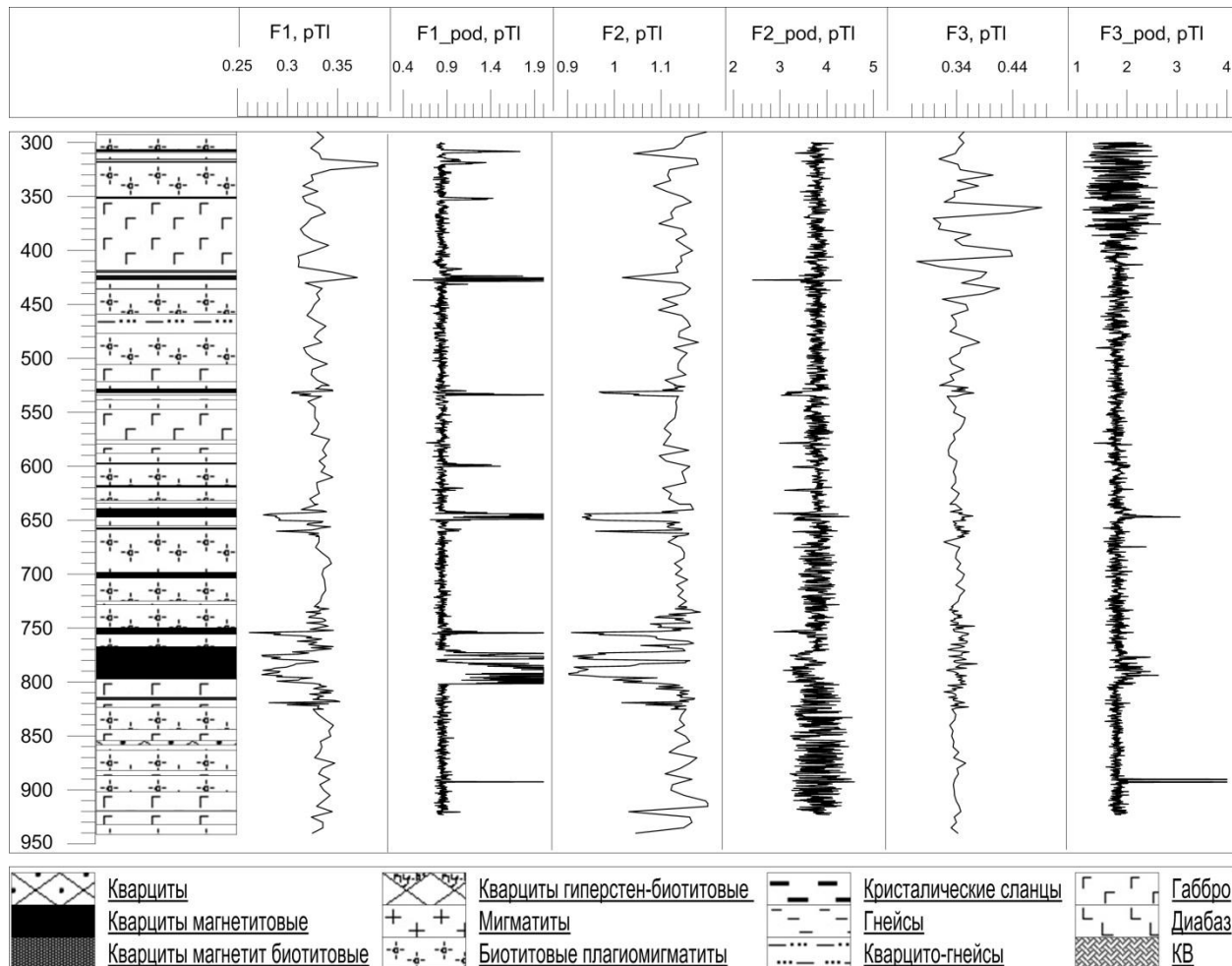


Рис.1. сопоставление картожа ЕЭМИ по точкам и при подъеме

Поточечные измерения показали:

1. По ЕМИ отмечаются понижение в зонах магнетитового оруденения. Можно предположить, что магнетитовый слой выступает своего рода «экраном», вследствие потери энергии электромагнитного сигнала в проводящей среде.
2. В интервале 300-430 м наблюдается высокая дифференциация кривой F3. Данный интервал пород является тектонически нарушенным.

По непрерывным измерениям прослеживаются некоторые различия:

1. Магнетитовое оруденение отмечается положительной аномалией по F1
2. По F3 отмечается интервал 300-400 м.

При подъеме скважинного снаряда на стенки скважины накладывается дополнительное механическое воздействие. Автор полагает, что постоянство аномалии и их уровень говорит о внутренних процессах напряженно-деформированного состояния пород, не связанного с технологическим разрушением при бурении, а изменение сигнала свидетельствует о нарушении массива пород в околоскважинном пространстве вызванного проходкой скважины.

Предложена новая методика измерения, основанная на первичном поточечном измерении в стволе скважине при спуске скважинного снаряда и повторной записи, которая

ведется непрерывно при подъеме. Непрерывный каротаж может дать не только дополнительную информацию о напряженно-деформированном состоянии, но и служить своего рода контролем точечных измерений и давать новые данные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреев Н.И.* Тектоника Тараташского моноклинория структуры рудного поля и окolorудные ореолы саткинских месторождений кристаллического магнезита (Южный Урал): Автореф. дис. ...канд.геол.-минерал. Наук. МГУ. М., 1995
2. *Астраханцев Ю.Г., Белоглазова Н.А., Баженова Е.А., Вдовин А.Г., Троянов А.К.* Аппаратурно-программный комплекс для скважинных исследований напряженно-деформированного состояния среды. // НТВ Каротажник, №5 (239), 2014. С. 39-51.

УДК 550.834

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРВЫХ ВСТУПЛЕНИЙ СЕЙСМОГРАММ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УЧАСТКА РАЗВИТИЯ КАРСТОВО-СУФФОЗИОННОЙ ВОРОНКИ

Волегов Евгений Алексеевич

e-mail: jenya.volegov@yandex.ru

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия, г.

Пермь.

Аннотация. Применение метода преломленных волн сейсморазведки для изучения верхней части разреза и геологических процессов, которые в ней происходят, в пределах УНБ «Предуралье». Показаны результаты обработки по двум циклам исследований и описаны отличия, связанные с развитием карстовых процессов в подстилающей карбонатной толще.

USE OF SEISMOGRAM FIRST ENTRIES FOR STUDYING AREA EXTENSION SINKHOLE

Volegov Evgeny

e-mail: jenya.volegov@yandex.ru

Perm State University, Russia, Perm

Summary. In the course of the work, the application of the method of refracted seismic waves was considered to study the upper part of the section and the geological processes that occur in it, within the framework of the ESB "Preduralye". The results of processing for two study cycles are shown and the differences associated with the development of karst processes in the underlying carbonate stratum are described.

В настоящее время сейсморазведка занимает ведущее место среди всех геофизических методов при поисках и разведке большинства месторождений полезных ископаемых не только на суше, но и на акваториях. Сейсморазведка также успешно используется для изучения верхней части разреза и геологических процессов, которые в ней происходят, в том числе и карстовых явлений.

Карст – физико-химический процесс растворения и выщелачивания поверхностными и подземными водами карстующихся горных пород (карбонаты, сульфаты, галоиды). При развитии карстовых процессов образуются различные геологические образования: подземные (пещеры, пустоты) и поверхностные, среди которых наиболее распространены воронки.

В ходе данной работы рассматривалась карстовая воронка, которая образовалась в на территории учебно-научной базы «Предуралье» в 2015 году, располагающегося в пределах Кунгурского и Кишертского районов Пермского края. В пределах заказника интенсивно протекают подобные процессы, приуроченные к известнякам нижнего отдела пермской системы. По имеющимся данным бурения скважин верхний слой представлен рыхлыми глинами, а подстилающий - трещиноватыми известняками пермского времени осадкообразования. [1]

Материалы, используемые в работе, получены при полевых работах в рамках профильной практики по геофизике студентами геологического факультета ПГНИУ.

Для изучения использовались материалы метода преломленных волн сейсморазведки, полученные по сети ортогональных профилей. Наблюдения проводились дважды: в 2015 и в 2016 годах по одной и той же сети профилей. В центре сети профилей наблюдения расположена карстово-суффозионная воронка.

Расстояние между профилями по обоим циклам наблюдений составляло 7 м. При проведении работ использовалась центральная система со следующими параметрами (2016 и 2015 гг.):

- $\Delta X_{\text{ПВ}} = 1$ и 2 м;
- $\Delta X_{\text{ПП}} = 1$ и 2 м;
- $L_{\text{min}} = 0$ м;
- $L_{\text{max}} = 14$ и 16 м;
- База наблюдений 14 и 16 м;
- $n = 8$ и 16;
- Без выноса ПВ.

При учебных сейсморазведочных работах использовались:

- Сейсмоприемники для преобразования механических колебаний почвы в электрический сигнал,
- 8 и 16-канальные сейсмические косы для передачи сигналов от сейсмоприемников к сейсмической станции;
- Кувалда – невзрывной источник возбуждения упругих колебаний;
- Телеметрическая сейсморазведочная станция IS-48, для визуализации получаемых сейсмограмм и сохранения информации.

После расстановки сейсмоприемников упругие колебания возбуждались невзрывным источником малой мощности (кувалдой) с использованием металлической пластины для расширения спектра сигнала. Каждый профиль обрабатывался отдельно и при выполнении работ получены сейсмограммы, использованные для дальнейшей обработки и интерпретации с использованием программы SPS-PC (Seismic Processing System). На первом этапе коррелировались оси синфазности первых вступлений для дальнейшего расчета скоростей продольных волн и мощностей четвертичных отложений.

В результате обработки построены карты распределения скоростей продольных волн в толще четвертичных отложений (рис. 2) и карбонатной толще раннепермского возраста (рис. 3), а так же карты мощностей четвертичных отложений (рис. 1).

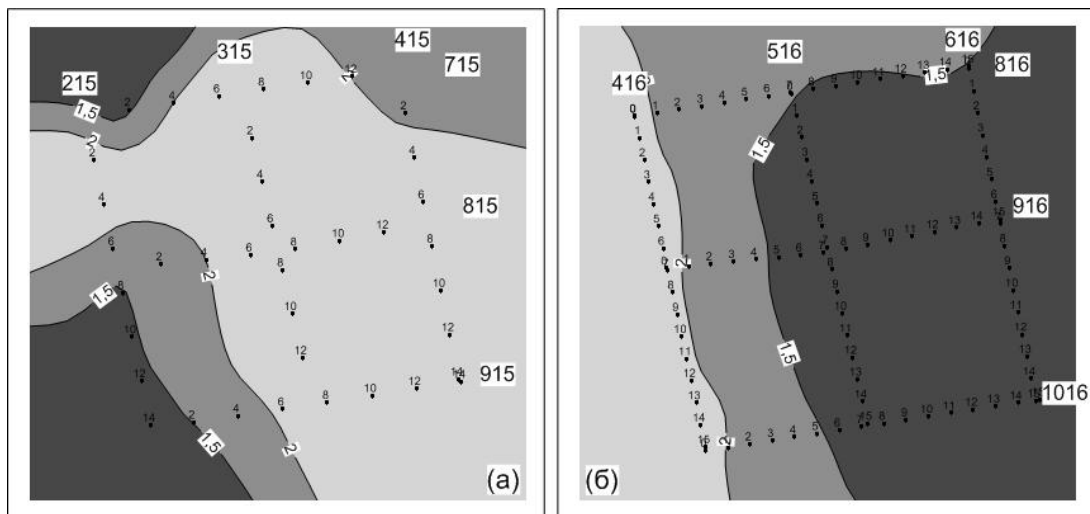


Рис. 1. Карты мощностей четвертичных отложений в 2015 г (а) и в 2016 г (б)

Мощности четвертичной толщи в 2015 году на большей части изучаемого участка были более 2 м.

В 2016 году мощность толщи четвертичной образований на западе увеличилась до 2 м. Наблюдалось уменьшение мощности в восточном направлении.

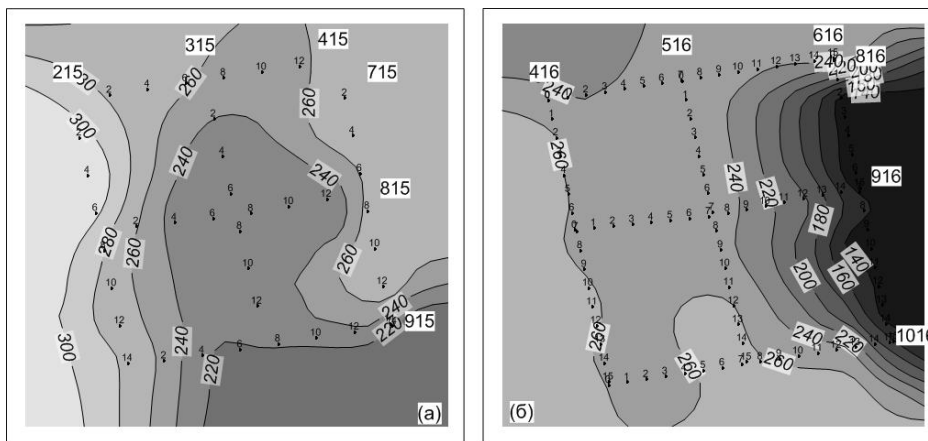


Рис. 2. Карты распределения скоростей продольных волн в четвертичных отложениях в 2015 г (а) и в 2016 г (б)

В 2015 году скорости продольных сейсмических волн в четвертичных отложениях имели максимальные значения в западной части изучаемого участка. Понижение значений скоростей происходило в юго-восточном направлении.

В 2016 году скорости продольных сейсмических волн в четвертичных отложениях на изучаемом участке уменьшились относительно данных 2015 г. Наблюдается значительное падение скоростей в восточном направлении.

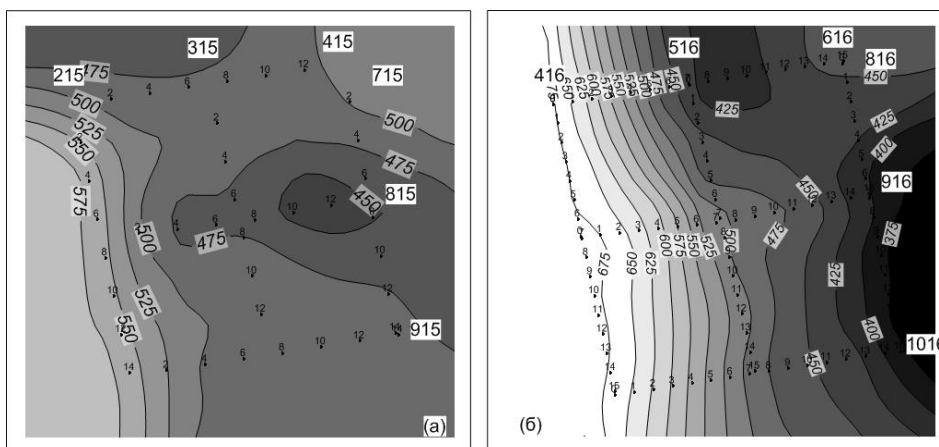


Рис. 3. Карты распределения продольных скоростей в нижнем слое трещиноватых известняков в 2015 г (а) и в 2016 г (б)

Скорости продольных волн в нижнем слое в 2015 году принимают наибольшие значения на западе, а минимальные - вблизи карстово-суффозионной воронки.

В 2016 году скорости продольных волн в подстилающей толще существенно изменились относительно предыдущего цикла исследований. В восточном направлении можно наблюдать достаточно резкое падение скоростей.

Мониторинговые исследования позволили установить изменения в верхней части разреза, проявляющиеся уменьшением мощности четвертичных осадков в восточном направлении с течением времени, вероятно, обусловленным проседанием поверхности наблюдений. Данный процесс сопровождается изменением скоростей продольных волн в покрывающих и подстилающих отложениях. Наблюденные изменения связаны с развитием в карбонатной толще карстовых процессов и увеличении изучаемой карстово-суффозионной воронки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заказник «Предуралье», Вестник Пермского Университета, Научный журнал. 2000 г.

УДК 550.31

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ОЛИСТОЛИТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНОГО МАССИВА ПИЕНИН

*Ворошилов Владислав Алексеевич¹, Асанова Кристина Игоревна², Михайлюк Софья
Александровна³*

e-mail: vlad13a@gmail.com¹, asanovakris@gmail.com², sonmih17@gmail.com³

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия, Пермь

Аннотация. В сентябре 2017 года на участке Пиенинского рифивого пояса были проведены сейсморазведочные и электроразведочные исследования в окрестности зоны предположительного залегания олистолитов. Работы проходили в рамках SEG field camp 2017, который был организован SEG Student Chapter Cracow. Геофизические исследования были спонсированы SEG, SEG Foundation и TGS.

COMPLEX GEOPHYSICAL RESEARCH IN THE LOCALIZATION OF OLISTOLITS ON PIENINY KLIPPEN BELT

Voroshilov Vladislav¹, Asanova Kristina², Michayluk Sof'ya³

e-mail: vlad13a@gmail.com¹, asanovakris@gmail.com², sonmih17@gmail.com³

Perm state national research university, Russian Federation, Perm

Summary. In September 2017, seismic and electro-prospecting studies were carried out in the area of the Pieniny Reef belt in the vicinity of the zone of presumed occurrence of olistoliths. The works were part of the SEG 2017 Field Camp, which was organized by the SEG Krakow Student Chapter. The geophysical research was sponsored by SEG, SEG Foundation and TGS.

В период с 24 по 29 сентября 2017 года студенты Польши, Украины, России, Египта приняли участие в полевом лагере организованном SEG Krakow Student Chapter. Лагерь проходил на территории Польши, в г. Краков и в г. Клушовица. Объектами изучения стали гора Вдзар (магнитометрические исследования) и участок предполагаемого залегания олистолитов близ деревни Фалзтин (сейсморазведочные и электроразведочные работы). В данной статье рассматриваются результаты исследований последнего из объектов (рис. 1).

Пиенинский рифовый пояс (ПРС) представляет собой длинный (550 км) и узкий (от сотен метров до двадцати километров в ширину) антиклинорий, характеризующийся частично горстрообразной, частично диапировой структурой.

Антиклинорий берет свое начало от бассейна реки Вена следует к Пиенинским горам, отделяя два великих флишевых региона: Магура на севере и внутренний Карпатский на юге. Далее складчатый пояс проходит через восточную Словакию, Закарпатскую Украину. Информация о тектонике данной структуры в этих регионах имеется в малом количестве [1].

Тектоника польской секции ПРС смешанная. Компоненты тектоники разновозрастные. Сложно отличить отдельные части друг от друга. До палеогенового периода пояс принадлежал к осадочному региону центральных Карпат. В Палеогене же ПРС, к западу от Уяка, принадлежал к главной части осадочного региона внешних Карпат. К югу от пояса основные орогенные тектонические движения принадлежат к ларамидовой и пост-палеогеной фазе. Предшествующие складчатости принадлежали к среднему эоцену. К северу от пояса главные движения относятся к савианской фазе. В основном пояс сложен из серии глубоководных и мелкоководных известняков, образовывавшихся начиная с ранней юры, заканчивая поздним мелом [2].

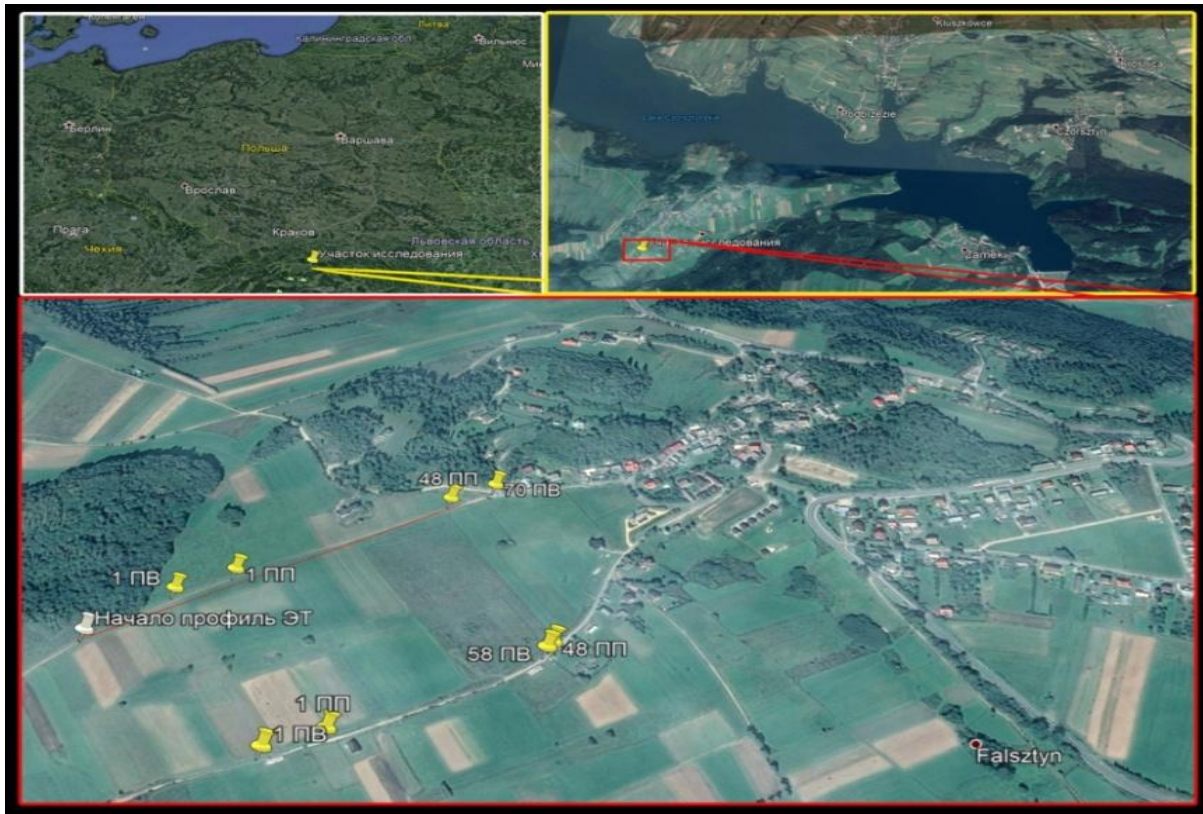


Рис. 1. Участок исследования

Целью сейсморазведочных и электроразведочных работ являлась локализация возможных олистолитов в разрезе на участке исследований. Олистолит представляет собой отдельную глыбу или пачку слоев значительной мощности и протяженности, сползшую под действием силы тяжести вниз по склону морского бассейна и захороненную в осадочных породах. Сейсморазведочные исследования выполнены по двум параллельным профилям, расстояние между которыми составило 240 м. Система наблюдений на профиле № 1 имела 48 пунктов приема (ПП) и 70 пунктов возбуждения (ПВ), расстояния между ПП и ПВ – 5 метров, общая длина профиля – 350 м; на профиле № 2 — 48 ПП, 58 ПВ, расстояние между ПП и ПВ (48 ПВ совпадали с ПП) – 5 метров, общая длина – 290 метров. Используемое оборудование – малоглубинная сейсмостанция. Первоначально планировалось выполнить обработку по методу отраженных волн (ОВ), но в связи со сложной геологией данной местности (субвертикальное залегание прослоев известняков на отдельных участках), отраженные волны не наблюдались, соответственно была проведена обработка методом преломленных волн (ПВ). Обработка происходила в программе RadExPro 2014.

Электроразведка была выполнена лишь по одному профилю №1 в модификации электротомографии. Количество электродов – 84, длина профиля – 420 метров, измерения проводились с использованием дипольной установки. Используемое оборудование – электроразведочная аппаратура «SuperSting» (Advanced Geoscience Inc., США). Для обработки инверсии данных была использована программа Res2DInv.

Анализируя разрез кажущихся сопротивлений, полученный инверсией данных электротомографии (рис. 2), можно сказать, что в центральной части профиля возможно наличие олистолита, о чем свидетельствует зона повышенных сопротивлений (ЗПС). Повышенное сопротивление вероятно вызвано значительным разрушением объекта. Очевидно, олистолит обнаруживает себя и в левой части профиля и скорее всего простирается далее за его пределы.

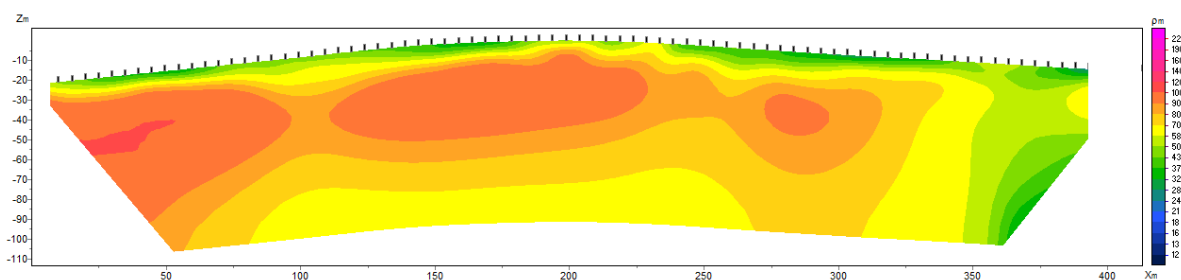


Рис. 2. Разрез кажущихся сопротивлений

Анализируя разрез скоростей по первому профилю (рис. 4), полученный в результате обработки МПВ можно выделить увеличение глубины зоны пониженных скоростей, за которой следует резкое увеличение скоростей. Такая картина может свидетельствовать в пользу наличия олистолитов в данной части разреза и коррелирует с информацией, полученной по электротомографии. На втором профиле (рис. 5) прослеживается аналогичная аномалия, как по характеру, так и по положению.

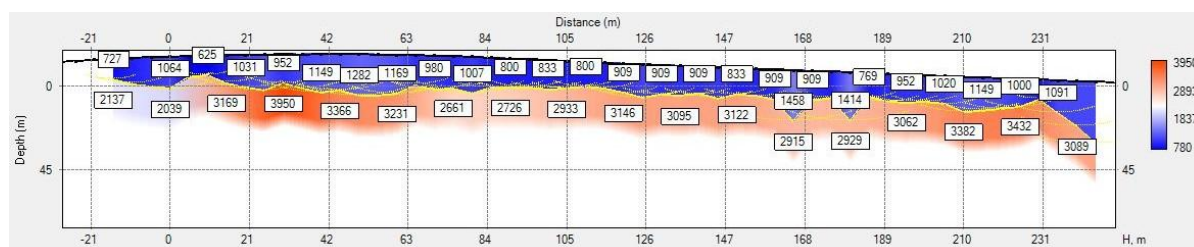


Рис 3. Скоростной разрез по первому профилю

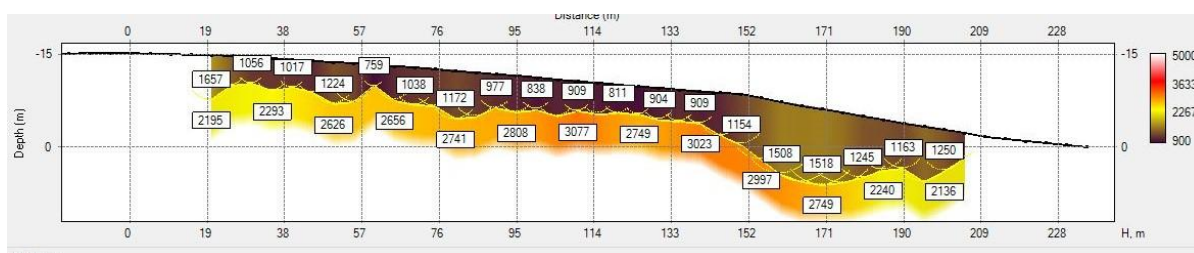


Рис . 4. Скоростной разрез по 2 профилю

В результате обработки и интерпретации данных были получены скоростные разрезы и разрезы кажущихся сопротивлений, на которых отчетливо прослеживается зона предполагаемого залегания олистолитов.

Авторы статьи выражают благодарности организаторам полевого лагеря - *SEG Student Chapter Cracow* и их спонсорам - *SEG, SEG Foundation and TGS*, а также своим научным руководителям – Пугину А.И., Митюниной И.Ю. за обсуждение результатов работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. K. Birkenmajer. *Geology of the Pieniny Klippen Belt of Poland*, Wien, 1960. 36 pages.
2. Geotouristical values of the Pieniny Klippen Belt and Tatra Mountains regions (Poland). Michal Krobicki, Jan Golonka. *Przeglad Geologiczny*, vol. 56, nr 8/1, 2008 pages 670 – 679.

УДК 550.34

**ОБЗОР СЕЙСМИЧНОСТИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА ЗА 2017 ГОД ПО
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ**

Войтова Анастасия Сергеевна
e-mail: voitova.as@gmail.com
ФИЦ ЕГС РАН, г. Пермь

Аннотация. В работе представлены результаты сейсмического мониторинга в 2017 г на территории Северо-Западного Кавказа. За период 2017 г. зарегистрировано 355 событий, шесть из которых вызвали макросейсмические проявления на территории.

**REVIEW OF SEISMICITY OF THE NORTHWEST CAUCASUS BY INSTRUMENTAL
DATA IN 2017 YEAR**

Voitova Anastasia
e-mail: voitova.as@gmail.com
FRC GS RAS, Perm

Summary. Presents the results of seismic monitoring in 2017 in the territory of the North-Western Caucasus. During the period of 2017, 355 events were registered, six of which have the macroseismic effects in the territory.

В 2017 году сеть сейсмических наблюдений на территории Северо-Западного Кавказа состояла из 17 сейсмических станций (рис. 1), 8 из которых находились непосредственно в зоне Причерноморья. В целом сейсмическая сеть в Причерноморье позволяет регистрировать землетрясения с энергией $K_{пред.}=8.0$.

За период инструментальных наблюдений в 2017 г в пределах территории западной части Северного Кавказа зарегистрировано 298 событий (рис. 1). Из зарегистрированных сейсмических событий 56 промышленных взрывов, 1 взрыв склада с боеприпасами. Магнитуда M_L зарегистрированных событий колеблется от 1.5 до 4.7, глубины землетрясений h от 1 до 66 км.

Из общего количества зарегистрированных событий, 6 землетрясений имели макросейсмические проявления (табл. 1) по данным ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск.

Три землетрясения произошли 8 августа в 04:08:47 (UTC) и 05:32:18 (UTC) и 16 июня в 18:17:33 в Анапско-Новороссийско-Геленджикской зоне (табл.1). Данная зона характеризуется повышенной сейсмической активностью. Здесь, в XIX–XX столетиях ощущалось большое количество 6-балльных толчков [2]. Один из них – в 1909 г. – имел интенсивность 6–7 баллов. В 1879 г. в нижнем течении р. Кубани на большой территории ощущалось 7-балльное землетрясение. Позже здесь произошли Анапское 12.07.1966 ($M = 5.2/5$, $I_0 = 7$ баллов) и Нижнекубанское землетрясения 9.11.2002 ($M_S = 4.5$, $I_0 = 6$ баллов). [1,3]

Данная зона в тектоническом отношении зона включает в себя следующие элементы:

- южная часть Индоло-Кубанского краевого прогиба, являющегося частью Азово-Кубанской впадины, сочленяющей структуры Большого Кавказа со Скифской плитой;
- Керченско-Таманская зона поперечного погружения;
- район Черного моря, лежащий между прогибом Сорокина, протягивающимся вдоль крымского побережья и Туапсинским прогибом, вытянутым вдоль кавказского побережья;
- западные отроги Большого Кавказа [1,2].

Если проследить распределение эпицентров землетрясений во времени с 2013 по 2016 гг, то можно выявить, что большинство из них приурочено к структурам общекавказского простираения (рис. 2 а). Однако в 2017 г эпицентры землетрясения располагаются в поперечных структурах. Возможно, именно активизацией данной зоны могут быть объяснены макросейсмические проявления трех произошедших событий.

Два других события произошли 21 мая в 17:35:03 (UTC) и 24 августа в 09:14:11 (UTC) в районе городов Армавир и Невинномысск (рис. 2 б) которые произвели макросейсмический эффект на близлежащей территории (табл. 1). Данная территория относится к центральному Предкавказью (центральная часть зоны Маньчских прогибов, Ставропольский свод, Восточно-Ставропольская впадина) [1,3]. С 2013 г. был накоплен достаточный объем данных о землетрясениях, полученный в результате инструментальных наблюдений для выделения данной территории в отдельную сейсмогенерирующую зону. В 2016 г. на территории данной зоны также наблюдались макросейсмические проявления. [2]

Ощутимое землетрясение произошло 28 сентября в 03:35:10 (UTC) в Сочи-Краснополянской зоне (рис.1). Данный район характеризуется сложным тектоническим строением и наличием сейсмоактивных разрывных зон. За последние 150 лет произошел ряд сильных ощутимых землетрясений в районе г. Сочи с $M=7-8$ (в 1870, 1955, 1959 и 1970 гг).[2]

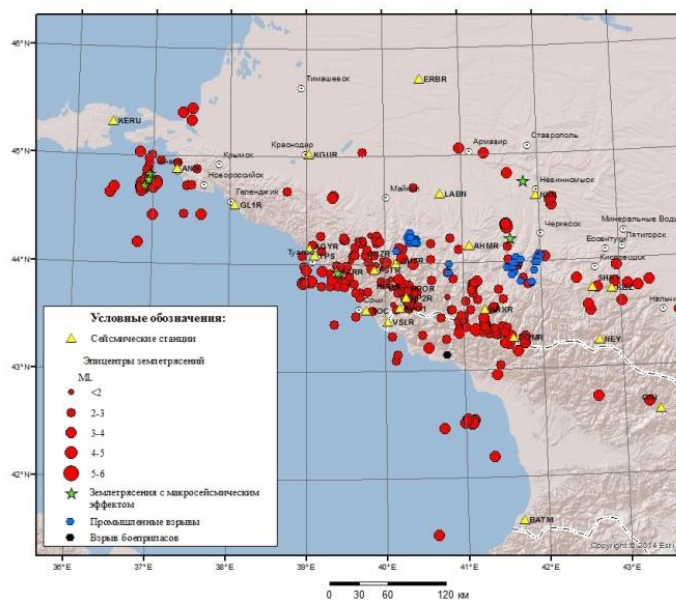


Рис. 1 – Карта распределения эпицентров сейсмических событий в 2017 г.

Таблица 1
 Параметры землетрясений с макросейсмическими проявлениями на территории Северо-Западного Кавказа в 2017 г.

№	Дата	Время в очаге	Φ , °N	λ , °E	h, м	ML	Макросейсмические данные (ФИЦ ЕГС РАН)
1	08.08.2017	04:08:47	44.72	36.90	32	4.2	Анапа - 2
2	08.08.2017	05:32:18	44.82	36.96	37	4.2	Анапа - 2
3	16.06.2017	18:17:33	44.77	36.95	33	4.6	Анапа 3-4. Су-Псех 3-4. Крымск 3-4. Новороссийск 3-4
4	21.05.2017	17:35:03	44.74	41.82	20	3.8	Кочубеевское - 2
5	28.09.2017	03:35:10	43.92	39.40	8	4.6	Лазаревское - 3. Туапсе - 3
6	24.08.2017	09:14:11	44.21	41.63	18	4.7	Отраденский - 4. Кисловодск - 3. Ставрополь - 3. Черкесск - 3

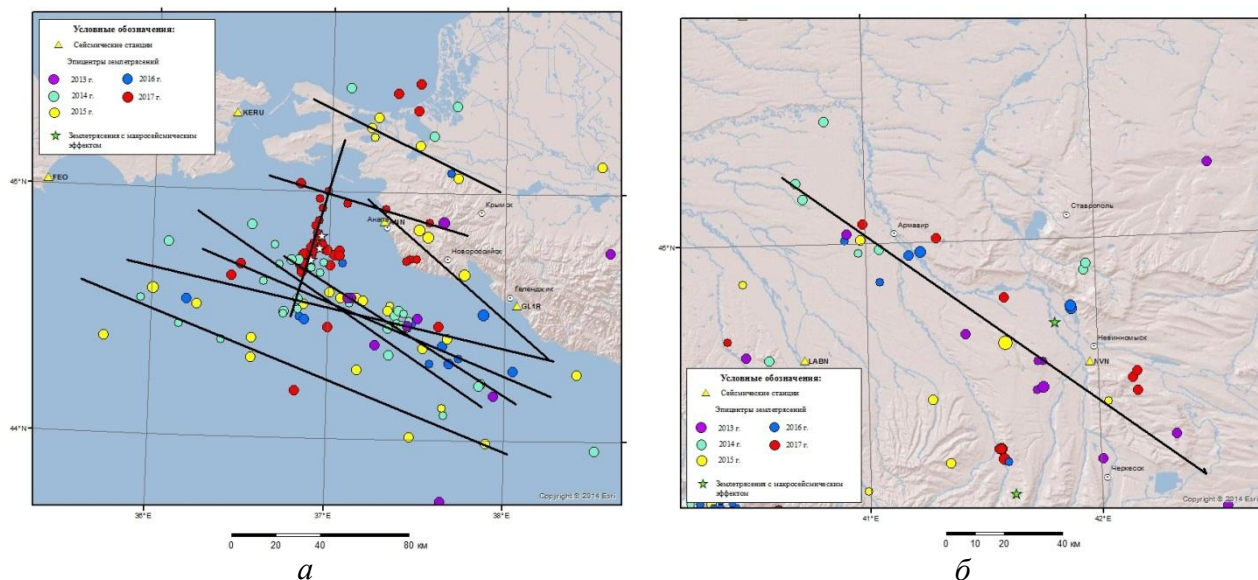


Рис. 2 – Карта распределения эпицентров сейсмических событий с 2013 по 2017 г. (черными линиями выделена ориентация зон эпицентров землетрясений в пространстве):
 а – в Анапско-Новороссийско-Геленджикской зоне, б – в районе городов Армавир и Невинномысск.

В 2017 г. помимо землетрясений на территории Западного Кавказа были зарегистрированы промышленные взрывы (рис.1) с двух карьеров: Джегонасский карьер вблизи города Усть-Джегуты Карачаево-Черкесской республики и Хаджохский карьер, вблизи поселка Каменномостский республика Адыгея. На обоих карьерах ведется добыча известняка.

Кроме промышленных взрывов из карьеров был зарегистрирован взрыв 2 августа в 13:29 (UTC) (рис.1), который по данным службы РИА Новости был идентифицирован как взрыв боеприпасов в складских помещениях Минобороны в населенном пункте Приморское Гудаутского района (Абхазия). По данным Минздрава Абхазии, пострадали 60 человек, в том числе двое детей.

В целом 2017 г характеризуется не высоким уровнем сейсмической активности по сравнению с предыдущими годами, однако отдельно стоит отметить, что за изучаемый период произошло 6 землетрясений вызвавших макросейсмический эффект на изучаемой территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Габсатарова И.П. Исследование пространственно-временных особенностей сейсмичности на Северном Кавказе: диссертация кандидата физическо-математических наук. Обнинск, 2010. 178 – с.
2. Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Лутиков А.И., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Горбатиков А.В. Эндогенные опасности Большого Кавказа. – М.: ИФЗ РАН, 2014. 256 с.
3. Овсяченко А.Н. Сеймотектоника и элементы современной геодинамики Северо-Западного Кавказа по данным палеосейсмологических исследований: диссертация кандидата геолого-минералогических наук. Москва, 2006. 172 – с.

УДК 550.8

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ФЛЮИДОУПОРОВ РИФОГЕННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ФРАНСКО-ФАМЕНСКОГО ВОЗРАСТА В ПРЕДЕЛАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Вязовкина Анастасия Олеговна

e-mail: vz-anastasia@mail.ru

СамГТУ, ПАО «Самаранефтегеофизика, г. Самара, Россия

Аннотация. В рамках работы проанализированы данные 25 площадей МОГТ-3Д и 31 площадь МОГТ-2Д, ГИС глубокого бурения, нефтеносности, керна в пределах южной части Самарской области.

FRASNIAN-FAMENIAN IMPERMEABLE LAYERS BUILDING OF THE BANKS ANALYSIS INSIDE THE SOUTH END OF SAMARA

Anastasia Vyazovkina

e-mail: vz-anastasia@mail.ru

SSTU, PJSC Samaraneftgeophysics, Samara, Russia

Summary. The data of the 25 3D-CDP method and 31 2D-CDP method coverages, well logging, oil content, drill sample were analyzed inside the south end of Samara.

В настоящее время, когда фонд ловушек антиклинального типа на территории Самарской области, как и в других старых нефтедобывающих регионах, в значительной степени истощён, наиболее актуальным стал вопрос о поисках и выявлении ловушек нефти и газа неантиклинального типа. В результате сейсморазведочных работ МОГТ-3Д, по характеру волнового поля были выделены ловушки рифогенного типа в отложениях франско-фаменского возраста.

Приоритетной задачей для дальнейших геологоразведочных работ является изучение карбонатных отложений верхнего девона на предмет выделения как биогермных образований во франско-фаменских отложениях, так и изучения зон развития покрышек, играющих определяющую роль в сохранении залежей углеводородов (УВ).

В рамках данной работы проанализирована геолого-геофизическая информация по 25 ЛУ сейсмических исследований МОГТ-3Д и 31 ЛУ МОГТ-2Д, оценено качество сейсмической информации. На основании данных глубокого бурения проведена стратификация разреза франско-турнейских отложений. В результате проведённых исследований на основе увязки скважинных и сейсмических материалов МОГТ-3Д и МОГТ-2Д были выделены целевые интервалы на сейсмических разрезах, в пределах которых по характерному набору параметров волнового поля выделены постройки рифогенного типа.

Основными критериями для выделения рифов с помощью сейсморазведки являются:

- ухудшение корреляции отражающих горизонтов (ОГ) в теле рифа
- увеличение времени регистрации между отражениями от промежуточных границ внутри рифового комплекса и от подстилавших его отложений;
- наличие структур облекания над зонами развития органогенных построек;
- изменение частотной составляющей и скоростной характеристики рифогенных образований относительно вмещающих пород.

На основании анализа волнового поля, с учётом вышеперечисленных критериев, на временных разрезах профилей МОГТ-3Д, были выделены зоны развития построек рифогенного типа.

Контуры выявленных рифогенных построек были увязаны со сводными структурными построениями по отражающим горизонтам C1t, D3fm, D3tm и картой изопахит интервала D3tm-C1t.

В результате было установлено, что наиболее благоприятными зонами развития построек рифогенного типа являются бортовые (в большей степени внешняя) зоны Муханово-Ероховского прогиба (МЭП).

Однако не все поднятия содержащие постройку рифогенного типа в отложениях франско-фаменского возраста, являются промышленно-нефтеносными по этим отложениям. Основным условием скопления и сохранения залежей УВ в ловушках рифогенного типа является не только наличие самой ловушки и коллектора, но и наличие надёжной покрышки. Надёжной покрышкой для залежей нефти в пласте Дл заволжского надгоризонта является терригенно-карбонатная пачка малевского возраста.

В Куйбышевском Поволжье, залежи нефти, как правило, экранируются глинистыми покрышками и в меньшей степени комбинированными, а именно, когда плотные карбонаты экранирующие залежь, перекрываются глинистым прослоем [1].

Первым шагом данной работы был палеогеоморфологический анализ. Далее проведен анализ распределения месторождений в пределах которых установлены залежи нефти пластов ДЗбур, ДЗвор, Дл и ДЗфам.

Построена серия схем корреляции, пересекающих различные зоны (забортовую, внешнюю, внутреннюю бортовую и осевую) Муханово-Ероховского прогиба, определены типы разреза и мощность отложений малевского возраста, характерные для каждой зоны. В основу корреляции разреза были положены скважины с разбивками ВОИГиРГИ, стратификация которых была выполнена не только с учётом данных ГИС, но и с привлечением данных керна и фаунистических определений.

На основании схем корреляции установлено, что по мере приближения к внешней бортовой зоне отмечается сокращение как общей мощности малевского горизонта, так и глинистых прослоев, а в непосредственной близости от бортового уступа отложения малевского горизонта в терригенной фации практически отсутствуют. Во внутренней бортовой зоне отложения малевского горизонта залегают на более низком гипсометрическом уровне их мощность и литологический состав по простиранию также не выдержаны. Во внутренней бортовой зоне выделена глинисто-карбонатная толща турнейского яруса. Глинисто-карбонатная толща турнейского возраста выделяется как клиноформный комплекс, включающий несколько пачек литолого-фациальных разностей.

На основании схем корреляции с привлечением данных бурения, где стратификация разреза отвечает малевскому реперу, была построена схематическая карта мощности отложений малевского горизонта. Проанализирована мощность малевского горизонта относительно зон МЭП.

Составлена схема развития отложений малевского возраста, характеризующая степень надёжности покрышки, относительно зон МЭП и осложняющих их построек седиментационного типа

Из объектов, подготовленных к постановке глубокого бурения на ЛУ МОГТ-ЗД, были определены ловушки седиментационного типа, представляющие интерес по поиску залежей УВ в отложениях заволжского надгоризонта. Произведено их ранжирование относительно зон МЭП и надёжности покрышки

Поскольку, качество глинисто-карбонатной покрышки зависит не только от общей мощности малевского горизонта, но и от количества и толщины слагающих её глинистых прослоев.

Для определения критериев выделения надежной покрышки проведен анализ малевской толщи в скважинах с установленной нефтеносностью пласта Дл и ДЗфам по результатам перфорации, гис и керна. По каждой скважине проведен анализ как общей мощности малевской толщи, так и количества и мощности глинистых прослоев.

Оценка флюидоупоров по материалам ГИС позволила дать литологическую характеристику флюидоупоров.

Для флюидоупоров основными составляющими критерия выделения являются - уменьшение карбонатной составляющей, а также увеличение глинистости разреза.

На основе проведенного исследования можно сделать предварительный вывод о том, что минимальная мощность глинистых прослоев, достаточной для формирования надежной покрышки составляет 2 м при условии, что ниже присутствуют плотные карбонаты.

Для дальнейшего изучения надежности покрышек рекомендуется отбор и исследование керна в интервале потенциальных покрышек, исследование петрофизических и люминесцентных шлифов флюидоупоров. И по результатам детальных исследований выделить критерии и типизировать флюидоупоры.

Выделение перспективных объектов, с учетом распространения флюидоупоров по надежности позволит минимизировать геологические риски и неопределенности при заложении скважин, и тем самым повысит эффективность ГРП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авербух А.Г. «Методика интерпретации данных сейсморазведки при интерпретированном изучении нефтегазовых резервуаров». М. Геофизика, 1998 г., №1.
2. Ампилов Ю.П. «От сейсмической интерпретации к моделированию и оценке месторождений нефти и газа», ООО «СПЕКТР», Москва 2008 г.

УДК 550.8

**МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД НА ПРИМЕРЕ
ЮЖНОГО УЧАСТКА**

*Вязовкина Анастасия Олеговна¹, Вязовкина Екатерина Олеговна²
e-mail: vz-anastasia@mail.ru¹, kate_vyazovkina@mail.ru²
СамГТУ, ПАО «Самаранефтегеофизика, г. Самара, Россия*

Аннотация. Для оценки возможности выполнения акустической инверсии и на ее основе прогноза емкостных свойств показаны результаты моделирования упругих свойств горных пород, которое позволяет выявить взаимосвязи между петрофизическими параметрами и сейсмическими данными.

ELASTIC PROPERTIES MODELING IN THE CONTEXT OF YUZHNY PLOT

*Anastasia Vyazovkina¹, Ekaterina Vyazovkina²
e-mail: vz-anastasia@mail.ru¹, kate_vyazovkina@mail.ru²
SSTU, PJSC Samaraneftgeophysics, Samara, Russia*

Summary. The results of formation elastic properties were represented. Researchability for acoustic inversion and Storage Capacity prediction were estimated. This data enables to identify synergies between response parameters and seismic data.

На сегодняшний день прирост запасов нефти и газа, поддержание и увеличение добычи связаны с вовлечением в разработку и эксплуатацию сложно-построенных месторождений: скважины, расположенные всего в 500 метрах друг от друга, могут вскрывать разрезы, существенно отличающиеся по литологическому составу, фильтрационно-емкостным свойствам (ФЕС), и как следствие, по добычным характеристикам. Для прогноза литологии, коллекторских свойств и насыщения в межскважинном пространстве в настоящее время все чаще используется сейсмическая инверсия – процесс преобразования сейсмических данных в количественное описание свойств пород, слагающих резервуар. Интерпретация результатов инверсионных преобразований основывается на анализе влияния литологического состава, насыщения и петрофизических параметров на упругие характеристики горных пород.

Моделирование упругих свойств выполнялось по данным ГИС, так как на Южном участке отсутствуют данные петрофизических исследований и АК проведен в 19-ти скважинах в интервалах детального комплекса. Широкополосный акустический каротаж и плотностной каротажи не проведены ни в одной скважине.

Для выполнения работы использованы кривые псевдоакустического каротажа, псевдоАК с вшитыми в интервалы детального комплекса значениями АК, кривые псевдоплотностного каротажа, пористости, кривые литологии и коллекторских свойств. Кривая акустического импеданса рассчитана по методу Гарднера. Далее представлен пример моделирования упругих свойств для пласта А₄ башкирского яруса.

Мощность пласта А₄ на территории работ изменяется от 10 м до 42 м. Для моделирования упругих свойств пород пласта А₄ было выбрано 24 скважины. Пласт состоит от 1 до 3 пропластков.

Отложения представлены 4 литотипами: известняками, известняками глинистыми, глинами и доломитами.

Результаты на рисунке 1 свидетельствуют о наличии достаточно тесной корреляционной зависимости между плотностью и значениями Р-импеданса, пористостью и значениями Р-импеданса, независимой от литологии (или от коллекторских свойств).

На рисунке 2 приведены гистограммы распределения импеданса и плотности по частоте встречаемости. С наибольшей уверенностью известняк отделяется от остальных литотипов по значениям импеданса $\approx 11\ 000\ \text{m/s} \cdot \text{g/cc}$ и по значениям плотности $\approx 2.3\ \text{g/cc}$. При разделении на коллектор-неколлектор наблюдается их перекрытие.

В результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

- 1) в связи с хорошей корреляционной зависимостью, не зависящей от литологии и коллекторских свойств, можно выполнять инверсионные преобразования;
- 2) разрешенность акустического импеданса достаточна для прогноза пористости;
- 3) разрешенность акустического импеданса недостаточна для прогноза литологии, так как в карбонатных и терригенных пластах литотипы отделяются друг от друга не всегда. Большое значение имеет литологический состав и мощность пласта.

В целом, можно отметить, что моделирование упругих свойств показало неплохие результаты, несмотря на то, что использован псевдокаротаж. Однако, для более достоверного моделирования упругих свойств и выполнения качественной акустической инверсии и прогноза ФЕС, необходимы лабораторные исследования керна, хороший акустический и плотностной каротажи по всему стволу скважины. Для проведения синхронной инверсии (кроме вышеупомянутого) требуется еще и широкополосный акустический каротаж.

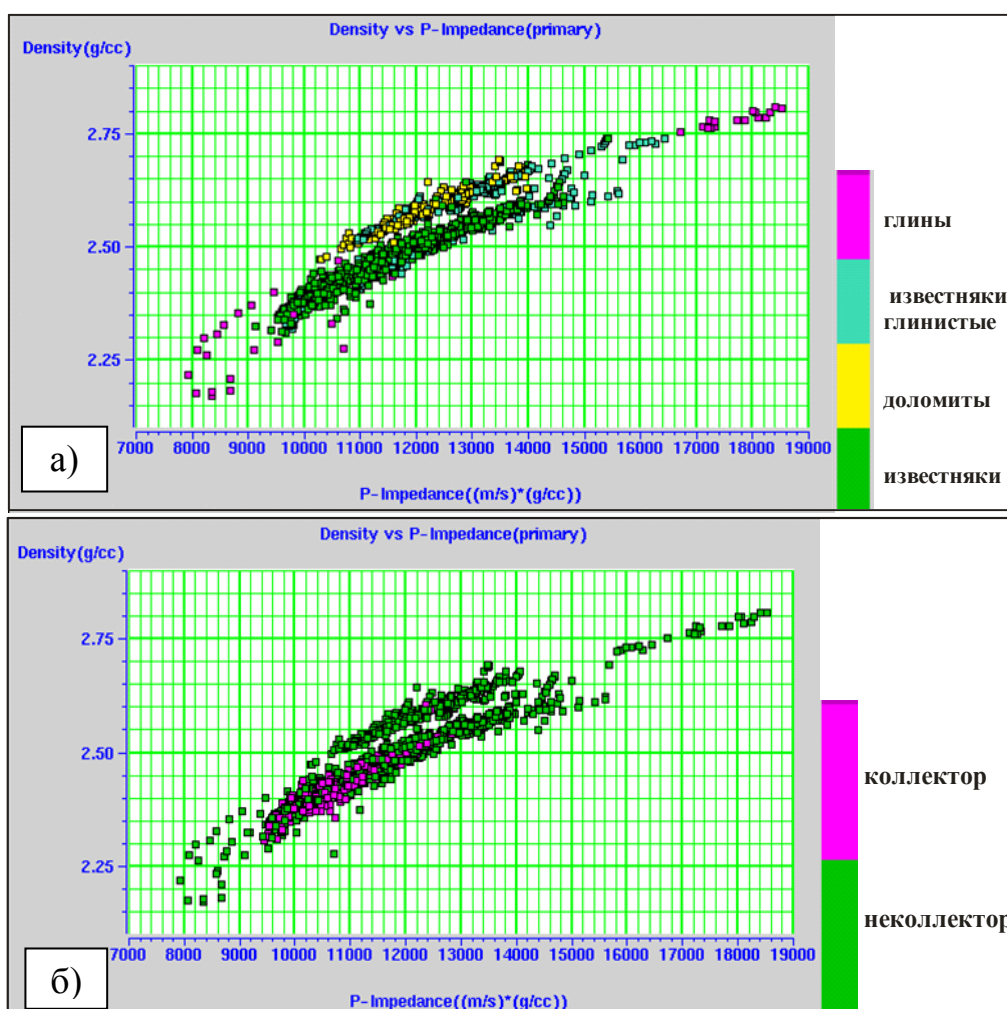
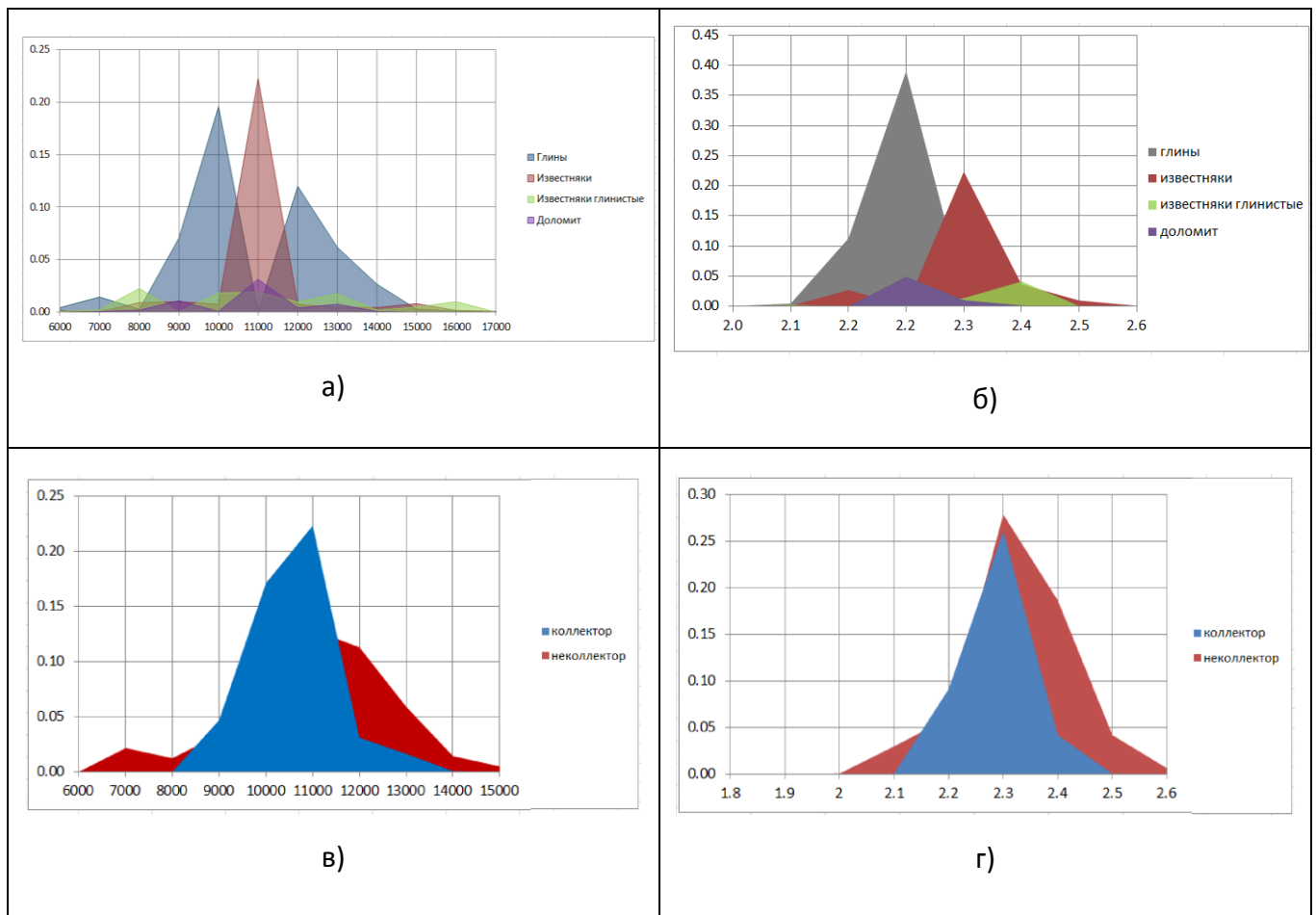


Рис.1 Кросплоты акустического импеданса и плотности в интервале пласта А4 башкирского яруса:

а) по литотипам; б) по коллекторским свойствам



*Рис. 2 Гистограммы распределения:
акустического импеданса по литотипам а) и по коллекторским свойствам в);
плотности по литотипам б) и по коллекторским свойствам г) в пласте А₄ башкирского
яруса*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авербух А.Г. «Методика интерпретации данных сейсморазведки при интерпретированном изучении нефтегазовых резервуаров». М. Геофизика, 1998 г., №1.
2. Ампилов Ю.П. «От сейсмической интерпретации к моделированию и оценке месторождений нефти и газа», ООО «СПЕКТР», Москва 2008 г.

УДК 553.9

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Вязовкина Анастасия Олеговна¹, Вязовкина Екатерина Олеговна²
e-mail: vz-anastasia@mail.ru¹, kate_vyazovkina@mail.ru²
СамГТУ, ПАО «Самаранефтегеофизика, г. Самара, Россия

Аннотация. В настоящее время при детальном расчленении геологических разрезов используется ряд программных комплексов, выполняющих поставленную задачу. Рассмотрим эти комплексы в порядке их эффективности.

SEISMIC SURVEY RESOLUTION ENHANCEMENT METHODS

Anastasia Vyazovkina¹, Ekaterina Vyazovkina²
e-mail: vz-anastasia@mail.ru¹, kate_vyazovkina@mail.ru²
SSTU, PJSC Samaraneftgeophysica, Samara, Russia

Summary. Software systems variability are uses for detailed geologic cross-sectional partition and satisfies one's objectives for the moment. Let consider these complexes in the order of their efficiency.

§1. **ВРС-Гео** (авторы: Трофимов В.Л., Хазиев Ф.Ф. и др. [3]). Технология высокоразрешающей сейсморазведки позволяет: детально изучить внутреннюю структуру нефтесодержащих отложений, т.к. результаты сейсмических материалов обработки обладают большой разрешенностью, что обеспечивает выделение песчаных пластов толщиной 4 метра и карбонатов толщиной 6 метров [3], коррелировать отражающие границы нефтегазовых залежей по всей площади, предварительно оценивать ресурсы углеводородов в нефтеперспективных отложениях на основе уравнения среднего времени [3].

Методика имеет следующие преимущества: повышение достоверности обнаружения нефтеперспективных объектов; сокращение объемов непродуктивного бурения и материальных затрат; повышение эффективности геологоразведочных работ.

При полевых сейсмических исследованиях регистрация отраженных волн выполняется с шагом дискретизации равным 2 мсек. Вследствие этого весь набор процедур, используемых при обработке и интерпретации полевой информации, в системе ВРС-Гео работает с материалом, оцифрованным через 2 мсек. Предельно минимальная разрешенность сейсмической информации определяется шагом дискретизации.

§2. **СВАН** – спектрально-временной анализ (авторы: Мушин И.А. и др.[1]). С помощью СВАН любую сейсмическую трассу для некоторого участка профиля (куба) представляют в виде СВАН-колонки, состоящей из последовательности трасс, полученных с дискретно непрерывным возрастанием преобладающей частоты используемого фильтра. В 3D сейсморазведке возможно получение СВАН-колонки для каждой трассы куба сейсмической информации (рис. 1).

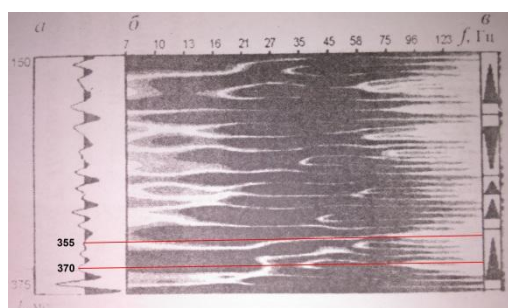


Рис. 1. СВАН-анализ сейсмической трассы: а-сейсмическая трасса; б-СВАН-колонка

Считается, что СВАН-колонка является спектрально-временным срезом, характеризующим последовательность седиментационных объектов, слагающих разрез. Вследствие этого, изменение спектрально-временной колонки соответствующих интервалов сейсмической записи обусловлено сменой типа разреза. В связи с этим СВАН с опорой на данные бурения, ГИС и испытания скважин, считается надежным методом типизации геологического разреза в межскважинном пространстве. Другое применение спектрального разложения – определение мощности тонкого слоя или зон замещения в тонком слое, представляющем коллектор.

Тщательный анализ сейсмической трассы (рис. 1) дает основание утверждать, что каждый низкочастотный (сложно построенный) сейсмический сигнал представлен набором простых высокочастотных (когерентных) сигналов, характеризующихся своей индивидуальной фазой. Следует отметить, что в выделенном на рисунке 1 интервале $t=355-370$ мсек содержится пять высокочастотных сигналов. Очевидно, максимальные амплитуды одиночных (высокочастотных) сигналов определяются величинами коэффициентов отражений от границ раздела изучаемого разреза. Спектрально-временной анализ эффективен при совместном использовании данных бурения и СВАН-колонок именно на площадях с целью уточнения запасов углеводородов в ловушках.

§3. Детальное расчленение сейсмических трасс на основе преобразований Гилберта (авторы: Урупов А.К., Воскресенский Ю.Н.[3]). При выполнении сейсморазведочных работ МОГТ-3D исследования, как правило, выполняются с использованием сигналов в достаточно узком частотном диапазоне $7\div 120$ Гц. В этом случае период сигнала $T=17$ мсек. При таком периоде сигнала возможно выявление пластов песчаников, при скорости 4000 м/сек, толщиной 17 м. К сожалению, на территории Урало-Поволжья широкое распространение имеют пласты-коллекторы толщиной менее 17 метров и надежное их выявление используемыми программными средствами весьма затруднено. В этой связи возникла необходимость определения возможности детального расчленения реальных сейсмических трасс, пересчитанных в трассы мгновенных фаз на основе преобразования Гилберта.

Преобразование Гилберта позволяет представить сигнал в комплексном виде, что дает возможность определять три производных сигнала: амплитуду $a(t)$, фазу $\theta(t)$ и частоту $\omega(t)$, которые используются в качестве атрибутов при интерпретации.

$$\alpha(t) = \sqrt{S^2(t) + M^2(t)}; \theta(t) = \arctg \left[\frac{M(t)}{S(t)} \right]; \omega(t) = \frac{d\theta(t)}{dt}.$$

Важным следствием применения Гилберт-преобразования при обработке сейсмических сигналов является проявление фазовых откликов слабых когерентных сигналов на временных разрезах [3]. Использование таких изображений существенно упрощает прослеживание тонких пластов, обнаружение их выклиниваний, угловых несогласий, зон нарушения непрерывности отражающих границ и фациальных изменений.

Принимая во внимание вышеотмеченное явление, возникла необходимость сопоставления материалов акустического каротажа (V_{ak}), коэффициентов отражения (R), реальных трасс временного разреза (суммарных трасс) и мгновенных фаз с целью выявления элементарных сигналов, обладающих одинаковыми фазами на временных разрезах (рис. 2).

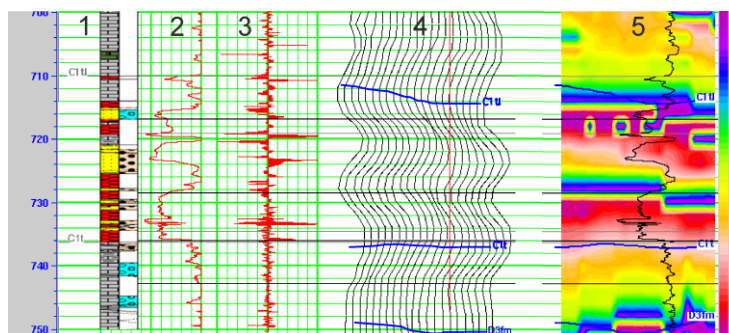


Рис. 2. Скважинные данные: 1-литологическая колонка, 2-АК, 3-кривая коэффициентов отражения, 4-реальные сейсмические трассы, 5-разрез мгновенных фаз.

На представленном рисунке высоким качеством обладают данные акустического каротажа, реальные сейсмические трассы и материалы мгновенных фаз. Следует отметить, что терригенная толща тульского горизонта на стандартных материалах определяется двумя фазами, удаленными друг от друга на 25 мсек. На материалах мгновенных фаз наблюдается 7 фаз, что свидетельствует о присутствии в данном интервале 5÷6 прослоев средней толщиной 6 мсек. Для корректного выполнения корреляции промежуточных горизонтов в интервале продуктивного разреза целесообразно отмеченные интервалы представлять в увеличенном масштабе. Оценим детальность расчленения разреза по данным реальных сейсмических трасс. На рисунке 2 представлен временной разрез и литологическая колонка, сложенная глинами, алевролитами, известняками и доломитом. Данные ГИС с рассматриваемыми данными сейсмических стандартных трасс увязаны. Рассмотрим возможность получения дополнительной информации о геологическом разрезе при использовании атрибута - мгновенная фаза. Благодаря этому атрибуту предоставляется возможность выделить фазы элементарных сигналов, участвующих в формировании сложного сигнала, и, таким образом, выполнять детальное расчленение изучаемого разреза (рис. 3).

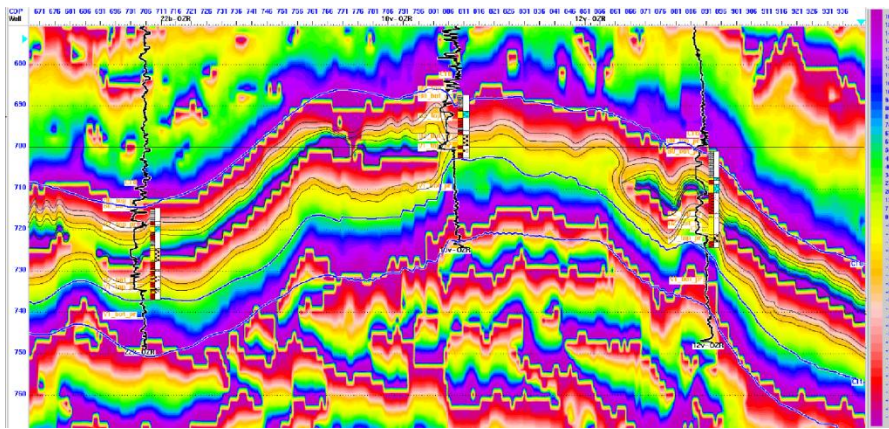


Рис. 3. Пример корреляции мгновенных фаз в сопоставлении с данными бурения скважин 22, 10 и 12. На рисунке изображены: кривая акустического каротажа, трассы мгновенных фаз, построенные в цветном изображении сопоставленные с кривой АК.

Для выделения пластов малой толщины на временном разрезе мгновенных фаз следует использовать: вертикальный масштаб: в 1см – 5мсек времени и детальную цветовую гамму, отображающую различные фазы. Благодаря используемой цветовой гамме и масштабу воспроизведения представленной цветовой информации удалось выполнить детальное расчленение интервала временного разреза тульского горизонта. На разрезе отмечается удовлетворительная увязка мгновенных фаз с данными ГИС, наблюдается сложное строение отдельных горизонтов, удается выделить участки неоднородного строения отдельных пластов. Детальность расчленения временного разреза составила от 2мсек до 8мсек, что соответствует 2-16м толщине терригенного слоя или 6-24м толщине карбонатов. На рисунке 3 опробована возможность непрерывной корреляции мгновенных фаз на временном разрезе, построенном с использованием предложенных и опробованных параметров воспроизведения сейсмической информации (мгновенных фаз) с целью детальное расчленения разреза.

Определение толщин пластов по материалам сейсмических атрибутов – мгновенных фаз нуждается в дальнейшем изучении этого вопроса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мушин И.А., Бродов Л.Ю., Козлов Е.А. Методики спектально-временного анализа
2. Трофимов В.Л. и др. Детальная оценка геологических показателей реальной среды с применением технологии ВРСГео, Геофизика,4. 2006.
3. Урупов А.К., Воскресенский Ю.Н. Построение сейсмических изображений.

УДК 550.823

КАРТА ТЕПЛОВОГО ПОТОКА И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ П-ВА ЯМАЛ

Галиева Маргарита Фаритовна¹, Крутенко Даниил Сергеевич²

e-mail: mfg2@tpu.ru¹, dsk37@tpu.ru²

Томский политехнический университет, Россия, Томск

Аннотация. Построена схематическая карта глубинного теплового потока Ямала. Корреляция аномалий теплового потока и положения месторождений УВ позволяет рассматривать геотермический критерий в качестве поискового для арктических районов Западной Сибири.

HEAT FLOW MAP AND OIL-AND-GAZ POTENTIAL OF YAMAL PENINSULA

Galiyeva Margarita Faritovna¹, Krutenko Daniil Sergeevich²

e-mail: mfg2@tpu.ru¹, dsk37@tpu.ru²

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk

Summary. Sketch map of deep heat flow plotted within Yamal peninsula. Heat flow anomalies and locations of hydrocarbon deposits correlating allows to consider geothermal criterion as a prospecting criterion for Arctic regions of Western Siberia.

Введение

Геотермия, как геофизический метод исследований, длительное время находилась в рамках теоретической и методической базы, разработанной, в основном, для экспериментального определения и картирования теплового потока Земли [4]. С развитием, прежде всего, методологической базы, геотермия как геофизический метод переживает существенный рост. Методология формулирует новые задачи, поисково-разведочные, которые могут быть решены посредством измерения, картирования и моделирования пространственно-временных параметров геотемпературных полей [3, 5].

В рамках развития сырьевой базы углеводородов (УВ) России новыми объектами исследования становятся уникальные арктические районы Западной Сибири, требующие совершенствования критериев и методов поисков. Новейшим примером применения геотермии на землях арктических материковых окраин являются защищенные диссертационные исследования (Горностаева, 2017; Искоркина, 2017).

Цель исследований – на примере территории полуострова Ямал изучить закономерности изменения глубинного теплового потока, оценить корреляцию аномалий теплового потока с локализацией известных месторождений УВ и сформулировать возможные геотермические поисковые критерии.

Краткая характеристика объекта исследований

Территория исследований находится в северной части Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области (рис. 1А). Осадочный мезозойско-кайнозойский чехол Ямала начинает формироваться в ранней юре. Нефтегазоносность связана с нижнемеловой ахской свитой, в которой снизу-вверх обособляются толщи с пластами-коллекторами в них. Баженовская свита (J_3tt) является основным источником формирования залежей УВ в ловушках верхнеюрского и мелового нефтегазоносных комплексов (НГК). По определениям отражательной способности витринита в пределах Арктической площади баженовская свита находится в конце главной зоны нефтеобразования (ГЗН) ($R_{vt}^0 = 0,96\%$, данные ИНГГ СО РАН, 2015) Вместе с тем, интерес представляет и китербютская свита (J_1kt), обладающая нефтематеринским потенциалом и являющаяся источником формирования залежей УВ в ловушках нижнеюрского НГК.

Схематическая карта теплового потока

Используя данные (табл. 1, рис. 1А) *экспериментальных* определений плотности глубинного теплового потока [6] и *расчетные* значения плотности теплового потока из основания осадочного разреза [1, 3], нами построена карта плотности теплового потока Ямала.

На этой карте (рис. 1А) можно увидеть следующие особенности: 1) «положительная аномалия» (например, район скважины Бованенковская 116); 2) «отрицательная аномалия» (например, район скважины Северо-Мантойская 51); 3) «заливообразная конфигурация изолиний» (например, район скважины Ростовцевская 64; 4) «безаномальное поле» (например, район скважины Средне-Ямальская 14).

Анализ корреляции теплового потока и положения 13-ти хорошо известных месторождений УВ Ямала (рис. 1Б) показывает следующее. В зонах *положительных аномалий* теплового потока находятся 6 месторождений (46% от общего числа), среди которых наиболее крупные – Бованенковское и Арктическое. В зоне отрицательной аномалии находится 1 месторождение (8%) - Южно-Тамбейское. В зонах *заливообразных конфигураций изолиний* находится 4 месторождения (31%): Крузенштернское, Нейтинское, Ростовцевское и Новопортовское. Примечательно, что Арктическое месторождение, приуроченное к зоне локальной положительной аномалии теплового потока, является нефтегазоконденсатным.

Табл. 1. Значения плотности теплового потока, определенные в скважинах

Скважина		Теплово й поток, мВт/м ²	Источник данных	Скважина		Теплово й поток, мВт/м ²	Источник данных
Условный номер (на рис. 1)	Название			Усло вный номе р (на рис. 1)	Название		
1	Русановская-2	76	[6]	11	Бованенковская-116	62	[1]
2	Ленинградская-1	73	[6]	12	-	53	[6]
3	Белоостровская-1	54	[6]	13	Арктическая-11	58	[1]
4	Белоостровская-3	53	[6]	14	-	54	[6]
5	Белоостровская-4	55	[6]	15	Средне-Ямальская-14	51	[1]
6	-	53	[6]	16	Усть-Юрибейская-31	48	[3]
7	-	49	[6]	17	Мало-Ямальская-3002	51	[1]
8	-	56	[6]	18	Ростовцевская-64	50	[1]
9	-	56	[6]	19	Северо-Мантойская 51	47	[3]
10	-	58	[6]	20	Новопортовская 54	52	[3]

Выводы

1. На основе 20-ти определений в глубоких скважинах значений плотности теплового потока впервые построена карта глубинного теплового потока Ямала.
2. Порядка 80-85% известных месторождений УВ Ямала приурочены к аномальным особенностям глубинного теплового потока. Это позволяет геотермический критерий рассматривать в качестве поискового для арктических районов Западной Сибири.

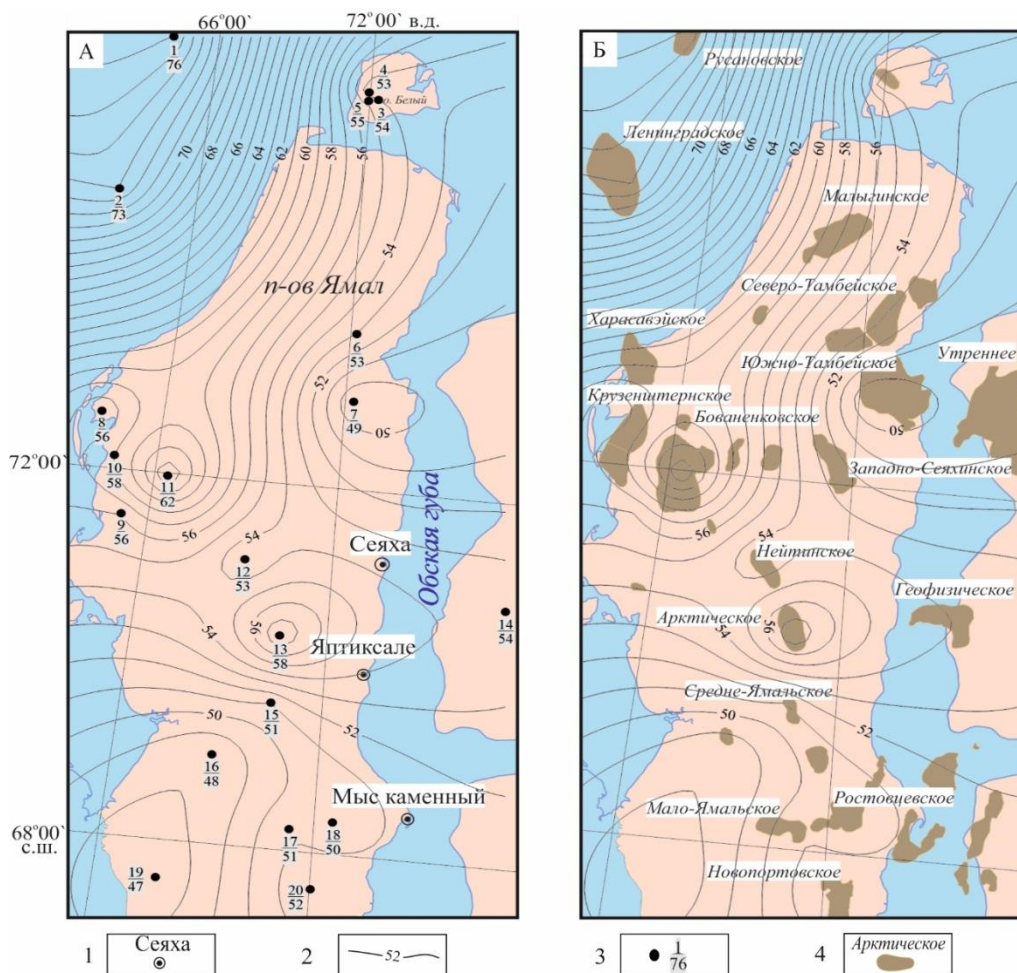


Рис. 1. П-ов Ямал. Тепловой поток (А) и его корреляция с месторождениями углеводородов (Б): 1 – населенный пункт и его название; 2 – изолинии значений плотности теплового потока; 3 – исследуемая скважина, в числителе указан условный номер скважины (см. табл. 1), в знаменателе указано значение плотности теплового потока, мВт/м²; 4 – контур месторождения и его название.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Исаев В.И., Искоркина А.А., Косыгин В.Ю., Лобова Г.А., Осипова Е.Н., Фомин А.Н. Комплексная оценка палеоклиматических факторов реконструкции термической истории нефтематеринской баженовской свиты арктических районов Западной Сибири // Известия ТПУ. – 2017. – Т. 328. – № 1. – С. 13–28.
- Исаев В.И., Искоркина А.А., Лобова Г.А., Старостенко В.И., Тихоцкий С.А., Фомин А.Н. Мезозойско-кайнозойский климат и неотектонические события как факторы реконструкции термической истории нефтематеринской баженовской свиты арктического региона Западной Сибири (на примере п-ва Ямал) // Физика Земли. – 2018. – № 2. – С. 1–21.
- Попов С. А., Исаев В. И. Моделирование нефтегенеза Южного Ямала // Геофизический журнал. – 2011. – Т. 33 – № 2. – С. 80–104.
- Хуторской М.Д. Введение в геотермию. – М.: Изд-во РУДН, 1996. – 328 с.
- Хуторской М.Д., Подгорный Л.В., Супруненко О.И., Ким Б.И., Черных А.А. Термографическая модель и прогноз нефтегазоносности осадочного чехла шельфа моря Лаптевых // Доклады Академии Наук. – 2011. – Т. 440. – № 5. – С. 663–668.
- Хуторской М. Д., Ахмедзянов В.Р., Ермаков А.В., Леонов Ю.Г., Подгорных Л.В., Поляк Б.Г., Сухих Е.А., Цыбуля Л.А. Геотермия арктических морей. – М.: ГЕОС, 2013. – 232 с.

УДК 550.832

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО РЕГИСТРАТОРА

Гильмундинов Антон Юрьевич
e-mail: scutep@yandex.ru
ФГБОУ ВО ВГУ, г. Воронеж, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены принципы создания учебно-производственного геофизического регистратора на основе аналого-цифрового преобразователя «L-Card E14-440» и персонального компьютера.

DEVELOPMENT OF THE DIGITAL GEOPHYSICAL RECORDER

Gilmundinov Anton
e-mail: scutep@yandex.ru
Geological Department, Voronezh State University, Russia

Summary. The main principals of creation of geophysical recorder for education and production purposes, based on analog-digital converter L-Card E14-440 and a personal computer, considered in this article.

Последовательно рассмотрим типичную топологию входной (аналоговой) части геофизического регистратора и предложим простую схему, которая обеспечит аналого-цифровое преобразование измеряемых геофизических сигналов относительно невысокой разрядности на основе стандартного промышленного модуля ввода/вывода «L-Card E14-440». Данный модуль E14-440 (рис. 1) является универсальным программно-аппаратным устройством для использования с последовательной шиной USB и предназначен для построения многоканальных (до 16 каналов) измерительных систем ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации в составе персональных IBM-совместимых компьютеров [1]. Модуль E14-440 внесён в Государственный реестр средств измерений.



Рис.1. Модуль АЦП «L-Card E14-440».

Для схемы аналогового входа простого геофизического регистратора было применено традиционное решение [2] на основе инструментального усилителя (AD620) и операционного усилителя (OP07), принципиальная схема которого показана на рис. 2.

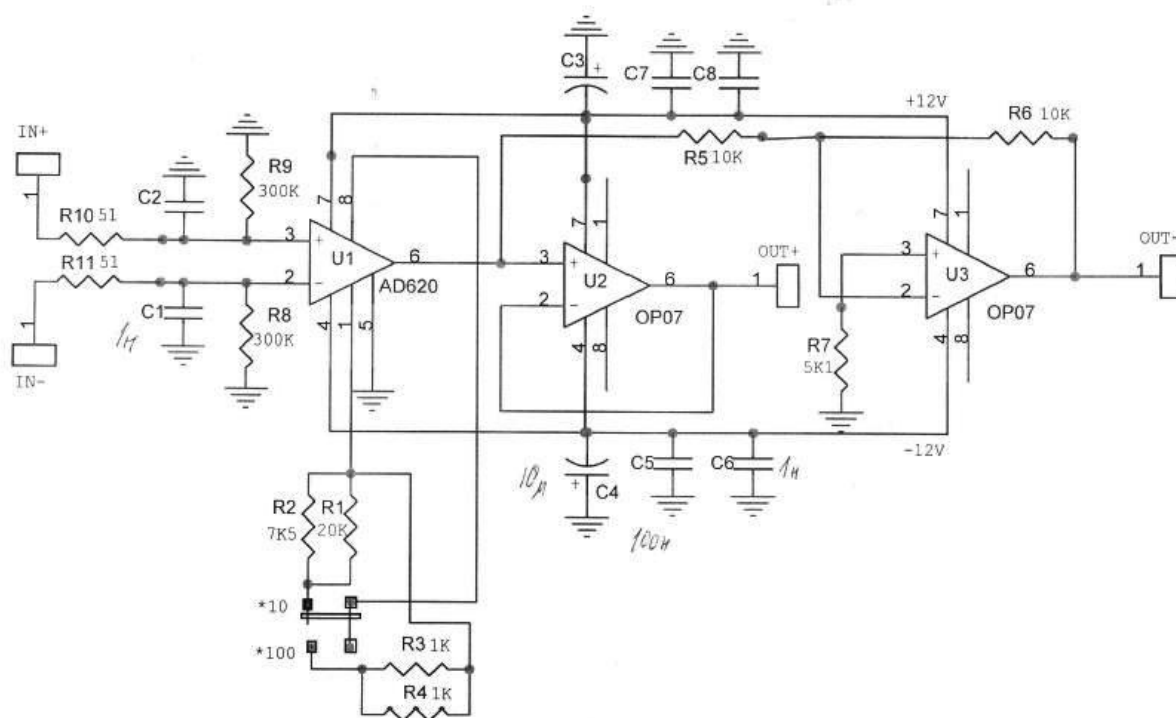


Рис.2. Принципиальная схема аналогового усилителя сигнала.

Измерительные усилители (в частности, серии AD62х фирмы Analog Devices) обладают следующими особенностями [3]: вход - дифференциальный, с высоким входным сопротивлением; стабильный коэффициент усиления; высокая равномерность АЧХ в заданной полосе частот (обычно от 0 Гц); высокая линейность амплитудной характеристики; низкий уровень шума.

Применение дифференциального входа с двухпроводной линией для входного сигнала обеспечивает подавление синфазной сетевой наводки. Отметим, что подавление синфазного сигнала (подаваемого на оба входа) составляет 90...130 дБ - в зависимости от коэффициента передачи, выставяемого в пределах от 1 до 1000 задающим резистором.

Прецизионный операционный усилитель OP07 служит для получения дифференциального выхода с широким диапазоном входного напряжения и выдающимся подавлением синфазного сигнала, обеспечивающим максимальную гибкость и производительность в условиях с высоким уровнем шума [4]. Низкие токи смещения и чрезвычайно высокие входные сопротивления сохраняются во всем температурном диапазоне. Таким образом, усилитель OP07 отлично подходит для высокоточного и малозумящего усиления сигналов очень низкого уровня.

Питание регистратора осуществляется с помощью батареи, которая периодически подзаряжается встроенным зарядным устройством в то время, когда прибор не используется.

В работе с АЦП было использовано программное обеспечение фирмы L-Card, а именно программа LGraph2, предназначенная для работы с модулем E14-440. Данная программа позволяет просматривать показания каждого из каналов в отдельном диалоговом окне, как это показано на рис. 3. Программа LGraph2 имеет ряд заметных преимуществ именно для учебных и производственных целей. Выделим некоторые из них: это неограниченный размер записи; многомодульный режим работы; устанавливаемая скорость записи сигналов. Визуализация данных происходит во время регистрации сейсмических волн, также во время регистрации возможно изменение параметров визуализации.

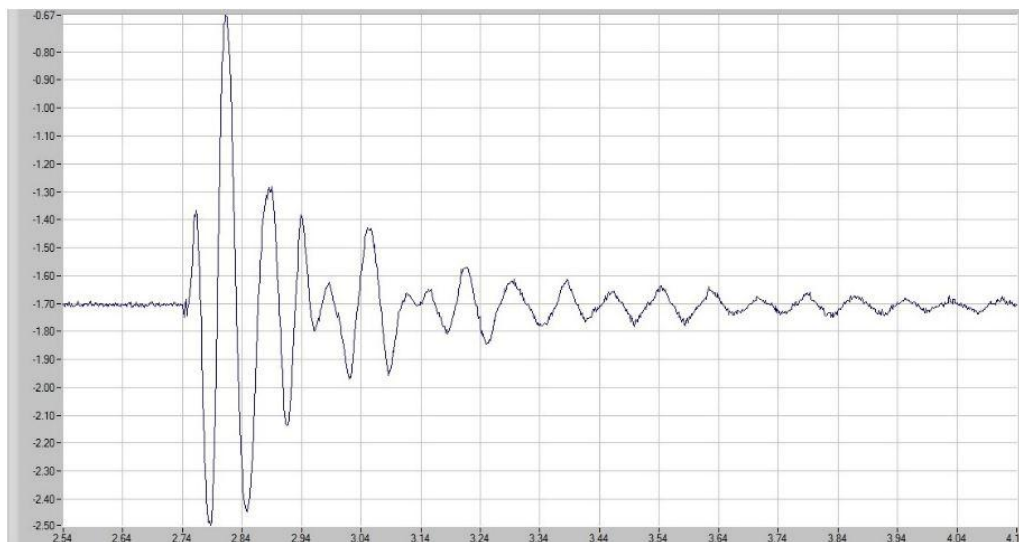


Рис.3. Изображение усиленного в 10 раз сигнала с сейсмического датчика GEOSPASE в окне программы LGraph2.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю Глазеву В.Н., за ценные советы и помощь в разработке данного проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ЗАО Л-Кард Внешний модуль АЦП/ЦАП/ТТЛ на шину USB 1.1. / Руководство пользователя. М., 2001, 77 с
2. Ефимов И.П. Операционные усилители и их применение / Учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2000. 70 с.
3. Голуб В. Операционные усилители типа «Current Feedback» // Радиолюбитель. 2000. № 4.
4. Гарманов А.В. Подключение измерительных приборов, решение вопросов электросовместимости и помехозащиты / L-Card, 2003. 21 с.

УДК 550.8.028: 550.837

СОПОСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ ВЭЗ И ППР НАД КОНТАКТОМ СКАЛЬНЫХ ПОРОД

Горшков Виталий Юрьевич¹, Маликов Александр Владимирович²
e-mail: vitalaa@yandex.ru¹, sankya1586@mail.ru²
Институт Геофизики УрО РАН, 620016, Россия, г.Екатеринбург

Аннотация. В статье рассмотрено увеличение значений плотности потока радона (ППР) над зоной нарушенных скальных пород, расположенной на контакте массивов габбро и гранитов. Показано, что резкое повышение значений ППР происходит над местом с пониженным удельным электрическим сопротивлением (УЭС).

COMPARISON OF THE DATA OF VES AND RER OVER THE ROCK CONTACT

Vitaliy Gorshkov¹, Alexandr Malikov²
e-mail: vitalaa@yandex.ru¹, sankya1586@mail.ru²
Institute of geophysics Ural Branch of Russian Academy of sciences, Ekaterinburg, Russia

Summary. The article describes the increase of values of radon exhalation rate (RER) over the area of broken rock situated on the contact of gabbro and granites arrays. It is shown that a sharp increase in the values of RER occurs above the site with reduced electrical resistivity.

Целью работы была проверка предположения о том, что в зоне трещиноватости увеличивается плотность потока радона. Объектом исследования выступал полигон вблизи Института Геофизики УрО РАН.

Объект исследования

Измерения проходили вдоль улицы Чкалова в границах лесопарка между улицами Онуфриева и Вонсовского. Согласно геологической карте города Екатеринбурга на топооснове М. 1:10000, профиль исследований представляет собой зону контакта гранитов Верх-Исетского на северо-востоке и габбро Балтымского массивов на юго-западе.

По данным фондовых материалов ранее выполненных инженерно-геологических изысканий, а также настоящих работ, кровля скальных грунтов встречается на глубине около 5-7 м. Скальный массив сильно раздроблен системой трещин, грунты в разрезе – сильно выветрелые. Обломочная зона коры выветривания встречается слоем 1-2,5 м и представлена дресвяным грунтом с твердым суглинистым заполнителем. Выше по разрезу элювиальные образования перекрыты слоем дресвы с прослойками суглинков. С поверхности площадка перекрыта почвенно-растительным слоем мощностью до 0,3 м.

В гидрогеологическом отношении исследуемая территория расположена в пределах развития водоносного горизонта, приуроченного к трещиноватой зоне скальных грунтов и к остаточной трещиноватости в элювиальных образованиях коры выветривания. Мощность водоносного горизонта системы трещин скального массива составляет порядка 40-60 м (по фондовым материалам ФГУП «Уралгидроэкспедиция»). Глубина залегания уровня грунтовых вод (УГВ) в летнюю межень 3-5 м. При этом во время предзимнего подъема УГВ и во время весеннего снеготаяния уровень грунтовых вод может располагаться в интервале глубин 0-5 м. В весенний период года возможно подтопление площадки.

Методика исследования

Измерения плотности потока радона выполнялись с помощью комплекса «Камера 01» с использованием угольных адсорберов. Адсорберы экспонировались на поверхности почвы в течение 3 часов, с последующим измерением активности угля по бета-излучению Bi-214.

В различных работах приведены данные о периодических изменениях объемной активности радона, связанных с влиянием приливных колебаний силы тяжести. Эти и другие

факторы, действуя одновременно, приводят к неоднородным распределениям по поверхности и временным колебаниям значений плотности потока и объемной активности почвенного радона. В настоящей работе авторы не ставят задачу изучения влияния этих факторов, а рассматривают их в качестве источника случайной погрешности. Чтобы уменьшить их влияние, в работе используются усредненные по 5 сеансам измерений результаты, полученные в одних и тех же точках.

Электроразведка методом вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) выполнялась с использованием стандартной методики работ [1]. Измерения проводились с помощью комплектов аппаратуры ЭРА-ЗНАК и ERA-MAX (НПП «ЭРА», г. Санкт-Петербург). При работе использовалась симметричная 4-хэлектродная установка Шлюмберже (AMNB) с приемной линией $MN = 2$ м. Питающие электроды разносились на расстояние $AB/2$ до 75 м. Измерения выполнялись на частоте 4,88 Гц при токе в питающей линии от 5 до 50 мА. Точки зондирования располагались по профилю с шагом 25 метров.

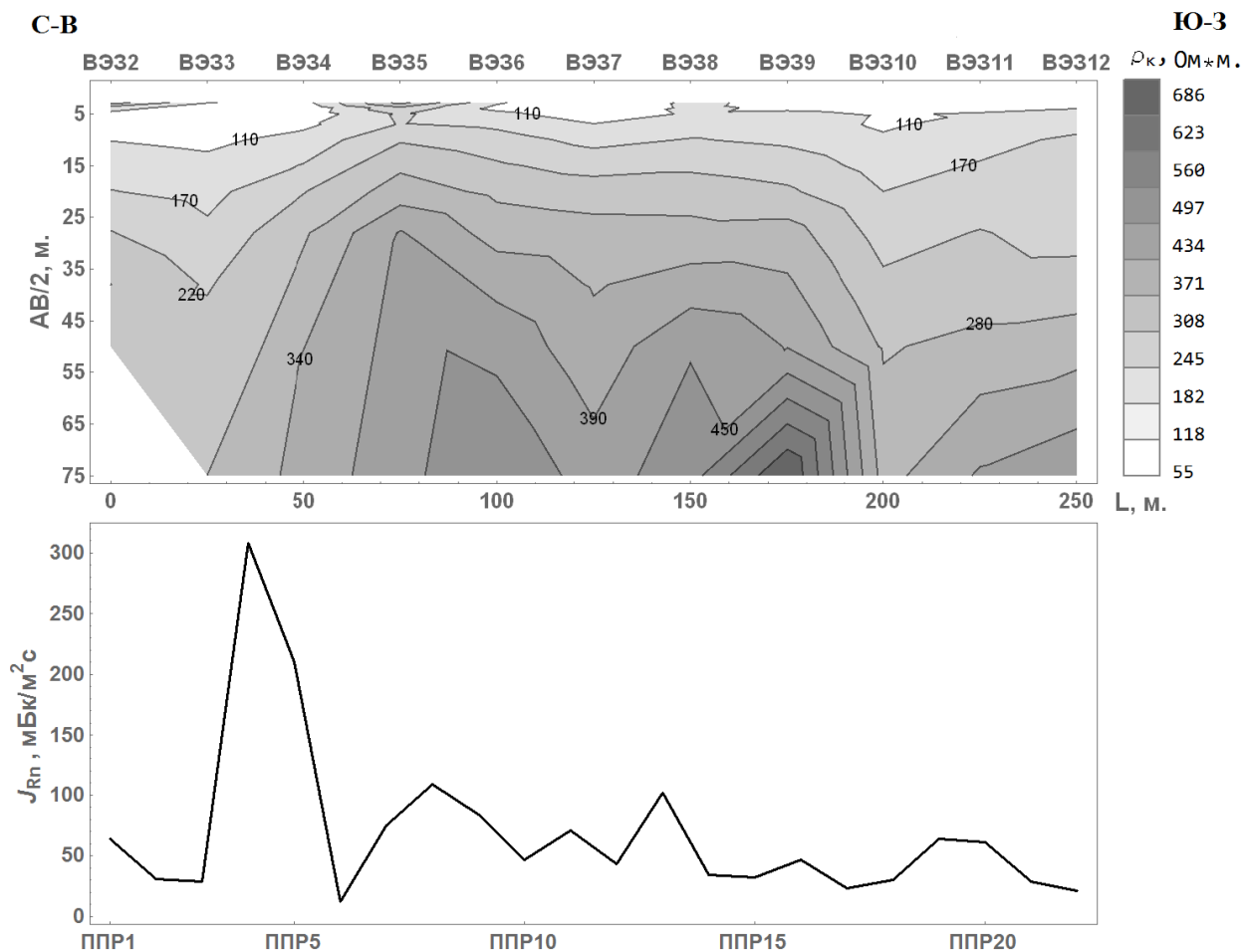


Рис.1. Разрез кажущихся сопротивлений по результатам ВЭЗ и данные плотности потока радона по профилю исследования.

Профиль исследования оказался полностью над зоной нарушенных скальных пород. В начале профиля располагаются нарушенные граниты, в конце профиля - раздробленные габбро, посередине профиля грунт сложен из перемешанных пород гранитов и габбро. В районе 30-40 метров расположены сильно раздробленные и обводнённые граниты, что подтверждается результатами бурения. Именно их раздробленность и близость к ненарушенным гранитным структурам способствует увеличению значений ППР в сравнении с остальным профилем. На остальном профиле особых выделяющихся значений нет, изменения значений от точки к точке явно связано с неоднородной структурой контакта.

Раздробленность и обводнённость габбро в конце профиля не привела к резкому увеличению значений ППР.

Таким образом, на данном контакте скальных пород был обнаружен участок с повышенной плотностью потока радона, что подтверждает сделанное предположение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по магниторазведке. – Л.: Недра, 1981. – 263 с.

УДК 550.34

СЕЙСМИЧНОСТЬ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА ЗА 2017 ГОД ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ УРАЛЬСКОЙ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ

Гусева Наталья Сергеевна¹, Голубева Инга Викторовна^{1,2}, Белевская Мария Александровна^{1,2}, Шулаков Денис Юрьевич^{1,2}, Варлашова Юлия Викторовна^{1,2}, Старикович Екатерина Николаевна^{1,2}
e-mail: natali.guseva.2010@mail.ru¹
 «ГИ УрО РАН», Россия, г. Пермь¹; ФИЦ ЕГС РАН, Россия, г. Обнинск²

Аннотация. В работе приводятся основные результаты инструментальных сейсмологических наблюдений на территории Урала за 2017 год.

INSTRUMENTAL SEISMIC OBSERVATION DATA OF THE URAL REGION IN 2017

Guseva Natalia¹, Golubeva Inga^{1,2}, Belevskaya Maria^{1,2}, Shulakov Denis^{1,2}, Varlashova Julia^{1,2}, Starikovich Ekaterina^{1,2}
e-mail: natali.guseva.2010@mail.ru¹
 «MI UB RAS», Perm¹; FRC GS RAS, Obninsk²

Summary. The main results of monitoring and analysis of seismic data of Ural Region in 2017 are given.

Постоянные инструментальные сейсмологические наблюдения в регионе были начаты в 1999 г. Лабораторией Природной и Техногенной сейсмичности Горного Института УрО РАН и продолжают по настоящее время при поддержке Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края [1]. Инструментальный контроль сейсмической активности территории Уральского региона проводится посредством сети из 7 станций («PR0R» Верхнечусовские Городки, «PR1R» Романово, «PR2R» Добрянка, «PR3R» Кунгур, «PR4R» Власы, «PR6R» Екимята и «PR7R» Сараны) на территории Пермского края (рис. 1). Для надежной локации региональных событий также привлекаются данные с сейсмостанций соседних регионов, входящих в сейсмологическую сеть Единой Геофизической Службы РАН, г. Обнинск («ARU» Арты, «SVUR» Североуральск, «SVE» Свердловск, «KAUR» Каменск-Уральский, «BA1R» Уфа и др.).

В результате обработки и интерпретации данных сейсмологических наблюдений на территории Уральского региона за 2017 г. зарегистрировано порядка 2000 событий различной природы отнесенных к группе локальных и региональных. Их можно разделить на три группы: местные природные землетрясения с эпицентрными расстояниями до 1000 км и локальные сейсмические события тектонического происхождения – менее 1%; местные природные события и локальные сейсмические события, связанные с разработкой месторождений (горно-тектонические удары) – 2%; технологические взрывы, производимые на карьерах региона – 98%. Удаленные события с эпицентрными расстояниями более 2000 км и магнитудами 3 и выше регистрируются постоянно всеми станциями региона в количестве более 3 500 в год. В 2017 году сейсмической сетью Западного Урала было зарегистрировано более 70 событий, отнесенных к группе местных и локальных землетрясений. Определить параметры очагов удалось только для 38 из них (рис.1), так как остальные слишком слабы ($M_L < 1.5$).

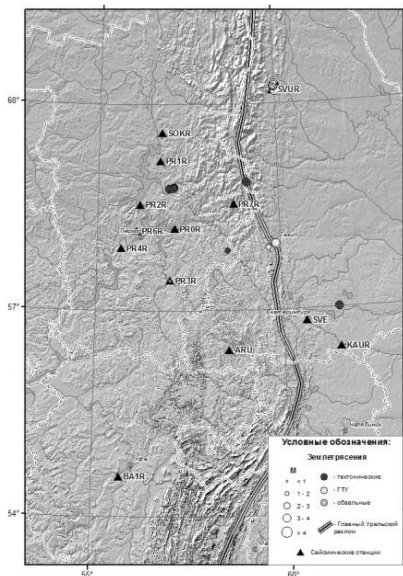


Рис. 1. Эпицентры землетрясений на Урале за 2017 г.

Горно-тектонические удары

Большая часть местных и локальных событий приходится на горно-тектонические удары (события, связанные с разработкой месторождений полезных ископаемых), происходящие на горно-добывающих объектах Свердловской области, такие как Североуральские бокситовые рудники ($\approx 50\%$) и Высокогорский ГОК (г. Нижний Тагил). Такое распределение уже традиционно и наблюдается в течении более чем 10 лет. Самым сильным сейсмическим событием на первом стал горно-тектонический удар на шахте Кальинская (г. Североуральск), произошедший 21 ноября в 03:59:34 с магнитудой 3.1. Согласно данным горняков событие ощущалось на обширной территории практически всеми людьми от г. Североуральска (7-12 км) до поселка Черемухово

(10-13 км). Макросейсмический опрос не проводился, оценить интенсивность сотрясений можно по шкале MSK-64 на уровне 3-4 баллов [2].

Вторым по значимости сейсмической активности является район г. Н. Тагил. Наиболее сильное событие 4 июня 2017 г. в 06:17:45 с M_L 3.3. В районе шахты Естюнинская и поселка Евстюниха (3-5 км) зафиксировано сотрясение массива. Разрушений в выработках шахты не зафиксировано.

События Пермского края

За 2017 г. было зарегистрировано 9 тектонических сейсмических события в Добрянском и Лысьвенском районах Пермского края. Первое событие произошло 10 марта 2017 г. в 20:03:49 с локальной магнитудой 1.7. Эпицентр его расположен в пределах Лысьвенского района в 8 км от поселка Кын. Зарегистрировано событие ближайшими станциями на расстояниях до 160 км. Кроме того, в августе 2017 года были зарегистрированы 9 событий (M_L -0.6 – -0.1) обвального типа в Кунгурской ледяной пещере. Они были вызваны вывалами пород в гроте Вышка общей массой 2.5 т с высоты 3 м. Зарегистрированы датчиками сейсмической станции «PR3R» в пещере и на поверхности

Остальные события Пермского края произошли в пределах Добрянского района, на север от поселка Таборы. В течение многих лет в районе формируется сейсмически активная зона, за инструментальный период наблюдений в исследуемом районе было зарегистрировано более сорока сейсмических событий с магнитудами (0.8 - 2.5), к примеру в 2016 – 3 события (M_L 1.8-2.2). За 2017 было 8 событий из этой компактной области, произошедших с июля по декабрь. Одно из землетрясений произошло в 14 км на северо-восток от населенного пункта 17 ноября в 8:00:01 с M_L 2.1. В тот же день через двадцать минут в 8:20:18 на расстоянии порядка одного километра произошел его автершок - событие с магнитудой 1.8. Все события зарегистрированы станциями региона – на расстоянии от 48 км, самые крупные из них также были записаны сейсмостанциями на расстояниях более 200 км. Макросейсмических проявлений ни одно из добрянских землетрясений не имело.

Природа данных событий на сегодняшний день остается до конца не выясненной, поскольку имеющиеся инструментальные данные не позволяют дать однозначного ответа на данный вопрос. При удалении ближайших станции на расстояние более 40 км глубина очага (< 10 км), практически не определяется. Кроме того, ошибка определения эпицентров в данном районе оценивается величиной 3-5 км. Неопределенности прибавляет тот факт, что в данном районе возможны разные типы очагов: обвальные, тектонические природные и индуцированные. В данном районе ведется добыча углеводородов, и высказывалось предположение [3], что тектонические события могут быть инициированными некомпенсированной откачкой флюидов. Однако два ближайших разрабатываемых месторождения нефти (Пихтовое и Ульяновское) находятся на расстоянии около 10 км от зоны к СВ и ЮВ соответственно. Это расстояние в два раза превышает возможную ошибку в

определении координат эпицентров, а месторождения являются относительно небольшими по размерам и запасам нефти, так что их влияние на геодинамические процессы в данной зоне представляется маловероятным.

В относительной близости от сейсмоактивной зоны (9 км к западу) находится крупная карстовая депрессия – Дурнятская котловина, и территория характеризуется активными карстовыми процессами. Это позволяет выдвинуть гипотезу, что регистрируемые землетрясения могут носить обвальный характер. Однако против этого предположения говорит то, что все эпицентры располагаются в пределах одной компактной зоны. Кроме того, локальные магнитуды этих землетрясений в среднем близки к 2, что для обвальных землетрясений является очень большой величиной: это примерно соответствует обрушению карстовой полости площадью 5000 м² [4].

Исходя из вышеизложенного, мы считаем, что с наибольшей вероятностью отмеченные события следует отнести к природным тектоническим землетрясениям. В тектоническом плане сейсмоактивная зона располагается в пределах Предуралья Краевого прогиба на сочленении Соликамской впадины с Косьюинско-Чусовской седловиной.

Землетрясения соседних регионов

Среди тектонических событий соседних регионов, а именно Свердловской области, стоит отметить событие 11 марта 2017 г в 03:12:42 с магнитудой 2.6, эпицентр которого ложится в зону влияния Главного Уральского разлома. Событие произошло в 25 км к северо-западу от г. Качканар. Данных о макросейсмических проявлениях данного землетрясения нет. В 2010 году 29 марта в 21:02:16 в этом же районе было зарегистрировано землетрясение с M_L 4.4. Колебания с интенсивностью в эпицентре 4-5 баллов ощущались в нескольких ближайших населенных пунктах в радиусе 40-50 км. Волновые формы событий 2010 и 2017 года весьма схожи. Исходя из выше изложенного, можно с большой долей вероятности сказать, что землетрясение 2017 года имеет так же тектоническое происхождение [5].

Результаты

В результате проведения мониторинговых наблюдений накоплен большой объем информации по особенностям проявления тектонических и техногенных сейсмических процессов на территории Уральского региона. Составлен каталог региональных землетрясений, в который вошло более 70 сейсмических событий с M_L от 1.5 до 3.3. Очаги землетрясений территориально относятся как к Пермскому краю, так и к прилегающим регионам. В целом сейсмичность Уральского региона в 2017 г. можно охарактеризовать как относительно спокойную, с активизацией в районе поселка Таборы Пермского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусева Н.С., Голубева И.В., Варлашова Ю.В., Верхоланцев Ф.Г., Злобина Т.В., Старикович Е.Н., Войтова А.С. Обзор сейсмичности Уральского региона за 2016 год // Восемнадцатая уральская молодежная научная школа по геофизике: Сборник науч. материалов. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2017, 266 с. С.74-78.
2. Сейсмическое районирование СССР / под ред. С.В.Медведева. – М.: Наука, 1968. – 476 с.
3. Адушкин В.В., Турунтаев С.Б. Техногенная сейсмичность – индуцированная и триггерная. – М.: ИДГ РАН, 2015. 364 с.
4. Malovichko A.A., Malovichko D.A., Dyagilev R.A., Shulakov D.Y. Multi-scale seismicity at potash mines. Fifteen years of the seismic monitoring at Verkhnekamskoye deposit // Rockbursts and seismicity in mines. Proceeding of the 8th International Symposium. Obninsk - Perm, 2013. P.463-473.
5. Дягилев Р.А., Голубева И.В. Параметры Качканарского землетрясения 29 марта 2010 г. по инструментальным данным // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Пятой Между-народной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С.89-93.

УДК 553.98

ПРОИСХОЖДЕНИЕ АНТАРКТИДЫ И СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

Ёжикова Мария Михайловна

e-mail: m-ashany-a@mail.ru

ООО СамараНИПИнефть, г. Самара, Россия

Аннотация: Изучены процессы, вероятнее всего, приведшие к образованию Северного Ледовитого океана и континента Антарктида.

THE ORIGIN OF ANTARCTICA AND THE ARCTIC OCEAN

Ezhikova Mariya Mikhailovna

e-mail: m-ashany-a@mail.ru

The society of limited liability "SamaraNIPIneft", Samara, Russia

Summary: Investigated processes which formed North Glacial Ocean and mainland Antarctic continent.

Представляет интерес разобраться какие из природных процессов, воздействующих на звезды/планеты в пределах нашей галактики, могут формировать облик планеты Земля.

Рассмотрим следующие процессы:

А) *Центрбежное вращение небесного тела (Земли) вокруг своей оси;*

В процессе изучения данного вопроса было обращено внимание на изменение облика планеты за время от зарождения Пангеи до настоящих дней. Как известно, Пангея занимала некоторый сектор на поверхности планеты от северного полюса до южного. Обнаружено, что на северном полюсе отсутствует материк, а на южном существует и по форме, в достаточной степени, совпадает с нынешней Антарктидой. Следует отметить, что местоположение и форма континента Антарктида на юге планеты остаются неизменными.

Обнаруженное явление, безусловно, представляет интерес. Была сделана попытка разобраться в выявленном феномене. С этой целью Земля рассматривалась как небесное тело в звездном пространстве, на которое воздействует вращательное движение Земли вокруг своей оси, а также силы, действующие на Землю при ее вращении вокруг центра нашей галактики.

Следствия, возникающие в результате нарушения ротационного режима Земли, по мнению К. Тяпкина[3] ведут к:

- 1) уменьшенному значению угловой скорости вращения чему будет соответствовать новый геоид с меньшим значением сжатия;
- 2) новому положению оси вращения Земли будет соответствовать новый геоид с тем же самым коэффициентом сжатия, но сдвинутым по отношению к прежнему положению оси вращения.

Как видно, оба процесса ведут к возникновению напряжений в Земле. Оказалось, что основной вклад в создание напряжений в земной коре вносится не вариацией угловой скорости вращения Земли, а изменением положения оси ее вращения. Изменяющиеся положения оси вращения указывают на то, что внутреннее распределение масс внутри Земли не сбалансировано. Это подтверждается наличием прецессии оси вращения Земли равной $50.26''$ в год. Полный цикл прецессионного движения Земли по контуру равен 26 тыс. лет. Напряжения, обусловленные относительным изменением положения оси вращения, накапливаясь, могут достигать величины, превышающих предел прочности пород литосферы, т.е. этих напряжений достаточно для разломообразования и сопутствующих ему геологических явлений»[3]. На наш взгляд именно прецессия и вращение Земли приводят к движению континентов на планете, кроме Антарктиды.

Б) *Вращение звезды/планеты вокруг центра галактики.*

Рассмотрим силы, действующие на планету при ее вращении вокруг центра галактики (рис.1). Для этого, прежде всего, определим пространственное положение планеты Земля в нашей галактике.

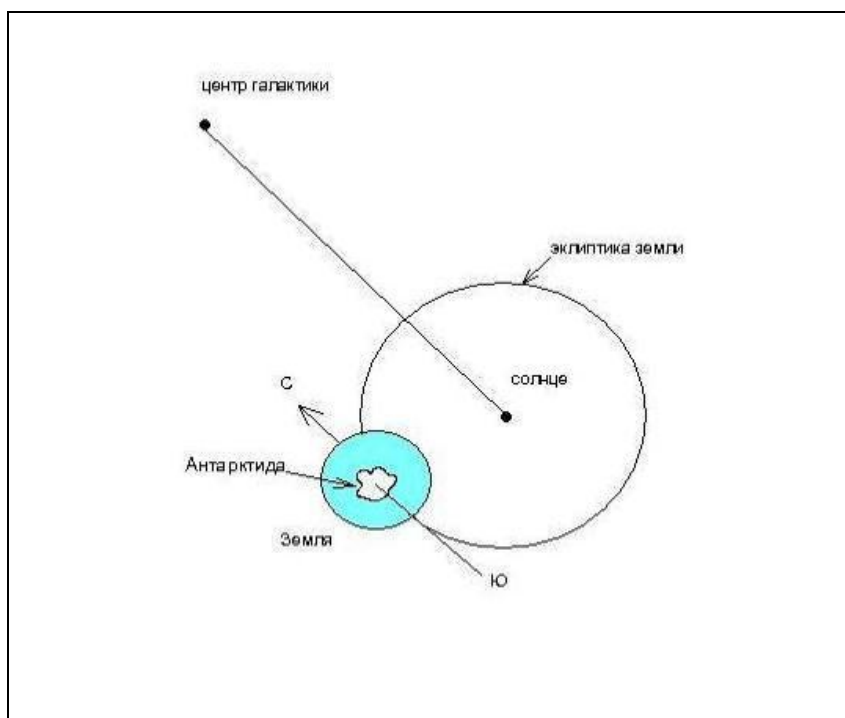


Рис. 1 Расположение планеты Земля относительно центра Галактики.

Установлено, что солнечная система находится на расстоянии $R_0 = 10$ кпк (килопарсек) от центра галактики. Плоскость земной орбиты - плоскость эклиптики лежит в плоскости солнечной системы и, в связи с этим, Земля направлена северным полюсом к центру галактики. По-видимому, при описанном пространственном положении Земли на процессы развития планеты определяющую роль оказывает центробежная сила, обусловленная вращением планеты вокруг центра галактики - $F_{цб.с.} = m \omega^2 R_0$, где m – масса, $\omega^2 R_0$ – ускорение, сообщаемое центробежной силой инерции и связанное с вращением Земли вокруг центра галактики [1, 2].

Оценим эти силы. Известно, что плотность пород земной коры составляет около $m_1 = 2800 \text{ кг/м}^3$, а плотность ядра Земли достигает $m_2 = 7800 \text{ кг/м}^3$. Примем условно R_0 и ω^2 равным 1.

Центробежная сила, действующая на земную кору планеты равна

$$F_{з.к.} = m_1 \omega^2 R_0 = 2800 \times 1 \times 1 = 2800 \text{ кгм/с}^2,$$

$$\text{а на ядро } F_{ядро} = m_2 \omega^2 R_0 = 7800 \times 1 \times 1 = 7800 \text{ кгм/с}^2$$

Как видно из расчетов сила, действующая на ядро в 2,9 раза больше, чем на земную кору. Подобное воздействие центробежной силы на планету приводит к тому, что ядро планеты смещено к южному полюсу (рис.2).

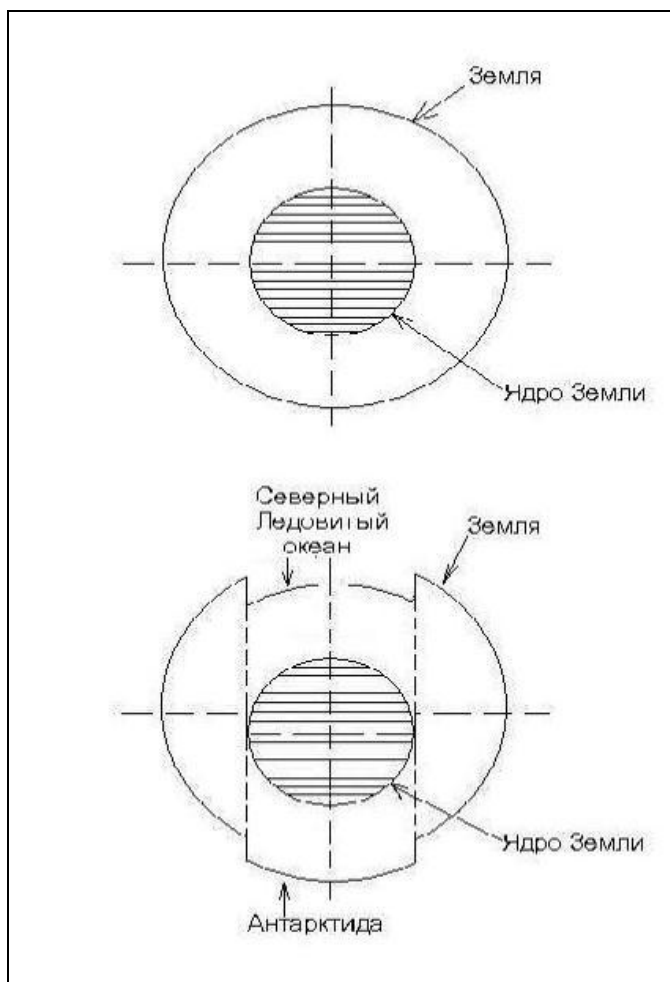


Рис. 2 Формирование Северного Ледовитого океана и Антарктиды.

Смещение ядра планеты к югу, по нашему мнению, проявляется в виде Северного Ледовитого океана, средняя глубина, которого составляет 2300 м, и Антарктиды, средняя высота которой равняется 2040 м. Обращают на себя также внимание площади Северного Ледовитого океана, экваториального сечения ядра планеты и Антарктиды в границах окружающих ее желобов:

1. площадь Северного Ледовитого океана составляет 14.756.000 км²;
2. площадь ядра при радиусе 3400 км равна 36.300.000км²;
3. площадь Антарктиды - 32.200.000 км².

Площадь Северного Ледовитого океана, вполне возможно, оказалась заниженной за счет интенсивного сброса терригенных материалов реками, впадающими в него. Представленные результаты убедительно свидетельствуют о том, что появление Северного Ледовитого океана и Антарктиды обусловлено действием центробежной силы, действующей на планету при ее вращении вокруг центра галактики.

Автор доклада выражает свою благодарность Малыхину М.Д. – к.г.-м.н, доценту кафедры «Геология и геофизика» СамГТУ за помощь в выборе темы доклада и решении возникающих вопросов, связанных с темой доклада.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дубошин Г.Н. Небесная механика, М.: Наука, 1978 г., стр. 60-66.
2. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики, Справочник, Киев, 1989 г. Стр. 56-60
3. Тяпкин К.Ф. и др. Вращение Земли – единственный реальный источник тектогенеза, Геофизика №1, 2007 г. Стр. 61-62

УДК 532.5:627.431:550.837.31(571.56)

ИЗУЧЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ШЛАМОВЫХ ВОД МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ (МИРНЫЙ, РЕСПУБЛИКА САХА)*Зырянова Анастасия Викторовна**e-mail: missis.zyrianova2011@yandex.ru**Уральский государственный горный университет, Россия, Екатеринбург*

Аннотация. В статье представлен и обсуждается пример успешного использования электроразведочных исследований и термометрических измерений для изучения и мониторинга состояния хвостохранилища Вилюйского горно-обогатительного комбината (ГОКа).

Данный пример показывает эффективность применения электроразведки для изучения фильтрационного потока и необходимость широкого применения ее в мониторинге систем.

Ключевые слова. Электротомография, гидротехнические сооружения, мониторинговые работы, фильтрация, криолитозона.

STUDY OF THE FILTRATION OF HIGH-UNIMITED SOLID WATER BY ELECTROTOMOGRAPHY METHOD (MIRNIY, REPUBLIC OF SAHA)*Zyryanova Anastasia Viktorovna**e-mail: missis.zyrianova2011@yandex.ru**The Ural State Mining University, Russia, Yekaterinburg*

Summary. In article it is presented and the example of successful use of electroprospecting researches and thermometric measurements for studying and monitoring of a condition of the tailings dam of Vilouiski mining and processing works.

This example is set by efficiency of application of electroprospecting for studying of a filtrational stream and need of its broad application for monitoring of systems.

Key words. Geophysical surveys, electrotomography, hydraulic structures, monitoring, filtering, cryolithozone.

Насыпные гидротехнические сооружения (ГТС) представляют собой объекты повышенного внимания, в случае их разрушения урон и потери трудно оценить, поэтому крайне важно следить за их состоянием. Экологически опасные ситуации на подобных объектах связаны с возникновением фильтрации. При регулярных наблюдениях (мониторинге) геофизические методы могут выявить потенциальное место возникновения фильтрации. Различие электрических параметров мерзлых, талых и насыщенных минерализованными водами грунтов является благоприятной предпосылкой для проведения электроразведки [1].

Целью данной работы является повышение эффективности исследования шламовых полей ГТС на примере работ, выполненных автором в составе бригады геофизиков Якутского научно-исследовательского и проектного института по добыче алмазов в г. Мирный.

Геофизические работы выполнялись на хвостохранилище Вилюйского ГОКа для прослеживания предполагаемых фильтрационных потоков и определения геокриологических условий грунтов хвостохранилища. Использовался метод сопротивлений в модификации электротомографии по системе параллельных профилей. Общая протяженность профилей составила 8750 м, их длина от 320 до 2000 м. Шаг съемки 10 м. Применялась аппаратура IV поколения «Скала-64», разработанная КБ «Электрометрия».

Характеристика объекта. Объект исследований располагается в 20 км к северу от г. Мирный и является гидротехническим сооружением I класса, по типу овражное, намывное. Хвостохранилище предназначено для складирования отходов обогащения (хвостов) кимберлитовых руд, введено в эксплуатацию 03.10.1990 г.

В основании хвостохранилища залегают элювиальные породы нижнего ордовика, представленные сильновыветрелыми мергелями с линзами известняков мощностью до 3 м. Мощность элювиальных грунтов не превышает 5 м. Элювий перекрыт делювиальными крупнообломочными грунтами с суглинистым и супесчаным заполнителем до 10 %. Обломочный материал представлен известняком и долеритом. Мощность делювия незначительна, до 4 м. Аллювиальные отложения имеют узкое локальное распространение, мощностью не более 3 м. Сложены они гравийными и галечниковыми грунтами с супесчаным заполнителем до 30 – 40 %. Коэффициент фильтрации исследуемых отложений достигает 17,3 м/сут (архивные данные).

Одной из причин изучения фильтрации на данном объекте является опасность значительного экологического ущерба, что связано с гидрологическим расположением хвостохранилища вблизи реки Маезадва, которая принадлежит бассейну р. Вилюй.

Методика измерений и вычислений. Особенности электротомографии – высокая плотность наблюдений и автоматическая обработка большого количества измерений в короткие сроки. Скала-64 – это многоэлектродная измерительная станция, позволяющая подключать до 64 электродов через четыре сегмента (один сегмент содержит 16 электродов) и выполнять протокол измерений. При продолжительности профилей свыше 640 метров использовалась схема продолжающегося профиля с переносами сегмента или двухсегментного кабеля предыдущей расстановки в сторону удлинения профиля. Данный способ позволяет получать непрерывный геоэлектрический разрез вдоль исследуемого профиля. Использовались установки «Шлюмберже» и «Дипольная».

Для обработки измерений применялась программа RiPPP, специально адаптированная для работы с использованным комплектом аппаратуры. Для последующей интерпретации данных использовалась программа «RES2DINV», которая применялась для быстрой двумерной (2D) инверсии данных [1, 2].

По данным электротомографии построены геоэлектрические разрезы до глубины 100 м и планы ρ_k на разных глубинах.

Результаты исследований. После сопоставления температурных данных с полученными уровнями удельных электрических сопротивлений была составлена шкала ρ_k со следующей градацией: до 20 Ом·м – водонасыщенные породы, 50 – 120 Ом·м – талые породы, более 300 Ом·м – мерзлые породы.

По результатам исследования зона фильтрации с УЭС 5-20 Ом·м. выделяется по всему телу ограждающей дамбы, подошва зоны фильтрации в основном совпадает с границей подстилающих коренных грунтов (за исключением правого борта).

Правобережное примыкание ограждающей дамбы характеризуется повышенными значениями ρ_k 300-2000 Ом·м, что указывает на мерзлое состояние грунтов.

Низкие значения сопротивлений 5-50 Ом·м. выделяются в верхней части разреза левобережного примыкания, таким образом картируется зона обходной приповерхностной фильтрации, протекающая по коренным дезинтегрированным грунтам.

Рекомендации. При проведении последующих геофизических работ зону приповерхностной фильтрации в левобережном примыкании рекомендуется проследить площадной съемкой до плотины пруда-накопителя методом срединного градиента с разносами питающей линии 50 и 100 м.

Удлинить на восток профиля ограждающей дамбы, чтобы полностью откартировать зону глубинной фильтрации шламовых вод. Провести профильные наблюдения вкост от насыпного тела дамбы, либо от нижнего бьефа в верхний.

На плотине пруда-накопителя рекомендуется пройти дополнительный профиль на нижнем бьефе у основания плотины.

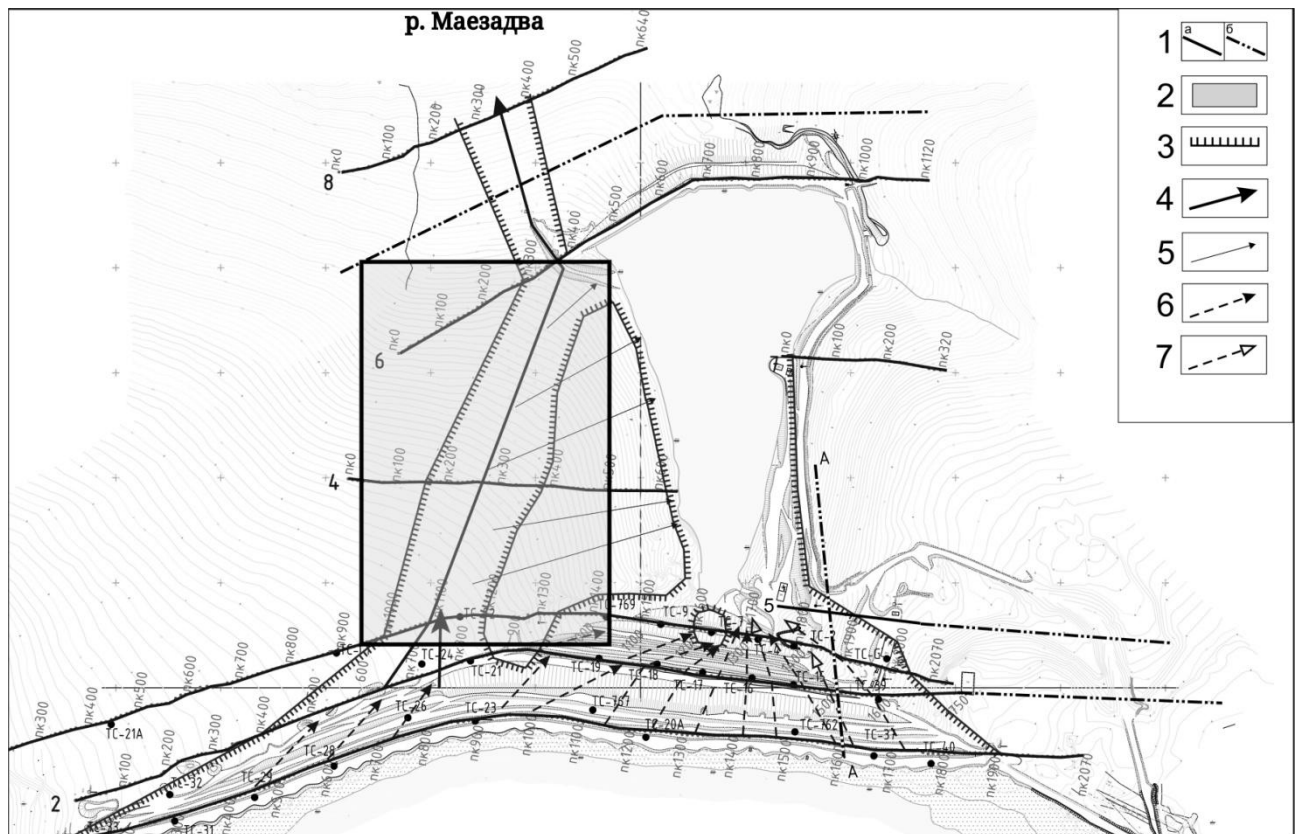


Рис. 1. Схема интерпретации геофизических данных

1 – профили: а) исследования, б) рекомендованные; 2 – рекомендованная площадная съемка МСГ; 3 – граница талых мерзлых грунтов 10 м от дневной поверхности; 4 – направление основного фильтрационного потока в левобережном примыкании 5-10 м от дневной поверхности; 5 – направления приповерхностных фильтрационных потоков 0-5 м; 6 – участки поступления фильтрационных вод 5-40 м от дневной поверхности; 7 – направление основного фильтрационного потока 10-70 м от дневной поверхности (преимущественно в коренных дезинтегрированных породах)

Автор выражает искреннюю благодарность Кузину Алексею Васильевичу за общее научное руководство, также отделу инженерных изысканий АК "АЛРОСА" (ПАО) Якутннпроалмаз за предоставленные материалы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зарипов Р.М. Специфика электротомографии при анализе разломных зон Приольхонья (Западное Прибайкалье) // Вестник ИрГТУ №3 (86) 2014 г, стр. 56-65.
2. Саковская А.В., Лухманов В.Л., Муслимов А.В. Возможности геофизических методов при контроле и мониторинге технического состояния ограждающих дамб горнообогатительных комбинатов в криолитозоне // Инженерная геофизика 2017 – Кисловодск, Россия, 24-28 апреля 2017 г.

УДК 550.835

РЕНТГЕНРАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЖЕЛЕЗО-МАРГАНЦЕВЫХ РУД

Имангалиулы Илияс¹, Тебаева Анар Юлаевна²

e-mail: pak_kargtu@mail.ru¹, anara.tebaeva@gmail.com²

*Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан,
г. Караганда*

Аннотация. Предложена методика инструментального экспресс-анализа, заключающаяся в раздельном количественном определении железа и марганца в рудах с помощью рентгенофлуоресцентного способа.

X-RAY RADIOMETRIC CONTROL IRON - MANGANESE ORES

Imangaliuli Iliyasa¹, Tebaeva Anar Yulaevna²

e-mail: pak_kargtu@mail.ru¹, anara.tebaeva@gmail.com²

Karaganda State Technical University, The Republic of Kazakhstan, Karaganda

Summary. The technique of instrumental express analysis is proposed, which consists in a separate quantitative determination of iron and manganese in ores by means the X-ray fluorescent method.

В практике экспрессного анализа твердого топлива находят применение ядерно-физические методы, которые составляют серьезную конкуренцию традиционным химическим методам анализа. Среди ядерно-физических методов наибольшую популярность получили инструментальные методы с применением гамма-излучения, отличающиеся сравнительно высокой чувствительностью, недеструктивностью и простотой реализации [1].

Радиоизотопный рентгенофлуоресцентный метод нашел широкое применение при элементном анализе различных веществ, благодаря сравнительно высокой чувствительности анализа, его недеструктивности и простоте в аппаратурной реализации. Важное значение приобретает правильный выбор энергии первичного гамма-излучения для возбуждения рентгеновской флуоресценции определяемого элемента. Актуальность выбора ширины энергетического окна спектрометра состоит в том, что в зависимости от ширины окна ΔE в области рентгеновской флуоресценции определяемого варьируют такие важнейшие метрологические параметры, как относительная чувствительность метода и статистическая погрешность измерения, характерная лишь при измерениях радиоактивности [2].

В практике рентгенофлуоресцентного анализа известны различные методические подходы к выбору оптимальной ширины энергетического интервала в области аналитической линии определяемого элемента. Особенно актуальна эта задача при использовании сцинтилляционных и газоразрядных пропорциональных детекторов, имеющих конечное энергетическое разрешение.

Оптимизация ширины энергетического окна спектрометра выполнена с точки зрения минимизации влияния аппаратурной нестабильности и получения минимальной пороговой чувствительности. Рекомендованные с этих позиций оптимальные аппаратурные параметры спектрометра строго регламентированы только в зависимости от энергии рентгеновской флуоресценции определяемого элемента.

Сложность раздельного количественного определения железа и марганца в рудах состоит в том, что из-за недостаточного энергетического разрешения пропорциональных детекторов, невозможна раздельная регистрация аналитических линий (K-серий характеристического излучения) этих двух элементов с близкими атомными номерами [3].

С целью селективной регистрации К-серий рентгеновской флуоресценции железа (~6,4 кэВ) и марганца (~5,9 кэВ) использован краевой фильтр из хрома, энергия К-края поглощения которого заключена в интервале между энергиями аналитических линий определяемых элементов.

Для возбуждения рентгеновского флуоресцентного излучения железа и марганца применяется ампульный радиоизотопный источник плутоний-238 (~16 кэВ), позволяющий обеспечить не только высокую эффективность возбуждения К-серий излучений определяемых элементов, но и достаточную чувствительность при незначительном эффекте концентрационного вырождения.

Методика отдельного определения железа и марганца реализована с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра РРК-103. Стабилизация спектрометрического тракта аппаратуры выполнена с использованием дополнительного реперного источника кадмий-109 активностью ~ 10⁷ Бк.

Суть предложенной методики заключается в проведении измерений интенсивностей рентгеновской флуоресценции в энергетическом диапазоне 4,7-7,3 кэВ с хромовым фильтром и без фильтра. Оптимальная толщина фильтра выбиралась с точки зрения получения максимальной контрастности метода.

Статистической обработкой результатов исследований образцовых проб с различными содержаниями железа (m_{Fe}) и марганца (m_{Mn}) получены эмпирические соотношения, связывающие содержания определяемых элементов с измеренными интенсивностями с фильтром N' и без фильтра N:

$$\begin{aligned} m_{Fe} &= a_0 + a_1 N + a_2 N' \\ m_{Mn} &= b_0 + b_1 N + b_2 N' \end{aligned} \quad (1)$$

где a₀, a₁, a₂; b₀, b₁, b₂ - постоянные коэффициенты, найденные методом наименьших квадратов.

Использование данной методики с избирательным фильтром и решением двух уравнений не исключает в полной мере дестабилизирующее влияние матричного эффекта, связанного с различием исходных руд и концентратов по вещественному составу и диапазону изменения концентраций железа и марганца.

Это делает данные взаимосвязи неоднозначными для различных объектов анализа (коэффициенты a₀ ... a₂; b₀ ... b₂ меняются).

Более полный учет состава руд за счет уточнения постоянных коэффициентов в зависимости от объекта контроля позволил добиться удовлетворительности точности анализа. Среднеквадратические погрешности определения содержания железа и марганца не превышают погрешности воспроизводимости стандартного (химического) анализа. Оценка правильности методики рентгенофлуоресцентного анализа показала, что расхождения между результатами физического и химического методов носят случайный характер.

Авторы выражают благодарность научному руководителю Пак Дмитрию Юрьевичу

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Старчик Л.П., Пак Ю.Н. Ядерно-физические методы контроля качества твердого топлива. – М.: Недра, 1985, С. 224.
2. Клемпнер К.С., Васильев А.Г. Физические методы контроля зольности угля. – М.: Недра, 1978. С.174.
3. Пак Ю.Н. Оптимизация параметров рентгенорадиометрического метода применительно к анализу квазибинарных смесей. // Известия вузов. Горный журнал. 1987. № 12. С. 1–5.

УДК 550.34

**СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАПИСЕЙ ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ
НА СЕЙСМОСТАНЦИЯХ РЕГИОНАЛЬНОЙ ВОРОНЕЖСКОЙ СЕТИ**

Калинина Элеонора Владимировна^{1,2}, Пивоваров Роман Сергеевич¹
e-mail: elakalinina@gmail.com¹

¹ФИЦ ЕГС РАН, г. Воронеж; ²ИДГ РАН, г. Москва

Аннотация: Показана роль геологических условий в месте установки сейсмической станции при регистрации телесеismicких землетрясений.

**SPECTRAL ANALYSIS OF RECORDS OF TELESEISMIC EVENTS BY DATA OF
SEISMIC STATIONS OF THE REGIONAL VORONEZH NETWORK**

E.V. Kalinina^{1,2}, R.S. Pivovarov¹
e-mail: elakalinina@gmail.com¹

FRC UCS RAS, Voronezh¹; IDG RAS, Moscow²

Summary: Presents the results of researches spectra of P-wave and S-wave of teleseismic events for seismic stations located in different geological and geodynamic conditions.

На территории ВКМ (Воронежского кристаллического массива) на протяжении длительного периода времени функционирует сеть сейсмических станций (входящая в федеральную сеть), которая позволяет проводить как текущий мониторинг глобальной и региональной сейсмической обстановки, так и накапливать материал для проведения более детальных сейсмологических исследований. Станции федеральной сети ВКМ, находятся на удалении друг от друга 150-200 км. Геолого-динамические условия в месте расположения станций различны. В настоящей работе исследовано влияние особенностей геологического строения в месте расположения станции на запись сейсмических событий.

Для проведения исследования были выбраны наиболее сильные, глубокофокусные землетрясения, произошедшие за последние несколько лет с эпицентральным расстоянием от 60° до 90° (рис.1). Что позволяет минимизировать различие строения геологии в районе размещения очага сейсмического события и получить относительно небольшие углы выхода сейсмических волн (по отношению к нормали поверхности) в районе расположения сейсмических станций, позволяющие оценить особенности именно района расположения станции.

В работе рассматривались записи 10 глубокофокусных землетрясений по данным станций (Сторожевое «VSR», Галичья гора «LPSR», Новохоперск «VRH») находящихся в различных геолого-динамических условиях (рис.2, 3).

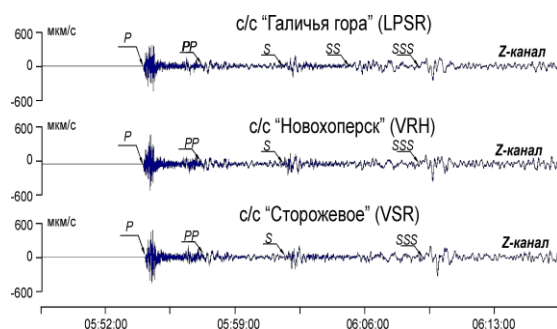


Рис.1. Пример записи высокомагнитудного глубокофокусного землетрясения произошедшего 24.05.2013 г. в Охотском море.

Сейсмическая станция «Сторожевое» расположена в пределах Лосевской шовной зоны. Глубина залегания кристаллического основания здесь составляет +25 м, отметка дневного рельефа 180 м. Осадочный чехол, мощностью 150-160 м, сложен отложениями аргиллитоподобных глин с прослоями известняков, известняками с прослоями глин, мелом, суглинками и песками (рис. 3), залегает на кристаллическом основании, представленном лосевской вулканогенно-осадочной толщей.

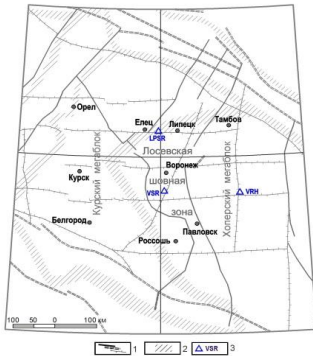


Рис. 2 – Схема расположения сейсмических станций
1 – тектонические разломы различного ранга; 2 – зоны сочленения геоблоков; 3 – сейсмические станции региональной сети

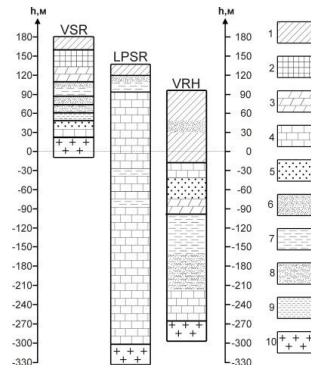


Рис. 3 – Разрез осадочного чехла в районах расположения сейсмических станций (по данным ГПП «Воронежгеология») 1 – суглинки; 2 – мел; 3 – мергели; 4 – известняки; 5 – песчаники; 6 – песок; 7 – глины; 8 – алевролиты; 9 – аргиллиты; 10 – коренные породы

Сейсмостанция «Новохоперск» расположена в пределах Хоперского мегаблока, отличающегося как по геологическому строению, так и по геодинамической позиции от остальной части ВКМ. Мощность осадочного чехла составляет здесь около 350 м, при этом его разрез значительно отличается от разреза осадочного чехла в районе сейсмостанции VSR. Осадочные породы представлены: песками, глинами, песчаниками (рис. 3).

Сейсмостанция «Галичья гора» расположена на окраине Лосевской шовной зоны, гораздо севернее станции «Сторожевое». Геологическое строение земной коры в районе сейсмостанции LPSR значительно отличается от районов расположения сейсмостанций VSR и VRH. Мощность осадочных пород здесь почти в 3 раза больше, чем в районе сейсмостанции «Сторожевое» Осадочный чехол здесь состоит из известняка с прослоями глины, суглинки, песка (рис. 3) [1].

Для выделения особенностей записей сейсмических событий в различных геологических условиях, были построены и проанализированы амплитудно-частотные спектры групп Р и S волн. В спектрах группы Р волн особый интерес представляет диапазон частот 0.6-4.0 Гц (рис.4), так как в нем наблюдаются наибольшие расхождения в значениях спектральных амплитуд. В более же низких частотах, поведения сигнала схоже, а на более высоких частотах своё влияние на спектры оказывает микросейсмический шум в районе расположения сейсмических станций. Так, практически во всех амплитудно-частотных спектрах землетрясений по данным станции VSR, наблюдается некоторое увеличение спектральных амплитуд в диапазоне 2.0 до 4.0 Гц по сравнению с амплитудно-частотными спектрами других станций. Подобное увеличение амплитуд в частотном диапазоне 1.2-2.2 Гц, наблюдается и по записям станции VRH. При этом амплитудно-частотный спектр станции LPSR практически на всем диапазоне частот имеет меньшие спектральные амплитуды по сравнению с записями других станций. Исключение составляют случаи, когда наблюдаются увеличенные спектральные амплитуды в диапазоне частот 0.8-1.2 Гц по отношению к записям других станций. На выделенные особенности ранее уже было указано в работе [2], не смотря на то, что ранее рассматривались землетрясения с меньшими эпицентрными расстояниями и глубинами очага.

Амплитудно-частотные спектры группы S волн горизонтальных составляющих, имеют другие характерные особенности в отличие от записей группы P волн. По отношению к записям других станций, в амплитудно-частотных спектрах станции VRH наблюдается повышенные спектральные амплитуды в диапазоне частот 0.5-2.0 Гц, в виде двух локальных максимумов. Для записей станции VSR характерен один локальный максимум в частотном диапазоне 0.6-1.4 Гц, который при этом практически не превышает значения спектральных амплитуд VRH. Амплитудно-частотные спектры записей сейсмической станции «Галичья гора» не имеют ярко выраженных локальных максимумов.

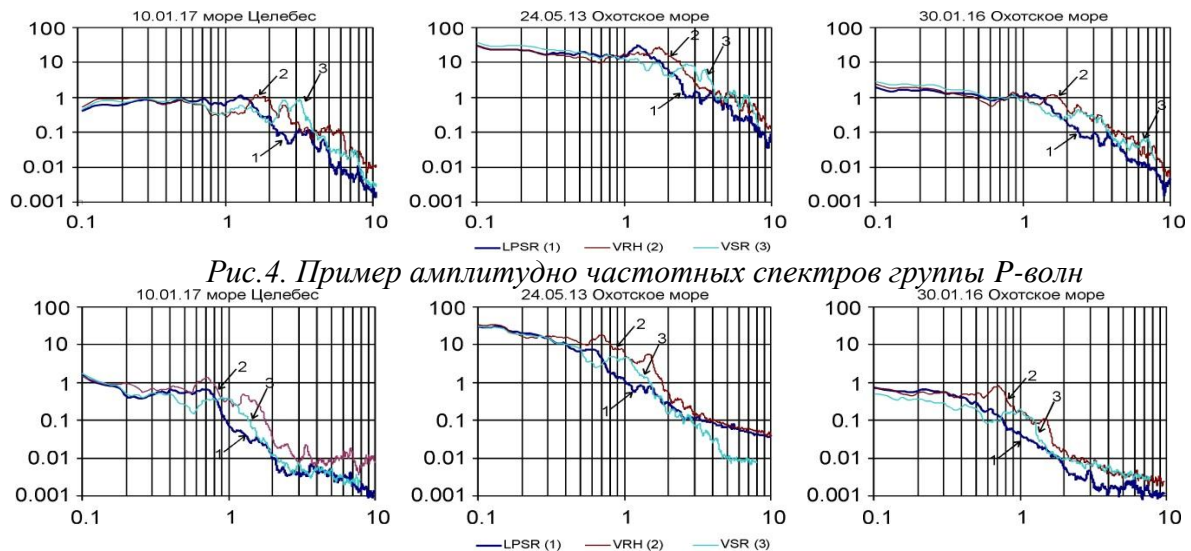


Рис.4. Пример амплитудно частотных спектров группы P-волн

Рис.4. Пример амплитудно частотных спектров группы S-волн

Выявленные особенности, скорее всего, имеет непосредственную связь с различиями в геологическом строении места расположения сейсмических станций. Так, меньшие спектральные амплитуды записей станции LPSR, по сравнению с записями других станций, скорее всего, связаны с осадочным чехлом, который имеет большую мощность чем на других станциях и в основном сложен практически только известняковыми образованиями с незначительными прослоями глин. В то же время в районе размещения станции VSR осадочный чехол имеет наименьшую мощность и большую раздробленность, представлен суглинками, мелом, известняками, песчаными породами, что предположительно повлияло на положение локального максимума в амплитудно-частотном спектре. Станция «Новохоперск» имеет несколько меньший слой осадочного чехла по сравнению с районом размещения станции LPSR, который представлен в основном суглинками, глинами, небольшими прослойками известняка с песчаником.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что выявленные особенности амплитудно-частотных спектров записей разных станций в значительной степени связаны с геолого-геодинамическими особенностями в месте расположения сейсмических станций.

Авторы выражают благодарность за помощь в написании работы и за консультации всему коллективу ЛСМ ВКМ, в особенности: зав. лаб. Надежке Л.И., Ефременко М.А., Пивоварову С.П.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трегуб А.И. Неотектоника Воронежского кристаллического массива/ А.И. Трегуб// Труды НИИ Геологии Воронежского государственного университета.– Вып.9.–Воронеж: изд-во ВГУ, 2002.– 220 с.
2. Надежка Л.И., Ефременко М.А. Сафронич И.Н. Особенности записи телесеизмических событий региональной Воронежской сетью // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Пятой Международной сейсмологической школы.– Обнинск: ГС РАН, 2010.– С. 120-124.

УДК 553.982/981

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ АНЧАР ПРИ
ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ
УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Кашин Глеб Юрьевич¹, Истомина Наталья Григорьевна²
e-mail: gleb.gurza159@yandex.ru¹, Istomina.N.G@gmail.com²

*Удмуртский Государственный Университет, Институт нефти и газа им. Гуцериева,
Ижевск, Россия*

Аннотация. В данном докладе обозначены ключевые проблемы при прогнозировании залежей углеводородов методом общей глубинной точки. В качестве решения данных проблем рассмотрено применения метода АНЧАР. Представлены преимущества использования технологии АНЧАР при прогнозировании нефти и газа.

**PROSPECTS OF APPLICATION OF THE ACOUSTIC LOW FREQUENCY
EXPLORATION TECHNOLOGY WHILE FORECASTING OF HYDROCARBON
DEPOSITS ON THE TERRITORY OF THE UDMURT REPUBLIC**

Kashin Gleb Yuorievich¹, Istomina Natalia Grigoryevna²
e-mail: gleb.gurza159@yandex.ru¹, Istomina.N.G@gmail.com²

Udmurt State University, Institute of Oil and Gas im. Gutserieva, Izhevsk, Russia

Summary. In this repost, the key problems are indicated in the prediction of hydrocarbon deposits by the method common depth point. Application of the method of acoustic low frequency exploration is considered as a solution to the problems. The advantages presents by the use of technology in predicting oil and gas.

Геологи Удмуртской Республики вплотную подошли к завершающему этапу поисков углеводородов в структурных ловушках, наиболее распространенных объектах, содержащих залежи углеводородов. В районах наибольшей плотности бурения отмечается своеобразный «структурный» голод. В связи с этим активное прогнозирование залежей углеводородов в неструктурных ловушках, является одним из перспективных направлений поисковых работ. Так же перспективными поисковыми структурами в Удмуртии являются плохо выделяемые обычными сейсмическими методами продуктивные девонские отложения.

Поиск и прогнозирование запасов нефти в неструктурных ловушках и малоизученных сейсмикой малоамплитудных ловушках терригенного девона, в данный этап является основной задачей поисковой геологии Удмуртии.

Для этих целей на территории Удмуртской Республики обычно применяется метод МОГТ, который основан на разности распространения упругих волн в горных породах. Метод является достаточно надежным инструментом при прогнозировании залежей углеводородов. Однако, он имеет ряд ограничений, в том числе при поиске глубокозалегающих залежей. Несмотря на то, что при применении МОГТ может быть получена точная информация по структурному строению изучаемого района, он не может однозначно ответить на вопрос о наличии промышленных запасов нефти или газа в выявленных геологических структурах, вследствие чего бывает пробурено большое количество «пустых» скважин.

Одной из технологий, позволяющих во многом решить эти проблемы, является созданная в 1990-е годы (Арутюнов С.Л. и др.) технология прогнозирования флюидонасыщения АНЧАР.

АНЧАР – микросейсмическая инфразвуковая разведка, технология прогноза углеводородов в недрах Земли.

Если главной целью сейсморазведки является выявление перспективных геологических структур для наличия в них углеводородов, то задача АНЧАР – прогноз залежей углеводородов.

Отличительной чертой данной технологии является то, что сигнал, несущий геологическую информацию, является не отраженным или преломленным поверхностью напластования, а собственное шумовое микросейсмическое излучение нефтегазовой залежи (микросейсмы АНЧАР НГЗ) [3].

Скорость проведения полевых работ при применении АНЧАР составляет 4-6 км²/сут. Обработка данных составляет около двух дней. К недостаткам технологии можно отнести то, что стоимость проведения работ этим методом превышает стоимость работ 3D сейсморазведки примерно в два раза. Однако, скорость проведения полного цикла работ методом АНЧАР в 2 раза выше скорости проведения работ 3D сейсморазведки.

Использование АНЧАР в комплексе со стандартными методами изучения структурного строения продуктивных толщ позволит прогнозировать нефтегазоносность территорий, сокращая затраты денег и времени на разбуривание «пустых» залежей нефти и газа, ускоряет восполнение ресурсов углеводородов.

Опыт применения технологии АНЧАР показывает возможность прогнозировать углеводороды при любых литологических неоднородностях и любой расчлененности залежей углеводородов. Условием, ограничивающим применение метода, являются только малые (менее 3 м) нефтегазоносные толщины пластов-коллекторов.

АНЧАР применяется для прогнозирования залежей углеводородов в неструктурных ловушках и в других сложных малоамплитудных и малоразмерных ловушках, характеризующихся локальной и вертикальной изменчивостью, какими являются девонские залежи на территории Удмуртской республики.

Применение технологии АНЧАР нефтедобывающими компаниями Удмуртии позволило бы выявлять неструктурные ловушки, располагающиеся вблизи зон тектонических разломов на уже открытых месторождениях нефти. По оценке [1] доля ресурсов нефти, сосредоточенная в ловушках-спутниках может составлять до 35% от начальных запасов месторождений нефти, расположенных рядом.

Так же, применение данной технологии способствовало бы более надежной подготовке малоамплитудных ловушек терригенного девона, начальные суммарные ресурсы которых оцениваются приблизительно в 90 млн. тонн нефти, что составляет около 10% всех начальных суммарных запасов Удмуртии[1].

Прогнозирование запасов углеводородов в неструктурных ловушках и девонских залежей позволит нарастить запасы нефти, а в последующем значительно увеличить добычу нефти благодаря последующему вовлечению новых высокодебитных залежей в разработку.

Эффективность применения технологии АНЧАР в Удмуртии достижима за счет:

- детального обоснования на обнаруженных месторождениях углеводородов наиболее перспективных точек для вскрытия добывающими и нагнетательными скважинами продуктивных отложений;

- снижения затрат на бурение «пустых» скважин – до 300-500 млн. руб./год;
- высокой экологической безопасности метода;
- возможность использования технологии в сложных сейсмологических условиях;
- достижения высокого коэффициента успешности данного метода (более 0,8) практически независимо от глубины залежи углеводородов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соснин Н.Е. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности сложнопостроенных девонских терригенных отложений на территории Удмуртской Республики: автореф. дис... канд. геол.-минер. наук / Н.Е.Соснин.- Пермь, 2013.- 16 с.
2. Нестеров И.И. Проблемы геологии нефти и газа второй половины 20 века/ И.И. Нестеров //Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Российской академии наук, 2007. - С. 202-209.
3. Арутюнов С.Л.Технология АНЧАР при поиске и мониторинге залежей углеводородов / С.Л.Арутюнов, С.М Карнаухов., С.В. Позднеухов, В.Д. Булавин, Н.Н. Востров //Новосибирск: Технологии сейсморазведки. 2010. – № 1. – С. 58-66.

УДК 550.380.89

**ПЕРВЫЙ ОПЫТ СВЕРКИ АБСОЛЮТНЫХ МАГНИТОМЕТРОВ В
ОБСЕРВАТОРИИ «АРТИ»**

Козлов Егор Игоревич¹, Черепанова Елена Анатольевна²
e-mail: egorka-kozlov-94@mail.ru¹, lena.cherepanova.91@mail.ru²
Институт геофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Аннотация. Представлена стандартная методика сверки скалярных магнитометров. Показана эффективность методики на примере сверки Geometrics-G859SX-S/N859257 и POS-1 №11.

**FIRST EXPERIENCE OF REVIEW OF ABSOLUTE MAGNETOMETERS IN THE
OBSERVATORY "ARTI"**

Kozlov Yegor Igorevich¹, Cherepanova Elena Anatolievna²
e-mail: egorka-kozlov-94@mail.ru¹, lena.cherepanova.91@mail.ru²
Institute of geophysics Ural Branch of Russian Academy of sciences, Ekaterinburg, Russia

Summary. A standard method for reconciling scalar magnetometers is presented. The efficiency of the technique is shown using the example of verification of Geometrics-G859SX-S / N859257 and POS-1 No. 11.

Проведение сверок магнитометров регистрирующих абсолютные значения компонент или модуля вектора геомагнитного поля, является неотъемлемой частью магнитометрических наблюдений в обсерваториях. Сверки предназначены для установления величины систематической погрешности магнитометров, уточнения их реальных технических характеристик и возможностей с целью повышения точности наблюдений и достоверности магнитометрических данных, обеспечения единства измерений в течение длительного времени.

Методика рекомендована Международной ассоциацией по геомагнетизму и аэрономии (IAGA) [1]. Стандартная методика сверки скалярных магнитометров, основана на синхронных измерениях двумя датчиками (скалярными магнитометрами) в двух разнесенных точках с последующей перестановкой приборов. При такой методике практически не влияют вариации (при хорошей синхронизации) и неоднородность поля в точках установки магнитометров (при точном расположении в одном и том же месте), и определяется как систематическая разность между магнитометрами (приборная), так и пространственный градиент между пунктами установки.

Впервые в обсерватории «Арти» ИГф УрО РАН в сентябре 2017 г. была проведена общероссийская сверка абсолютных магнитометров различных конструкций. В сверке были использованы абсолютные магнитометры, представленные шестью организациями (табл. 1). В качестве контрольного магнитометра использовался оверхаузеровский POS-1 №11 (свидетельство о поверке ВНИИМ им. Д.И. Менделеева). Магнитометр предоставлен Научно-исследовательской лабораторией квантовой магнитометрии УрФУ.

Рассмотрим результаты сверки квантового магнитометра Geometrix G-859 с POS-1 №11, полученные 22 сентября. Всего выполнено 5 полных серий измерений (табл. 2, рис. 1). Поскольку Sys имеет смысл систематической ошибки измерения с помощью Test-магнитометра, т.е. $F(\text{набл}) = F(\text{истин}) + \text{Sys}$, то для получения истинного значения величин Sys необходимо вычитать из результатов $F(\text{Test})$.

Итоговое выражение для Geometrix G-859 имеет вид:

$$F(\text{истин}) = F(\text{набл}) + 4.45 \text{ нТл}, \quad \text{СКО} = \pm 0.05 \text{ нТл}$$

Таблица 1. Сверяемые магнитометры

Магнитометр	Организация, предоставившая магнитометр
Geometrics-G859SX	ИГФ УрО РАН
GSM-19W, GEM Systems	ИВиС ДВО РАН
GSM-19W, GEM Systems	ИКИР ДВО РАН
GSM-19W, GEM Systems	КамГУ им. Витуса Беренга
POS-1LP Aero	НИЛ Квантовой магнитометрии УрФУ
POS-1	ГАГУ
POS-1, датчик №202	ИГФ УрО РАН
POS-1, датчик №362	ИГФ УрО РАН
Scintrex SM-5 NAVMAG	ИГФ УрО РАН

Таблица 2. Результаты сверки магнитометра Geometrix G-859

Номер серии	Среднее значение, нТл	Стандартное отклонение разностей, нТл	Количество отсчётов	Систематическая разность, нТл	Пространственный градиент, нТл
1	+3.754	0.021	62	-4.54	+0.78
	+5.318	0.017	73		
2	+3.671	0.016	82	-4.44	+0.77
	+5.214	0.017	61		
3	+3.642	0.016	62	-4.42	+0.78
	+5.204	0.016	62		
4	+3.656	0.016	68	-4.42	+0.77
	+5.192	0.015	53		
5	+3.641	0.018	70	-4.42	+0.78
	+5.202	0.016	72		

Значение градиента между столбами №1 и №2 составляет +0.77 нТл, с.к.о. ± 0.01 нТл. Результаты измерений после учёта систематической погрешности Geometrix G-859 и градиента между столбами показаны на рис. 2. Видно, что кривые имеют непрерывный вид.

Результаты показали, что сверка скалярных магнитометров при правильной организации в хорошо подготовленном месте может быть эффективной и не требующей значительных затрат.

Работа выполнена в рамках НИР ИГф УрО РАН тема «Наблюдение геомагнитного поля, сейсмических колебаний, вертикальное электромагнитное зондирование ионосферы на геофизической обсерватории «Арти». № ГР 01201263782.

Авторы благодарят Хомутова С.Ю члена OPSCOM INTERMAGNET заведующего Геофизической обсерваторией ИКИР ДВО РАН, Кусонского О.А. заведующего лабораторией-обсерваторией «Арти» ИГф УрО РАН, Овчаренко А.В. старшего научного сотрудника ИГф УрО РАН за руководство работой.

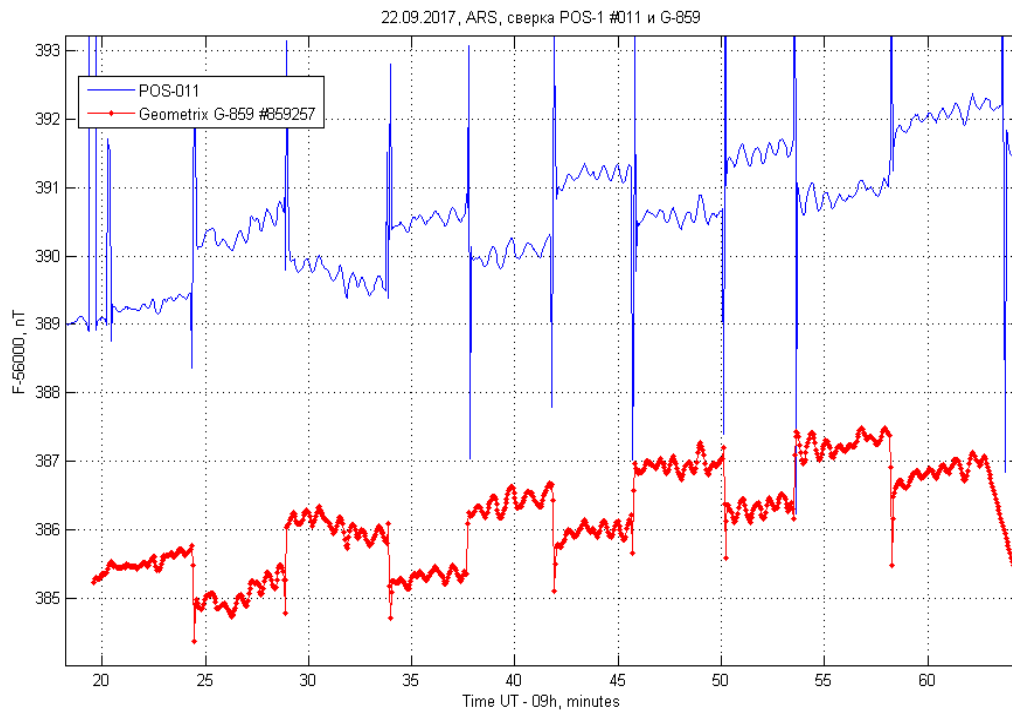


Рис. 1. Вариации F , полученные с помощью образцового POS-1 и Geometrix G-859.

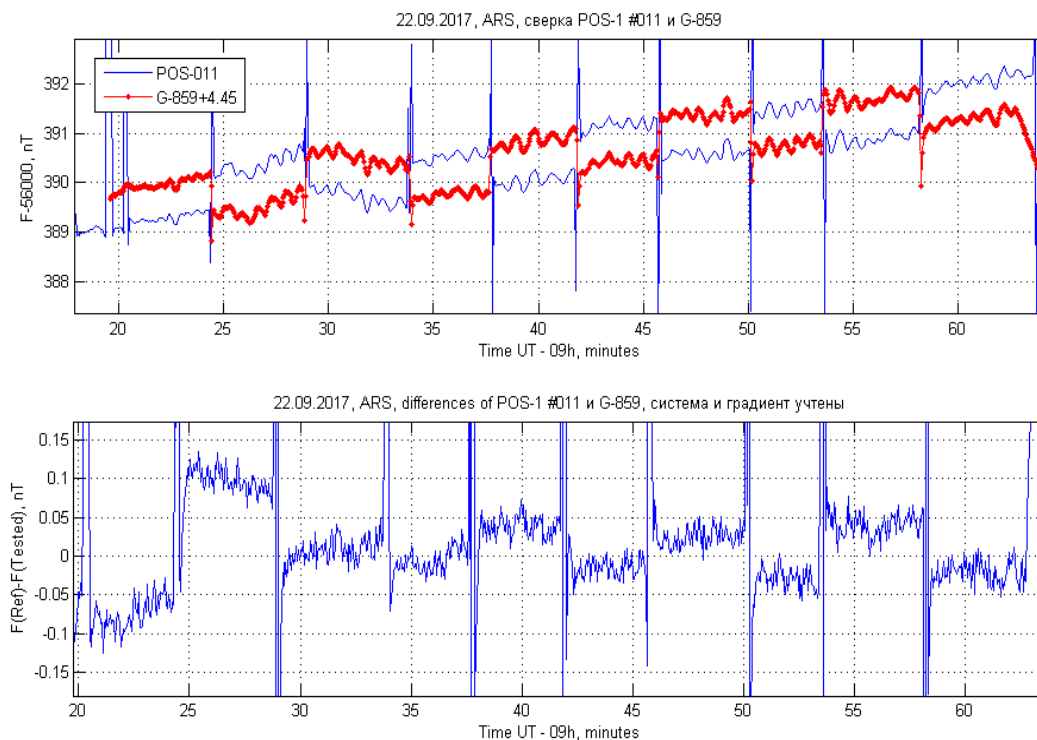


Рис. 2. Результаты измерения вариаций F : сверху — значения F с учётом систематической погрешности Geometrix G-859, внизу — разности $F(\text{POS})-F(\text{Geometrix})$, с учётом системы магнитометров и градиента между постаментами

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. Jankowski, C. Sucksdorff. Guide for Magnetic Measurements and Observatory Practice / IAGA USA, Warszawa: Zespoł Wydawniczy Centrum Badan Kosmicznych HAN, 1996. 235 p.

УДК 550. 8.053:519

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРУППОВОГО УЧЕТА АРГУМЕНТОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ТИПА КОЛЛЕКТОРА В НЕФТЯНЫХ СКВАЖИНАХ

Коротков Михаил Юрьевич¹, Пономаренко Иван Александрович²
e-mail: mihailkorotkov.93@mail.ru, ponomarenko.i@gubkin.ru
Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия¹
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва²

Аннотация. Представлены результаты применения метода группового аргументов для выявления типа коллекторов в нефтяных скважинах. В результате идентификационного анализа данных каротажа получены модельные уравнения для нефтяного и водяного коллекторов. Показано, что использование моделей позволяет определить тип коллектора.

APPLICATION OF THE GROUP METHOD OF DATA HANDLING (GMDH) FOR DETECTING TYPE OF COLLECTOR IN OIL WELLS

Mihail Korotkov¹, Ivan Ponomarenko²
e-mail: mihailkorotkov.93@mail.ru, ponomarenko.i@gubkin.ru
Voronezh State University, Voronezh, Russia¹
Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin, Moscow²

Summary. The results of application of the group method of data handling (GMDH) for revealing the type of collector in oil wells are presented. As a result of identification analysis of logging data, model equations for oil and water collector were obtained. It is shown that the use of models makes it possible to determine the type of collector.

Изучению пород-коллекторов нефти и газа и процессов движения через них жидких и газообразных флюидов придается большое значение в связи с поисками, разведкой и разработкой нефтяных и газовых месторождений. Для исследования процессов аккумуляции нефти и газа в ловушках и движения этих флюидов через пустотное пространство горных пород необходимо иметь данные о геологическом строении продуктивных пластов, составе, характере и свойствах слагающих и перекрывающих их пород, свойствах пористой среды и жидкостей, их взаимодействии в статическом и динамическом состояниях. Определение типа коллектора по данным геофизических исследований скважин (ГИС) является актуальной задачей нефтегазовой геофизики.

Целью работы является получение модельного уравнения, позволяющего определить характер насыщения коллектора по данным комплекса ГИС. Поставленная задача решалась методом группового учета аргументов (МГУА), хорошо зарекомендовавшем себя при анализе петрофизических данных и данных каротажа [1-3, 5, 6, 8].

Теоретические основы метода группового учета аргументов (МГУА), были разработаны академиком А.Г. Ивахненко в восьмидесятые годы прошлого столетия. Метод является модификацией множественного регрессионного анализа. В МГУА генерируется значительное количество вариантов модельных зависимостей. Оптимальная модель выбирается по минимальным значениям внешних критериев. Полученные уравнения, связывающие геологические и геофизические параметры функциональной зависимостью, можно использовать при прогнозировании литологии разреза более глубоких горизонтов, а также при интерпретации данных других скважин в сходных геологических условиях [4].

В качестве исходных данных были использованы данные комплекса ГИС на скважинах с нефтяным коллектором и водяным коллектором. Расчеты были выполнены с помощью программы, разработанной на кафедре геофизики Воронежского госуниверситета [7,9]. Последовательность экспериментальных данных была разделена на две части –

обучающую и проверочную. Модельные уравнения, полученные на обучающей последовательности, были протестированы на проверочной последовательности. В качестве внешнего критерия выбора оптимальной модели был использован критерий регулярности [4]. В результате выполненного идентификационного анализа были получены уравнения для нефтяного и водяного коллектора. Уравнения были получены на втором ряду селекции и имеют вид:

$$Y = a_1 + a_2Z_1 + a_3Z_2 + a_4Z_1Z_2 \quad (1)$$

где $Z_1 = b_1 + b_2X_1 + b_3X_2 + b_4X_1X_2$, $Z_2 = c_1 + c_2X_3 + c_3X_4 + c_4X_3X_4$, Y – идентификатор коллектора, X_i – данные различных методов ГИС, a_i, b_i, c_i – численные коэффициенты.

Зависимая переменная идентифицирует коллектор и принимает значения 10 для вмещающих пород и 100 для зоны коллектора. Переменные аргументы – данные методов ГИС. Для коллектора с нефтяным насыщением получено уравнение, позволяющее идентифицировать зону коллектора по данным микробокового каротажа и акустического каротажа. Для коллектора насыщенного водой зона коллектора выявляется по данным микробокового каротажа, акустического каротажа и гамма-каротажа. На рис. 1 представлены результаты идентификационного анализа.

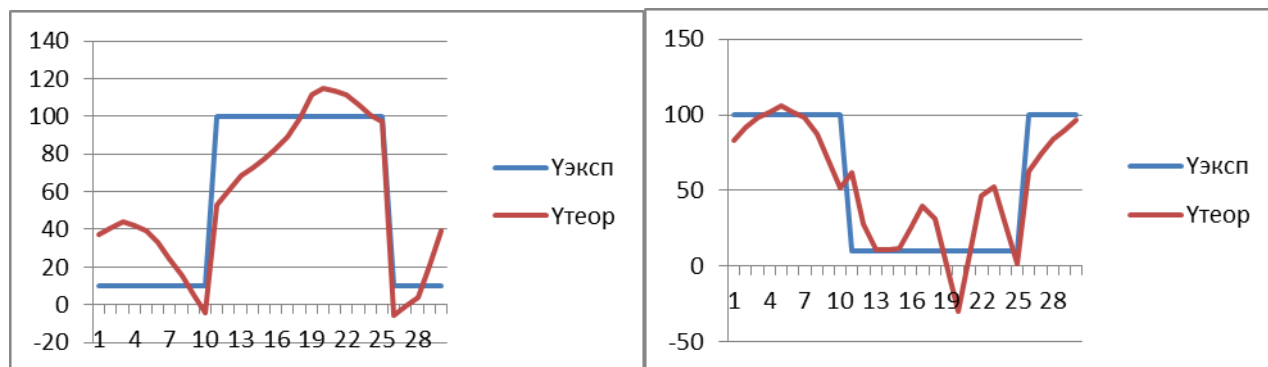


Рис.1. Результаты идентификационного анализа: 1 – нефтяной коллектор, 2 – водяной коллектор.

Таким образом, полученные модельные уравнения позволяют выявить коллектор во вмещающей толпе по ограниченному набору методов ГИС. Идентифицировать тип коллектора можно при последовательном использовании двух модельных уравнений.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-05-00226.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аузин А.А., Муравина О.М. Статистический анализ данных каротажа методом группового учета аргументов // Вестник ВГУ. Сер. Геология. Воронеж, 2010. № 2. С. 219-224.
2. Аузин А.А., Муравина О.М. О возможности оптимизации комплексов геофизических исследований в скважинах при поисках месторождений рудных полезных ископаемых антеклизы // Вестник ВГУ. Сер. Геология. Воронеж, 2013. №1. С.184-188.
3. Муравина О.М. Возможности метода группового учета аргументов при статистической обработке петрофизических данных // Вестник ВГУ. Сер. Геология. Воронеж, 2009. № 2. С. 150-154.
4. Муравина О.М. Метод группового учёта аргументов при анализе геофизических данных // Геофизика, 2012, № 6, с. 16 –20.
5. Муравина О.М. Возможности метода группового учета аргументов при анализе геофизических данных // Каротажник, 2013. № 6 (228). С. 32-39.

6. Муравина О.М. Идентификационный анализ петрофизических характеристик пород осадочного чехла Воронежской антеклизы // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2013, 22, № 2, с. 20-25.
7. Муравина О.М., Пономаренко И.А. Программная реализация метода группового учета аргументов при идентификационном моделировании геолого-геофизических данных / Вестник ВГУ. Сер. Геология. Воронеж, 2016. № 2. С. 107-110.
8. Муравина О.М., Давудова Э.И., Пономаренко И.А. Разделение пород михайловской серии Воронежского кристаллического массива по петрофизическим и пространственным параметрам // Материалы XVII Международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле». М.: ИФЗ РАН, 2016. С. 170-173
9. Пономаренко И.А., Муравина О.М. Модифицированный алгоритм метода группового учета аргументов обработки геофизических и петрофизических данных // Материалы 44-ой сессии международного семинара им. Д.Г.Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей». Москва, ИФЗ РАН, 2017. С. 317-318

УДК 519.63:517.958

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА РАДОНА ВО ВЛАГОНАСЫЩЕННОМ
ГРУНТЕ**

Котова Татьяна Юрьевна¹, Нафикова Альбина Ринатовна²
e-mail: pf.mmm@mail.ru¹, albinabikbaeva@gmail.com²

*Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета,
г. Стерлитамак, Россия*

Аннотация. Данная работа посвящена математическому моделированию процессов переноса радона во влагонасыщенном грунте. В статье рассмотрена математическая модель Огильви, характеризующая перенос радона в слой, насыщенный влажностью. Расчетные кривые построены в соответствии с полученным решением, в зависимости от скорости эманирования радона в поровое пространство влагонасыщенного грунта.

**RESEARCH OF RADON TRANSFER PROCESSES IN MOISTURE SATURATED
SOIL**

Tatyana Kotova¹, Albina Nafikova²
e-mail: pf.mmm@mail.ru¹, albinabikbaeva@gmail.com²

Sterlitamak branch of the Bashkir state university, Sterlitamak, Russia

Summary. This work is devoted to mathematical modeling of radon transfer processes in moisture saturated soil. In article the mathematical Ogilvi model characterizing transfer of radon in the layer sated with humidity is considered. Settlement curves are constructed according to the received decision, depending on the speed of emanation of radon in pore space of moisture saturated soil.

Радон – это природный радиоактивный газ без цвета и запаха, в несколько раз тяжелее воздуха. Он присутствует почти повсеместно, образуясь в процессе распада членов радиоактивной цепи урана и тория, присутствующих в земной коре и во всех породах. В этом случае радон является единственным газообразным продуктом в этих цепях распада. Этот факт, вместе с химической инертностью радона, объясняет его высокую подвижность, способность покидать почву на поверхности земли и накапливаться в замкнутых пространствах.

Почвы, называемые водонасыщенными, представляют собой поры, заполненные водой и воздухом в виде пузырьков и растворов в воде. Следовательно, водонасыщенный грунт представляет собой композицию, состоящую из трех фаз, каждая из которых имеет свои физико-механические свойства. Очевидно, что количественное соотношение этих фаз на единицу объема во многом определяет физико-механические свойства такой почвы и тем более характер формирования напряженно-деформированного состояния массива из такой почвы. Прогнозирование напряженно-деформированного состояния массива из такого многофазного грунта является наиболее сложной задачей современной механики почвы. Также очевидно, что напряженно-деформированное состояние такой водонасыщенной почвы существенно отличается от напряженно-деформированного состояния однофазного грунта как по своей физической природе, так и от взаимодействия фаз и их изменения во времени, а также определяет их важность в решении практических задач и, прежде всего, в нестабилизированном состоянии уплотнения.

Важное значение имеет исследование процессов переноса радона в геологической среде (грунте). Геологическая среда является гетерогенной, слоистой, с различными физико-геологическими характеристиками в каждом слое, что следует учитывать при

моделировании процессов переноса радона в геологических средах, максимально приближенными к реальным природным системам при их описании [3].

Для того, чтобы эффективно описать и спрогнозировать поведение изотопных компонентов грунтовых вод, используют соответствующую модель функционирования данной природной водной системы и переноса в ней исследуемых компонентов. При построении модели стоит учитывать следующие характеристики: структуру природной водной системы, режим массопереноса и все его частные подпроцессы, вынужденный перенос под влиянием гидравлических, электрических, гравитационных полей.

Рассмотрим модель Огильви [1], характеризующую перенос радона в слой, насыщенный влажностью. Для этого введем следующие обозначения параметров, присутствующих в описании данной математической модели: M, C, A, a – суммарные содержание и активность на единицу объема среды V , концентрация и удельная активность радона в среде соответственно; $\lambda_p = 2.1 \cdot 10^{-6} \text{ c}^{-1}$ – константа радиоактивного распада радона; $\tau_p = \lambda_p^{-1}$ – среднее время жизни атома радона. Между величинами M, C, A, a существуют следующие зависимости: $M = C \cdot V, A = \lambda_p \cdot C \cdot V = a, a = \lambda_p \cdot C$.

Далее рассмотрим процесс эманирования, то есть процесс выделения в открытые поры породы или во внешнее пространство свободной эманации, которая в природных условиях может мигрировать в газовой или растворенной фазе, в подземную воду со скоростью $v, \text{ м/с}$ по каналу, имеющему площадь поперечного сечения $S = \pi r^2, \text{ м}^2$ и пересекающему участок длиной l^* , сложенному с породой повышенной и постоянной удельной скоростью эманирования $q, \text{ Бк}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Расход воды в канале $Q = v \cdot S, \text{ м}^3/\text{с}$. Элементарный единичный по длине объем воды V , движущийся со скоростью v , содержит эманацию в количестве $M(t = x/v)$, которая может меняться только из-за эманации в водную среду из породы и ее радиоактивного распада. Тогда

$$\frac{dM(x)}{dx} = \frac{qS}{v} = -\frac{\lambda_p M(x)}{v}, \quad x = vt \quad (1)$$

Полученная модель (1) неявно предполагает мгновенное полное поперечное смешение эманации и отсутствие смешивания в продольном направлении. Скорость эманации определяется следующим образом:

$$q = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ q_0 = \text{const}, & 0 \leq x \leq l^* \\ 0, & x > l^* \end{cases} \quad (2)$$

Для концентрации радона $C = M \cdot V$, учитывая, что $V = l^* \cdot S$, из уравнения (1) с нулевой начальной концентрацией, получаем следующую задачу:

$$\frac{dC(t)}{dt} = q - \lambda_p C(t) \quad (3)$$

Решение (3) при условии (2) примет следующий вид:

$$C(t = \frac{x}{v}) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ \frac{q}{\lambda_p} \left[1 - \exp(-\lambda_p t) \right], & 0 \leq x \leq l^* \\ \frac{q}{\lambda_p} \left[1 - \exp(-\lambda_p t^*) \right] \left[\exp(-\lambda_p (t - t^*)) \right], & x > l^* \end{cases} \quad (4)$$

где $t = \frac{x}{v} = \frac{xS}{vS} = \frac{xS}{Q} = \frac{V_{вод}(x)}{Q} = \tau_n(x)$ – время пребывания воды и радона в системе на участке длиной x ; $t^* = \frac{l^*}{v} = \frac{V_{вод}(x)}{Q} = \tau_n^*(x)$ – время пребывания воды и радона в активной зоне; $t - t^* = \frac{(x-l^*)}{v} = \frac{V_{вод}(x)}{Q} = \tau_{\partial}(x)$ – время добегания воды и компонента до точки наблюдения, находящейся на расстоянии l^* от края активной зоны; $V_{вод}(x) = xSn$ – объем воды в системе; n – пористость [1].

Построим в математическом пакете MathCAD расчетные кривые концентрации радона, полученные по формуле (4). При этом были взяты следующие значения параметров исследуемой математической модели:

$\lambda_p = 2.1 \cdot 10^{-6} \text{ c}^{-1}$ – константа радиоактивного распада радона;

$l^* = 30 \text{ см}$ – длина активного участка;

$q = 1.05 \cdot 10^{-7} \text{ Бк}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ – скорость эманирования;

$x = 75 \text{ см}$ – длина участка.

На рис. 1 приведены результаты математического моделирования процессов переноса радона при различных значениях скоростей грунтовых вод в активных и неактивных областях: $v_1 = 10^{-5} \text{ см}/\text{с}$, $v_2 = 1.5 \cdot 10^{-5} \text{ см}/\text{с}$, $v_3 = 3 \cdot 10^{-5} \text{ см}/\text{с}$, $v_4 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ см}/\text{с}$. Полученные данные согласуются с результатами, приведенными в работе [2].

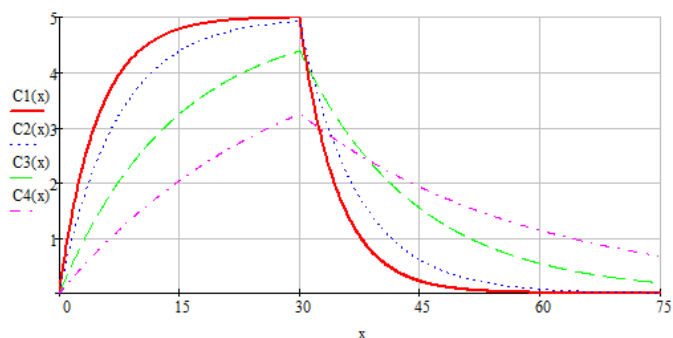


Рис. 1. Распределение концентраций радона при различных значениях скоростей грунтовых вод

Из рис. 1 можно сделать вывод, что концентрация изотопа радона зависит от соотношения времени пребывания воды в активной τ_n^* , неактивной зоне τ_{∂} и времени распада изотопа τ_p .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гудзенко В.В., Дубинчук В.Т. Изотопы радия и радон в природных водах. – М.: Наука, 1987. – 149 с.
2. Паскарь С.Ю., Паровик Р.И. Математическое моделирование переноса радона в влагонасыщенном грунте // Международный студенческий научный вестник, 2015. – №6. – С. 1-8.
3. Яковлева В.С., Паровик Р.И. Численное решение уравнения диффузии – адвекции радона в многослойных геологических средах // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки, 2011. – №1 (2). – С. 45-55.

УДК 550.34, 551.21

МАГМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОД ВУЛКАНОМ УТУРУНКУ (БОЛИВИЯ) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СЕЙСМОТОМОГРАФИИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ*Кукарина Екатерина Васильевна¹, Цибизов Леонид Валерьевич²
e-mail: KukarinaEV@ipgg.sbras.ru¹, TsibizovLV@ipgg.sbras.ru²**Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г.
Новосибирск, Россия¹**Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия²*

Аннотация. По результатам исследования вулкана Утурунку методом сейсмотомографии выявлены характеристики магматического очага в коре под ним. Полученные данные использованы для моделирования напряжений в среде в районе вулкана.

SEISMIC TOMOGRAPHY AND STRESS MODELING REVEAL MAGMA SYSTEM BENEATH UTURUNCU VOLCANO, BOLIVIA*Kukarina Ekaterina Vasilyevn¹, Tsibizov Leonid Valerievich²
e-mail: KukarinaEV@ipgg.sbras.ru¹, TsibizovLV@ipgg.sbras.ru²**A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia¹**Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia²*

Summary. Seismic tomography study of the Uturuncu volcano revealed characteristics of the crustal magma chamber beneath it. The data obtained are used to model the stresses in the medium in the region of the volcano.

Вулкан Утурунку расположен в Центральных Андах на территории Боливии и входит в состав крупного кальдерного комплекса Альтиплано-Пуна. Последний период активности комплекса 7-1 млн лет назад, Утурунку – 890-271 тыс. лет назад. Его извержения были представлены лавовыми потоками и куполами, в настоящее время на вершине вулкана активны два фумарольных поля. Под территорией комплекса по разным геофизическим данным обнаружено региональное магматическое тело протяженностью несколько сотен километров [5].

Внимание мировой научной общественности привлекло быстрое (1 см/год) поднятие поверхности в районе Утурунку, сопровождающееся периферическим оседанием (эффект сомбреро) [1]. В 2010-2012 гг. сейсмологами Геофизического института Университета Аляски в Фэрбэнксе на Утурунку была установлена сеть из 33 сейсмостанций диаметром 100 км.

Полученные данные позволили выполнить сейсмотомографическую инверсию с помощью программы LOTOS [3]. Всего для инверсии было отобрано 677 землетрясений, которые дали 7186 вступлений Р-волн и 4579 вступлений S-волн.

Для верификации результатов использовались неформальные критерии – была проведена серия тестов. Первый тест представлял собой независимую инверсию двух равноценных наборов данных (весь набор был поделен на два – с чётными и нечётными источниками). Полученные в результате такой инверсии скоростные модели существенно не отличались друг от друга, что позволяет говорить об их надежности. Другая группа тестов – это синтетические тесты. Прямая задача на базе известных координат станций и источников решалась в среде, заданной в виде шахматной доски из положительных и отрицательных аномалий скорости на горизонтальном или вертикальном сечении, затем проводилась стандартная инверсия полученных времен прихода. Ячейки размером 15x15 км

восстанавливались хорошо во всей области исследования, однако наблюдалось небольшое размазывание аномалий по диагонали, вдоль основного направления лучей [4].

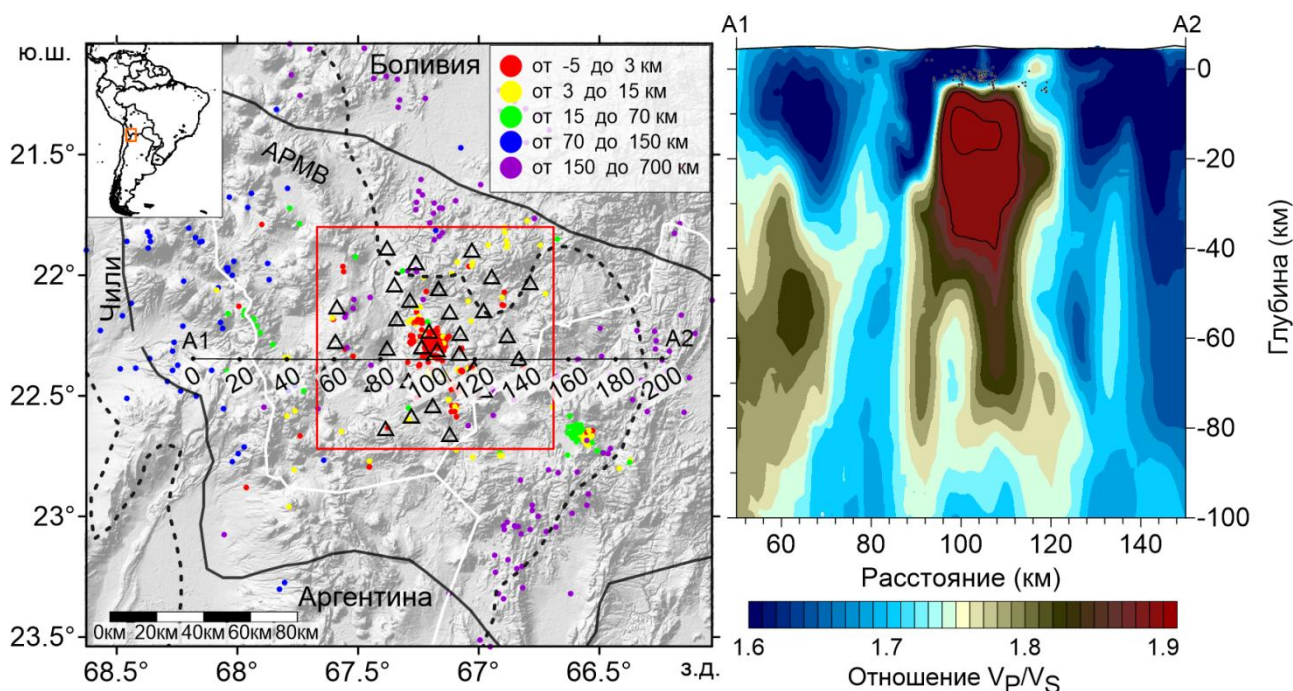


Рис. 1. Слева: система наблюдений. Слева сверху во врезке показано расположение района исследований. Красным квадратом показана область исследования методом сейсмотомографии, Утурунку находится в её центре. Чёрные треугольники – сейсмостанции. Разноцветные точки – землетрясения, цветом показана глубина гипоцентра. Сплошной чёрной линией оконтурено региональное магматическое тело (АРМВ), контурной – вулканический комплекс Альтиплано-Пуна. Белыми линиями показаны государственные границы. Показано положение профиля А1-А2, вдоль которого построено вертикальное сечение (справа), цифрами обозначено расстояние вдоль профиля в км. Справа: отношение V_P/V_S на вертикальном сечении вдоль профиля А1-А2. По вертикальной оси показана глубина относительно уровня моря, по горизонтальной – расстояние вдоль профиля.

На итоговых скоростных моделях отчетливо выделяются отрицательные аномалии скоростей Р- и S-волн в 20 км к югу от вершины вулкана на глубине 5-30 км, при этом отношение V_P/V_S в этой области повышенное, достигает значений 1,9. Эта аномалия, вероятно, отвечает некоему магматическому телу.

Полученные по результатам томографии параметры среды использованы при расчёте деформации поверхности. Деформация вызвана перераспределением напряжений в окрестности «всплывающего» под действием гравитации магматического тела пониженной плотности. Расчёт выполнен методом конечных элементов в пакете Comsol Multiphysics в уравнениях упругости. В результате расчёта получено распределение деформации «собрерного» типа, качественно согласующееся с экспериментально наблюдаемым распределением скорости деформации поверхности. Возникающие при этом зоны максимальных разрушающих напряжений (по Мизесу) при выходе на поверхность (рис. 2) в плане образуют кольцевую область вокруг Утурунку, которая согласуется с положением древних кальдер обрушения.

Предположительно, региональное магматическое тело под вулканическим комплексом образовано за счет «слипания» локальных магматических тел, наподобие обнаруженного под Утурунку [2]. Распределение максимальных разрушающих напряжений следует учитывать при прогнозе возможного извержения Утурунку.

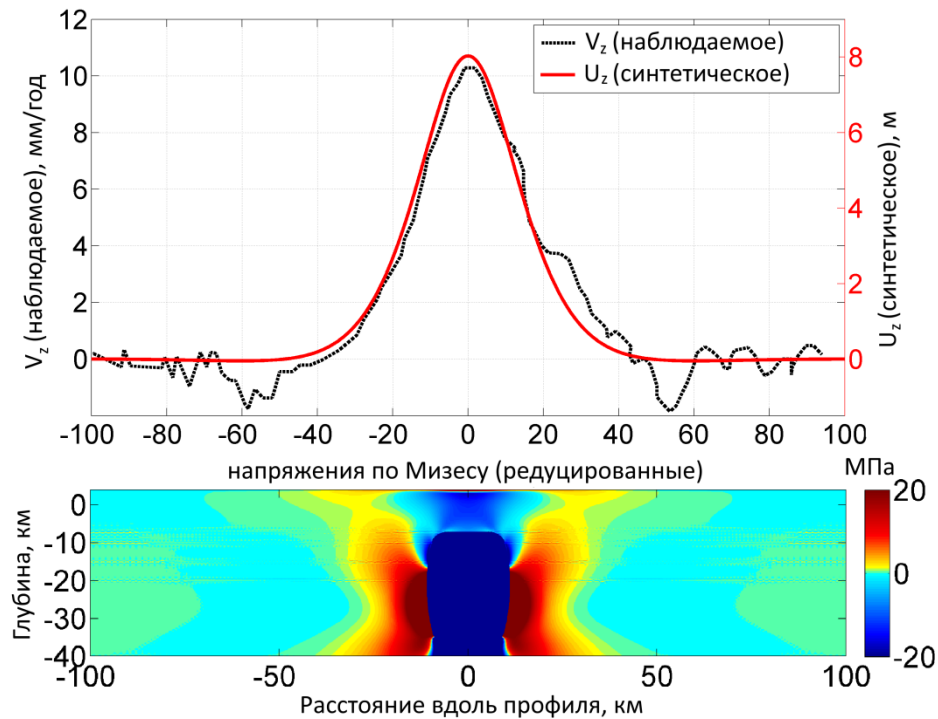


Рис. 2. Вверху: сравнение величины деформации (U_z) с экспериментально определённой скоростью деформации поверхности (V_z) в окрестности вулкана; внизу: максимальные разрушающие напряжения по Мизесу в вертикальном разрезе (значения редуцированы к уровню «фона», определённому на значительном удалении от магматического тела).

Авторы благодарят научных руководителей И.Ю. Кулакова и М. Уэста (M. West), а также С.З. Смирнова. Авторы благодарят информационно-вычислительный центр Новосибирского государственного университета за предоставленные вычислительные ресурсы.

Работа Кукариной Е.В. поддержана проектом РФФИ № 18-55-52003. Работа Цибизова Л.В. поддержана проектом РФФИ № 17-05-01234.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fialko Y., Pearse J. Sombrero Uplift Above the Altiplano-Puna Magma Body: Evidence of a Ballooning Mid-Crustal Diapir // *Science*. 2012. Т. 338. № 6104. С. 250-252.
2. Glazner A. F., Bartley J. M., Coleman D. S., Gray W., Taylor R. Z. Are plutons assembled over millions of years by amalgamation from small magma chambers? // *GSA today*. 2004. Т. 14. №. 4/5. С. 4-12.
3. Koulakov I. LOTOS code for local earthquake tomographic inversion: Benchmarks for testing tomographic algorithms // *Bulletin of the Seismological Society of America*. 2009. Т. 99. №. 1. С. 194-214.
4. Kukarina E., West M., Keyson L. H., Koulakov I., Tsibizov L., Smirnov S. Focused magmatism beneath Uturuncu volcano, Bolivia: Insights from seismic tomography and deformation modeling // *Geosphere*. 2017. Т. 13. №. 6. С. 1855-1866.
5. Zandt G., Leidig M., Chmielowski J., Baumont D., Yuan X. Seismic Detection and Characterization of the Altiplano-Puna Magma Body, Central Andes // *Pure Appl. Geophys.* 2003. Т. 160. № 3. С. 789–807.

УДК 622.831:550.3

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ КАМЕННОЙ СОЛИ ПРИ ИМПУЛЬСНЫХ НАГРУЗКАХ

Куткин Ярослав Олегович¹, Красилов Максим Николаевич², Насибуллин Рамиль Раильевич³

e-mail: kutnew@mail.ru¹, krasilov.maksim.93@mail.ru², ram4ik10@mail.ru³

Горный институт (МГИ) НИТУ «МИСИС», Москва

Аннотация. Проведено исследование образцов каменной соли при динамических воздействиях и определено значение акустической (механической) добротности Q . Полученное значение Q согласуется с данными, полученными ранее методом резонансной акустической спектроскопии.

FEATURES OF ROCK SALT DEFORMATION UNDER IMPULSE LOADINGS

Ya.O. Kutkin¹, M.N. Krasilov², R.R. Nasibullin³

e-mail: kutnew@mail.ru¹, krasilov.maksim.93@mail.ru², ram4ik10@mail.ru³

Mining Institute (MGI) NUST "MISIS", Moscow

Summary. A study of rock salt samples under dynamic loadings was carried out, and the value of the acoustic (mechanical) quality factor Q was determined. The obtained value of Q agrees with the data obtained earlier by resonance acoustic spectroscopy.

Целью работы является исследование образцов горных пород при динамических испытаниях образца каменной соли и определение их акустической (механической) добротности.

На рис. 1 представлена схема установки для динамических испытаний образцов горных пород. Подготовленный воздух при давлении 2 бар поступает в пневмоцилиндр (1), который перемещает ударник (2), который, в свою очередь, осуществляет удар и передает ударный импульс нагружному стержню (3), в котором формируется ударная волна с плоским фронтом. Волна, прошедшая через образец каменной соли (4) попадает на пьезопреобразователь (5), который находится в специальном корпусе. Этот корпус защищает пьезокерамику от значительных силовых нагрузок. Далее сигнал регистрируется на осциллографе (7). Опорный стержень (6) выполняет функцию противодействия удару и предотвращает перемещение образца и пьезопреобразователя. На рис. 2 представлен внешний вид экспериментальной установки.

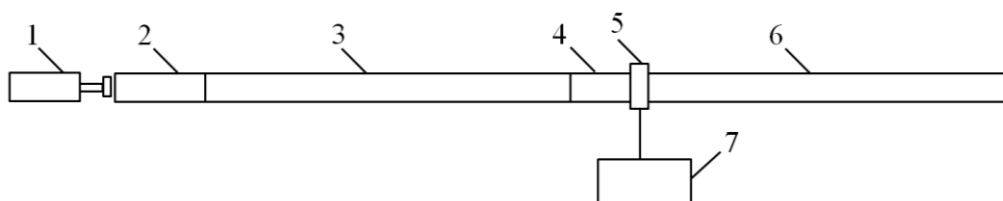


Рис. 1 Схема установки для динамических испытаний образцов горных пород



Рис. 2 Внешний вид экспериментальной установки

Для проверки работоспособности был отобран цилиндрический образец каменной соли высотой 71 мм и диаметром 34,2 мм. Предварительно были определены его свойства, плотность равна 2131 кг/м^3 , скорость продольных волн составила 4200 м/с.

Полученные ранее параметры сигналов прошли обработку по методике, за основу которой был взят способ определения добротности, описанный в [1], но при воздействии не гармонического сигнала, а импульсного. Производилось два испытания, при одном из них регистрировался сигнал, прошедший через эталонный образец из стали, обладающий высокой добротностью, а при втором – через образец каменной соли. После этого с помощью быстрого преобразования Фурье рассчитывались амплитудные спектры этих сигналов.

Не описывая полностью вывод расчетных формул, приведенный в упомянутой публикации, укажем только, что акустическая добротность рассчитывалась по формуле

$$Q = \frac{\pi}{\gamma_R \cdot v},$$

где Q – акустическая добротность, γ_R – частотный коэффициент затухания, характеризующий его рост с увеличением частоты, v – скорость распространения продольных волн. Значение γ_R определялось по формуле:

$$\gamma_R = \frac{1}{x} \cdot \frac{\ln \frac{A_{S2}}{A_{R2}} - \ln \frac{A_{S1}}{A_{R1}}}{f_2 - f_1},$$

где x – длина образца каменной соли, A_{S1} , A_{S2} – амплитуды спектральных составляющих сигнала, зарегистрированного на стальном образце на частотах f_1 и f_2 соответственно, A_{R1} , A_{R2} – то же, но на образце из горной породы.

На рис. 3 представлен сигнал, полученный при регистрации ударного импульса, прошедшего через образец стали, а на рис. 4 - прошедшего через образец каменной соли.

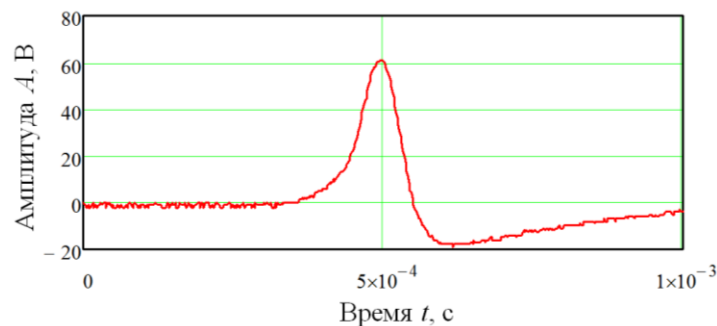


Рис. 3. Сигнал, полученный при регистрации ударного импульса, прошедшего через образец стали

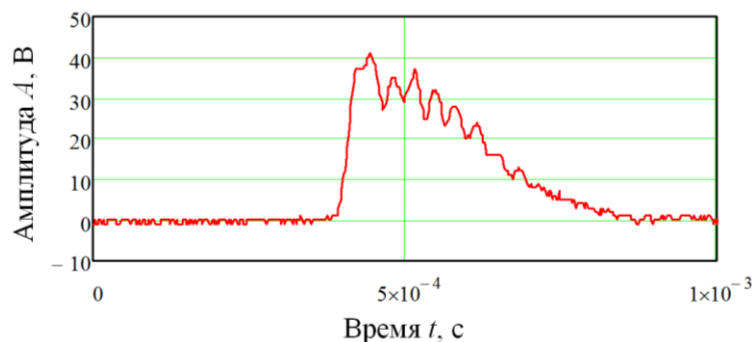


Рис. 4. Сигнал, полученный при регистрации ударного импульса, прошедшего через образец каменной соли

На рис. 5(а) представлен спектр, полученный при регистрации ударного импульса, прошедшего через образец стали, а на рис. 5(б) - прошедшего через образец каменной соли.

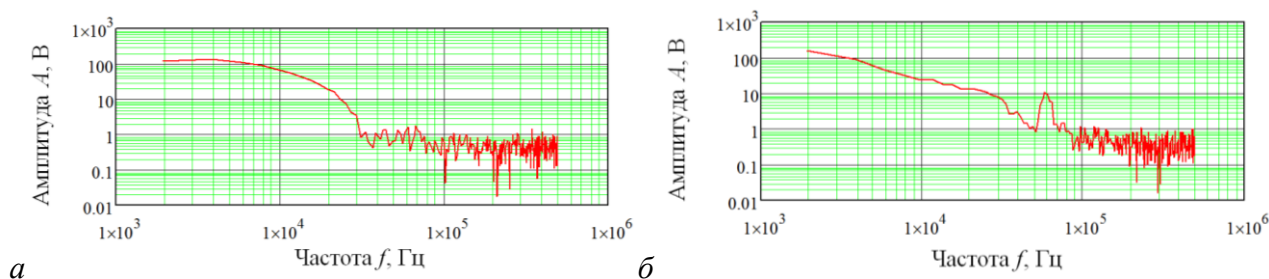


Рис. 5. Спектр, полученный при регистрации ударного импульса, прошедшего через образцы стали (а) и каменной соли (б)

Полученные значения γ_R для частот f_2 и f_1 равны 0,849 и 0,837 соответственно. Полученное значение акустической добротности для каменной соли по рассмотренной методике равно 26, что согласуется с данными, полученными ранее методом резонансной акустической спектроскопии и описанными в [2].

Выводы

Испытания показали работоспособность установки для испытаний образцов горных пород при динамическом воздействии. Полученное значение акустической (механической) добротности согласуется с данными, полученными ранее методом резонансной акустической спектроскопии.

Авторы выражают благодарность научному руководителю профессору д.т.н. Вознесенскому А.С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wanniarachchi W.A.M., Ranjith P.G., Perera M.S.A., Rathnaweera T.D., Lyu Q., Mahanta B. Assessment of dynamic material properties of intact rocks using seismic wave attenuation: an experimental study // R Soc Open Sci. 2017 Oct 11;4(10):170896. doi: 10.1098/rsos.170896. eCollection 2017 Oct.
2. Voznesenskii A.S., Krasilov M.N., Kutkin Ya.O., Tavostin M.N., Osipov Yu.V. Features of interrelations between acoustic quality factor and strength of rock salt during fatigue cyclic loadings // International Journal of Fatigue, 2017, Vol. 97, Pp. 70-76.

УДК 624.121

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ДАННЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕХНОГЕННЫХ СТРУКТУР НА УЧАСТКАХ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

Ларина Татьяна Геннадьевна, Сергеев Николай Николаевич

e-mail: larina@igr.kz

Институт геофизических исследований, Республика Казахстан, Курчатов

Аннотация. На Семипалатинском полигоне отрабатывается способ контроля миграции радиоактивного загрязнения в недрах. Радионуклиды мигрируют с потоками вод по природным и техногенным гидродинамическим структурам, проходящим через очаги подземных ядерных взрывов. На основе сейсмических данных определено наличие кольцевых структур разуплотненных горных пород, образующихся при ядерном взрыве. Эти структуры осложняют картину миграции радионуклидов, что требует постановки детальных геофизических исследований.

USING OF SEISMIC DATA FOR THE STUDY OF POSTEXPLOSION STRUCTURES

Larina T. G., Sergeev N. N.

e-mail: larina@igr.kz

Geophysical research Institute, Republic of Kazakhstan, Kurchatov

Summary. The way of control the migration of radioactive contamination in the subsurface make for Semipalatinsk test site. Radionuclides migrate with the flow of underground water. The flow is in the natural and anthropogenic hydrodynamic structures passing through the centers of underground nuclear explosions. Seismic data defined the presence of ring structures of loosened rocks, formed during a nuclear explosion. These structures complicate the picture of radionuclide migration, which requires the production of detailed geophysical surveys.

ВВЕДЕНИЕ

В результате ядерных испытаний в недрах Семипалатинского испытательного полигона (СИП) накопилось значительное количество радионуклидов. Движение вод приводит к выщелачиванию радионуклидов из твердой фазы горных пород на участках взрывов и переносу их в биосферу. Даже при подземных ядерных взрывах не исключено поступление опасных продуктов на поверхность земли. Подземные ядерные взрывы производились преимущественно в кристаллических породах палеозойского фундамента на глубинах от 300 до 600 м. Оценка радиационной безопасности может быть полной только в том случае, если известны уровни и пути поступления радионуклидов в биосферу.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Особую сложность представляет трассирование потоков, загрязненных радионуклидами, в недрах. Причина: отбор проб для радиогидрогеохимического мониторинга подземных потоков вод возможен только с использованием скважин и относится к точечным характеристикам. Линейность потоков существенно увеличивает вероятность промаха – прохождения скважин мимо зон, вмещающих загрязненные воды [2].

Для снижения вероятности промаха в таких условиях необходимо сгущение сети наблюдений. Это резко удорожает поисковые работы. В результате нарушается принцип экономической целесообразности: затраты на обнаружение загрязнения превысят потери от избыточного облучения биосферы. Тем не менее, данные работы необходимы из-за того, что отсутствие контроля за развитием радиационной ситуации и неопределенность уровня ущерба (область применения) могут квалифицироваться как радиационная авария. Следовательно, работы в этом направлении – актуальны.

Целью работы является: обоснование методики выявления подземных водотоков на участках ПЯВ. Место исследований – СИП.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Взрывы оказывают механическое воздействие на геологическую среду. В результате воздействия происходят: подновление существующих тектонических нарушений, образование новых трещин, локальные уплотнения и разуплотнения массивов горных пород.

Тем самым на участках подземных ядерных взрывов (ПЯВ) изменяются гидродинамические структуры, определяющие прохождение потоков подземных вод, в том числе и содержащих радионуклиды [3].

Подновление существующих разломов и образование новых можно выявить с помощью электроразведочных методов. Основа – сопоставление карт кажущегося электрического сопротивления по участкам ПЯВ до и после взрывов. Выявление подобных изменений с помощью каротажных методов КС резко осложнено/невозможно по причине неудовлетворительного технического состояния скважин вблизи очагов ПЯВ. Массивы кристаллических пород можно отнести к горизонтально-слоистым средам далеко не во всех случаях. Поэтому изучение их пространственной структуры методами вертикального электрического зондирования характеризуется высокой погрешностью и неоправдано [3].

В условиях отсутствия прямой информации о самих потоках, а также о переносимых ими веществах, одним из направлений выявления предполагаемых зон водных потоков являются данные сейсморазведки.

Зоны трещиноватых горных пород характеризуются пониженными значениями скорости. Имеющиеся природные и подновленные в результате взрывов зоны трещиноватости характеризуются преимущественно плоскостной формой и, зачастую, субвертикальны. Обнаружение подобных объектов сейсморазведкой представляет собой сложную задачу. Очевидно, что в данном случае выделение зон разломов возможно лишь по контактам горных пород с различными скоростями прохождения волн. Такие объекты относятся к разломам только косвенно.

Зато представляет практический интерес результаты совместного использования методов КМПВ (корреляционный метод преломленных волн) и МРВ (метод рефрагированных волн) с целью выявления локальных зон уплотнения-разуплотнения на участках ПЯВ. В качестве предпосылки исследований использован известный опыт по вдавливанию твердого шарика в плоскую металлическую пластину. В результате на пластине появляются круговые искажения, концентричные месту вдавливания. Образуется волновая картина, где амплитуда волн убывает по мере удаления от места вдавливания. Аналогичная картина должна быть на участках ПЯВ. В качестве примера приведены результаты зондирования участка скважины №1235 площадки Балапан Семипалатинского испытательного полигона. Измерения выполнены по крестовому профилю. Интерпретация проведена Шайторовым В.Н. с использованием метода дифракции рефрагированных волн.

На рисунках 1 и 2 приведены результаты изучения состояния очага ПЯВ и геологического окружения. В районе эпицентра взрыва отмечено значимое снижение скорости упругих волн в скальном фундаменте с образованием зоны, прослеживаемой рефрагированными волнами (рисунки 1-а, б и 2-а, б). Аномальное снижение скорости упругих волн проинтерпретировано, как связанное с поствзрывной зоной деструкции. Такие же зоны, симметричные относительно эпицентральной части, хотя и менее контрастные, проявились на удалении от эпицентра на 400 – 500 м. В меридиональном сечении зоны поствзрывной трещиноватости в скальном фундаменте прослежены в интервале ПК400 - 1600, в широтном – ПК480 – 1250 [1].

Наиболее детально гипоцентральной область характеризуется по энергии рассеянных волн (рисунки 1-в, 2-в). Зоны максимального дробления и трещиноватости выделены по максимальным значениям энергии рассеянных волн. Выходы как субвертикальной, так и наклонных трещинных структур удовлетворительно согласуются с зонами аномального понижения скорости упругих волн в фундаменте по данным сейсморазведки КМПВ-МРВ [1].

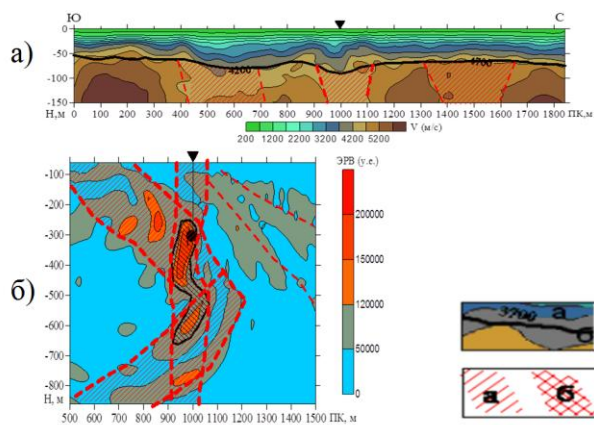


Рис. 1. Скважина №1235 (разрез Ю-С)

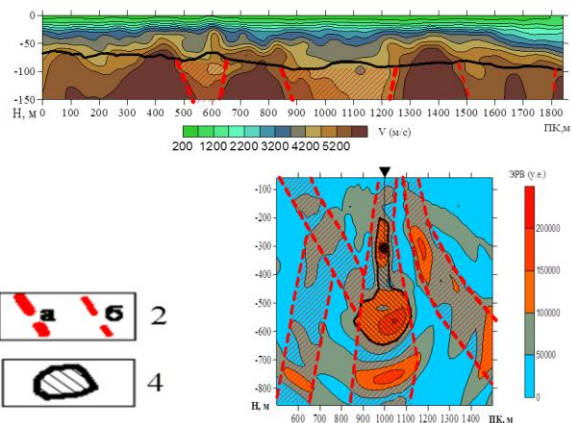


Рис. 2 Скважина №1235 (разрез З-В)

энергия рассеянных волн по данным МДРВ

1 – изолинии скорости (а) и преломляющая граница по кровле фундамента (б); 2 – разрывное нарушение по геофизическим данным: а – установленное, б – предполагаемое; 3 – зона трещиноватости: а – по сейсмическим данным; б – по данным электроразведки; 4 – зона интенсивного разрушения по данным МДРВ

В целом по сейсмическим данным блок скважины №1235 характеризуется широким развитием поствзрывных деструктивных эффектов, проявленных как природно-техногенная трещиноватость в горных породах. Деструктивное действие ПЯВ в скважине №1235 распространяется на глубину, значительно превышающую глубину эпицентра ПЯВ [1].

Представленные результаты демонстрируют наличие зон разуплотнения, концентричных к эпицентру ПЯВ. Тем самым подтверждается соответствие фактических и экспериментальных данных по образованию волновой картины в результате точечного механического воздействия на твердые среды. Важным следствием этого является возможность формирования кольцевых структур повышенной трещиноватости и обводненности вокруг эпицентров ядерных взрывов.

Наличие кольцевых структур отмечено электроразведочным методом естественного электрического поля по ряду боевых скважин [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные данные указывают на сложную гидродинамическую обстановку в недрах участков ПЯВ. В таких условиях гидрогеохимические исследования по редкой сети наблюдательных скважин глубиной 50-70 м (реже до 100-120 м) не пригодны для надежного картирования путей миграции радионуклидов из очагов ПЯВ с потоками вод. Необходимо детальное изучение гидродинамической обстановки недр на площадке Балапан.

Результаты сейсморазведки методом дифрагировано-рефрагированных волн подтвердили наличие локальных техногенных зон разуплотнения кристаллических горных на участках ПЯВ. Эти зоны регистрируются также электроразведочными методами. Тем самым подтверждается возможность изучения гидродинамических структур в недрах комплексом геофизических методов. В настоящее время РГП ИГИ выполнило разработку соответствующей методики. Подано предложение о проведении детальных геофизических работ с целью определения путей миграции радионуклидов на территориях площадок ПЯВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» Республиканская бюджетная программа 038 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан» //Бахтин Л.В. 2011год
2. Романов А.М. Преимущественная форма распространения веществ в литосфере и атмосфере // Вестник НЯЦ РК, 2015. – Вып.4. – С. 107-110.
3. Романов А.М. Физико-геологическая характеристика миграции радионуклидов // Курчатов, РГП ИГИ. 2017 – 110 с.

УДК 550.837.6

**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО МАГНИТНОГО
ПОЛЯ ПРИ НАЗЕМНО-ПОДЗЕМНОЙ СЪЕМКЕ В УСЛОВИЯХ СОЛЯНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Ласкина Татьяна Андреевна
e-mail: ognewatania@yandex.ru

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия, Пермь

Аннотация. На основе анализа результатов экспериментальных исследований рассмотрены возможности и ограничения использования промышленного магнитного поля при наземно-подземных электроразведочных работах в условиях соляного месторождения.

**OPPORTUNITY OF INDUSTRIAL MAGNETIC FIELD USAGE FOR SURFACE-MINE
SURVEY UNDER SALT DEPOSITS CONDITIONS**

Tatiana Laskina
e-mail: ognewatania@yandex.ru
Perm State National Research University, Russia, Perm

Summary. On the basis of the experimental survey data analysis the opportunities and limitations of the industrial magnetic field usage for surface-mine electrical investigations have been considered under the conditions of a salt deposit.

Попытки использования промышленных магнитных полей для электроразведочных исследований предпринимались различными учеными, при этом многие из них отмечали информативность выполненных работ [1, 6, 8]. Накопленный опыт характеризует использование различных источников техногенного электромагнитного поля, технологий полевой съемки, обработки и интерпретации данных [3, 7, 9]. В настоящей работе рассматривается метод промышленных магнитных полей (ПМП) [5], основанный на изучении интегрального поля, формируемого совокупностью техногенных источников (промышленное оборудование, подстанции, линии электропередач, трансформаторы и др.), и его информационные возможности при комбинации наземных и шахтных исследований в условиях соляных месторождений.

Одной из наиболее актуальных задач при разработке и эксплуатации соляных рудников является выделение трещиноватых, ослабленных зон, тектонических разломов, которые представляют опасность проникновения вод вышележащих водоносных горизонтов в шахтное пространство. Учитывая геологическое строение и петрофизические особенности соляных пород, трещиноватые обводненные зоны достаточно контрастно проявляются в электромагнитном поле. Высокая контрастность проявления искомых объектов и расположение большинства соляных месторождений в промышленно развитых регионах позволяет использовать метод промышленных магнитных полей для оперативного получения информации о геологических особенностях территории.

По своей сути метод промышленных магнитных полей является своеобразным аналогом ряда существующих методов электрометрии, основанных на изучении естественных электромагнитных полей космического происхождения (МТЗ), грозовых разрядов (АМТЗ), радиоволновых излучателей (метод радиокип). Интегральное поле, используемое в методе ПМП, помимо основной частоты (50 (60) Гц), содержит набор кратных ей гармоник, порождаемых нелинейными нагрузками, обеспечивая принципиальную возможность использования известного принципа частотного зондирования [2]. Мировая практика, в том числе система спутниковых наблюдений, показывают, что число таких гармоник может достигать 80-90 [4]. Учитывая снижение

интенсивности проявления гармоник по мере повышения их частоты, как показывает опыт ведения работ, наиболее уверенное проявление в электромагнитном поле наблюдается для первых 10-15 гармоник, охватывающих интервал частот от 50 (60) до 1000 Гц. Определение компонент электромагнитного поля выполняется на основе спектрального анализа наблюдаемого поля.

Практическая реализация метода ПМП выполнена с использованием трехкомпонентных магнитных датчиков, АЦП, блока питания, GPS-модуля, ноутбука и программного обеспечения для регистрации, обработки и интерпретации данных.

Проведенный анализ показал, что основными достоинствами метода индукционного зондирования ПМП при обследовании территории соляных месторождений являются: 1) возможность контроля соляной части разреза, включая продуктивную его часть, не доступную для стационарных и квазистационарных методов электротометрии; 2) высокая оперативность и экономичность выполнения полевых работ.

Комбинация наземных и шахтных наблюдений методом ПМП позволяет повысить достоверность получаемых результатов и детальность изучения соляной части разреза. Наземная съемка позволяет получить картину изменения интенсивности промышленного магнитного поля на земной поверхности. Регистрируемое поле является суммой первичного, распространяющегося от источника до точки приема по воздуху, и вторичного, обусловленного возникновением теллурических токов и содержащего информацию об особенностях геологического разреза. При регистрации магнитного поля в шахте влияние вторичного поля, возникающего в солевой и присолевой частях разреза, значительно выше. Сопоставление результатов наземных и шахтных наблюдений (рис. 1) позволяет делать выводы о наличии проводящих зон в изучаемой части разреза с более высокой степенью достоверности. Комплексный анализ результатов наземно-подземных исследований позволяет также исключить ряд помех, проявляющихся при наземной съемке (локальные источники, массивные металлические объекты и др.), что может быть использовано для совершенствования технологии обработки и интерпретации наземных наблюдений.

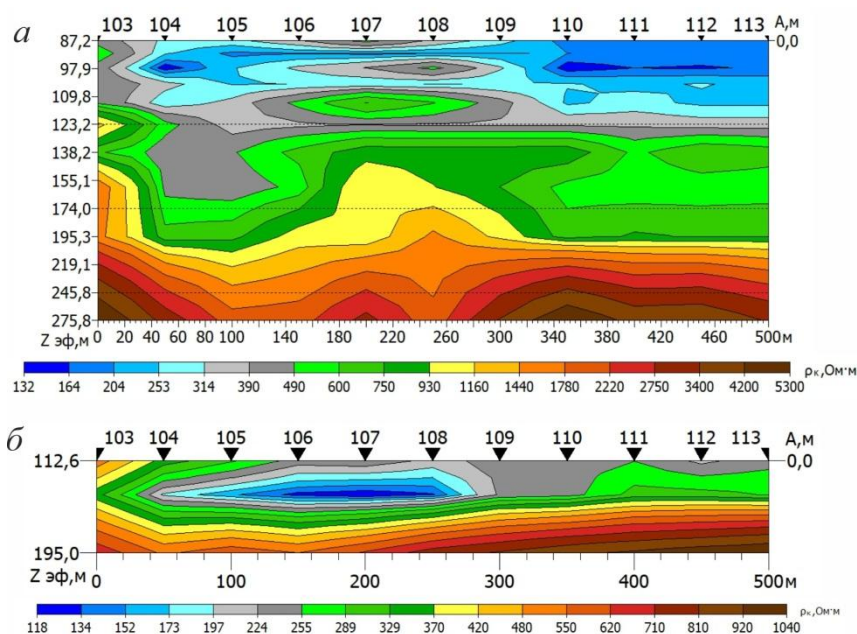


Рис. 1. Сопоставление разрезов кажущегося сопротивления, рассчитанного для профиля на поверхности (диапазон частот 50-500 Гц) (а) и в шахте (б) (диапазон частот 100-300 Гц)

В результате экспериментальных работ, выполненных в условиях Верхнекамского месторождения солей, зарегистрированное при наземной съемке промышленное магнитное поле было признано информативным в частотном диапазоне 50-500 Гц, что позволило получить информацию об изучаемом разрезе в интервале эффективных глубин 80-300 м

(рис. 1 а). Поскольку интенсивность затухания электромагнитного поля связана с физическими свойствами среды и частотой поля, по результатам шахтных наблюдений магнитное поле информативно в более узком частотном диапазоне 50-300 Гц (рис. 1 б).

При наличии в условиях шахты источников магнитного поля промышленной частоты и ее гармоник (шахтное оборудование, высоковольтные кабели и др.) картина поля значительно усложняется. В этом случае для оценки возможности применения метода ПМП и его информационных возможностей необходимо изучение поля шахтного источника, который является помехой при выполнении исследований. В процессе экспериментальных работ при анализе магнитного поля источника помехи было выявлено, что оно содержит поле основной частоты (50 Гц) и набор нечетных гармоник (150, 250, 350 Гц и т.д.). Таким образом, эта помеха не оказывает влияние на четные гармоники промышленной частоты, регистрируемые в шахте (100, 200, 300 Гц), и их источник находится только на земной поверхности, что позволяет получить достоверную информацию о геологическом строении при анализе этих частот (рис. 1 б). В случае влияния источника помехи на весь частотный состав промышленного магнитного поля необходимо использовать контролируемый источник поля.

Таким образом, учитывая высокую контрастность проявления искомым объектов и расположение большинства соляных месторождений в промышленно развитых регионах, метод промышленных магнитных полей является эффективным для оперативного получения информации о геологическом строении территории. Комбинация наземных и шахтных наблюдений позволяет повысить достоверность получаемых результатов и детальность изучения соляной части разреза.

Автор выражает благодарность своему научному руководителю Колесникову Владимиру Петровичу за помощь в реализации исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобровников Н.В. Методические предпосылки использования электромагнитного поля промышленных полей для геоэлектроразведки // Электромагнитные методы геофизических исследований. Свердловск: УрО РАН СССР, 1988.
2. Ваньян Л.Л. Электромагнитные зондирования. М: Научный мир, 1997. 219 с.
3. Вишнева В.С. О возможности использования поля токов тяговой сети железной дороги в инженерной геофизике // Геоэлектрические исследования контраста по электропроводности сред / РАН УрО. Институт геофизики. Екатеринбург, 1996.
4. Гушин М.Е., Коробков А.В., Костров А.В., Стриковский А.В. Генерация и излучение высоких гармоник рабочих частот промышленных линий электропередач в магнитосферу Земли // Материалы XXXVIII Международной конференции по физике плазмы и УТС / ИПФ РАН. Н. Новгород, 2011.
5. Колесников В.П., Ласкина Т.А. Электроразведка в условиях урбанизированных территорий // Геофизика. 2014. №5. С. 33-40.
6. Сараев А.К., Ивочкин В.Г., Пертель М.И., Никифоров А.Б. Возможности электромагнитного профилирования на промышленной частоте 50 Гц при изучении Вуоксинского апатитового массива // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 1998. № 7. с 63-68.
7. Титлинов В.С. О возможности использования полей гармоник 50-периодного тока промышленных ЛЭП в многочастотной электроразведке // Теория и практика электромагнитных методов геофизических исследований. Екатеринбург: Наука. УрО РАН, 1992. С. 64-77.
8. Gudni Karl Rosenkjaer, William Cumming, Karen Christopherson The CSIMT method combining natural MT signals and cultural noise as a sources. SEG Technical Program Expanded Abstracts. 2016. 889-894.
9. Szarka L. Geophysical aspects of man-made electromagnetic noise in the earth. Surveys in Geophysics. 1988. 9. 287-318.

УДК 553.98.041:551.73(571.16)

**ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ
ОТЛОЖЕНИЙ НЮРОЛЬСКОЙ МЕГАВПАДИНЫ ПО ГЕОТЕМПЕРАТУРНОМУ
КРИТЕРИЮ***Лунёва Татьяна Евгеньевна**e-mail: tatyana.luneva93@gmail.com**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск,
Россия*

Аннотация. На основе палеотемпературного моделирования выделены и проранжированы перспективные участки резервуара коренного палеозоя в пределах распространения нефтегенерирующей тогурской свиты с учетом петротипов пород для Нюрольской мегавпадины и структур ее обрамления. Полученные результаты наглядно демонстрируют необходимость применения геотемпературных данных для прогнозирования нефтегазоносности.

**ASSESSMENT OF OIL AND GAS PALEOZOIC DEPOSIT POTENTIAL IN
NYUROLSKAYA MEGADEPRESSION USING GEOTEMPERATURE CRITERION***Tatyana Luneva**e-mail: tatyana.luneva93@gmail.com**National research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia*

Summary. The perspective areas of Paleozoic basement reservoir were selected and ranked on the basis of paleotemperature modeling within the oil generating Togur formation in Nyurolskaya megadepression and framing structures. Also, an analysis of petrotypes basement rocks was taken into account in term of collector petrotype distribution. The results have shown the necessity of geothermal data application for predicting oil and gas.

В настоящий момент наблюдается снижение прироста запасов нефти и газа из «традиционных» меловых и верхнеюрских отложений для Западной Сибири. Прирост ресурсов многие исследователи связывают именно с залежами углеводородов (УВ) в отложениях палеозоя [4]. Открытие залежей УВ в фундаменте на этапе проектирования геологоразведочных работ связано с целым рядом проблем. Одной из таких проблем является необходимость изучения источников нефтей в отложениях палеозоя и оценки нефтегазогенерационного потенциала пород [4].

Для изучаемой территории большинство исследователей сходятся во мнении, что источником для залежей палеозойского резервуара могут служить в каждом конкретном случае как тогурская свита, так и внутripалеозойские доманиковые толщи [1, 3]. В настоящей работе в качестве источника рассматривается тогурская свита.

Цель исследований – выделение первоочередных районов для проведения поисков и разведки залежей в отложениях палеозоя. Граница исследований ограничивается территорией распространения тогурской свиты в пределах Нюрольской мегавпадины и структур ее обрамления (рис.1А).

Решение поставленной проблемы на основе геотермии заключается в моделировании тепловой истории тогурской свиты с использованием технологии палеотемпературного моделирования «ТерлоDialog».

Районирование палеозойского резервуара производилось с учетом значений плотности ресурсов генерированных тогурских нефтей [2], а также петротипов пород фундамента и плотности тектонических нарушений (рис.1Б). Палеозойские отложения характеризуются породами различного генезиса и литологического состава [1].

Карбонатные, магматические преимущественно кислого состава и метаморфические породы, представленные глинисто-кремнистыми и кремнистыми сланцами [1], в результате вторичных преобразований, могут образовывать коллекторы с благоприятными фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС). Неблагоприятными для формирования коллекторов являются магматические породы основного состава и глинисто-сланцевой формации, при выветривании которых могут образовываться глинистые толщи, являющиеся покрышками. Остальные породы, имеющие распространение на данной территории, образуют коллекторы со средними ФЕС. Вследствие вышесказанного были выделены три перспективные зоны и участки внутри них, которые в свою очередь проранжированы с учётом занимаемой площади (рис. 1Б).

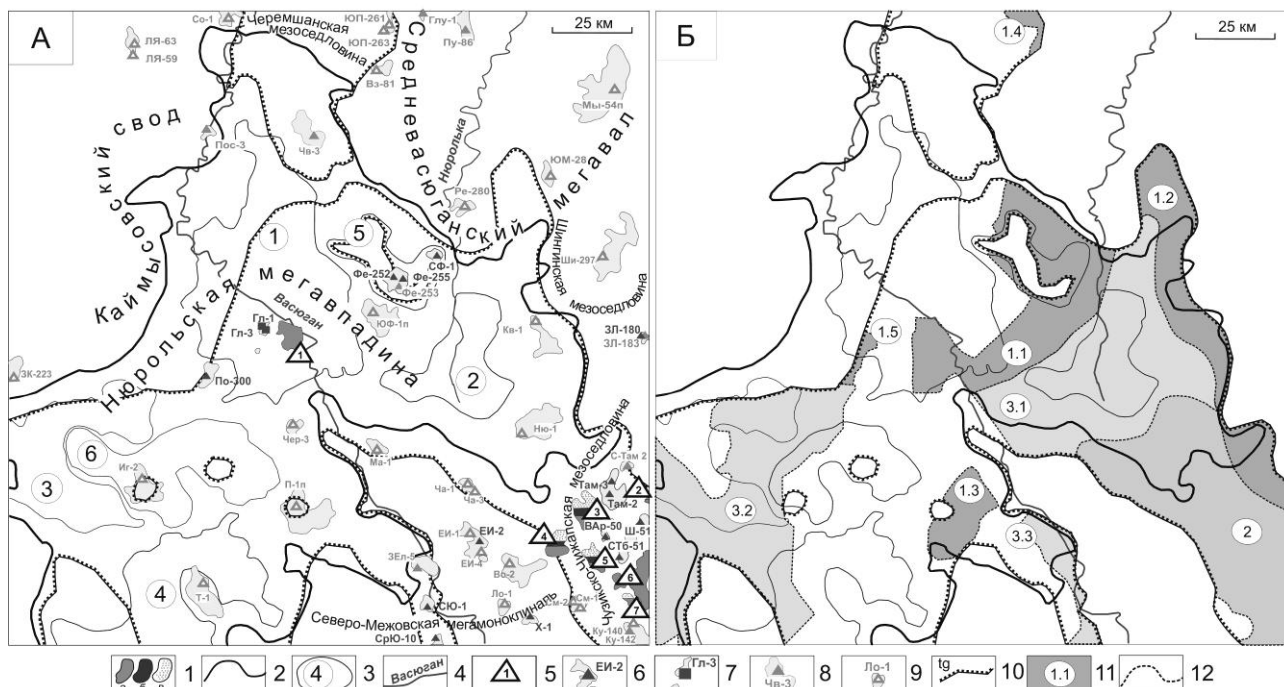


Рис. 1. Схематическая карта нефтегазоносности (А) на тектонической основе [2] и схема выделения первоочередных участков для поисков залежей углеводородов в отложениях палеозоя (Б) Нюрольской мегавпадины: 1) месторождения: а – нефтяное, б – конденсатное, в – газовое; 2) граница Нюрольской мегавпадины; 3) структура III порядка и ее условный номер; 4) речная сеть; 5) условный номер месторождения в палеозойском фундаменте: 1 – Среднеглуховское; 2 – Южно-Тамбаевское; 3 – Урманское; 4 – Южно-Урманское; 5 – Арчинское, 6 – Нижнетабаганское; 7 – Южно-Табанское; структуры, на которых получены: 6) УВ при испытании; 7) запах УВ в керне; 8) приток воды; 9) «сухо»; 10) граница зоны распространения тогурской свиты; 11) перспективный участок, номер ранжирования (интенсивность закрашки площади участка пропорциональна степени перспективности земель); 12) границы районов. Структуры: 1 – Кулан-Игайская впадина, 2 – Тамрадская впадина, 3 – Осевог прогиб, 4 – Тамянский прогиб; 5 – Фестивальный вал, 6 – Игольско-Таловое куполовидное поднятие.

Наиболее перспективные участки относятся к зоне 1. Внутри данной зоны территория была проранжирована на пять участков. Высокая перспективность участка 1.1 подтверждается наличием открытого нефтяного Среднеглуховского месторождения, а также испытаниями в скважинах с притоками УВ на Фестивальной и Северо-Фестивальной площадях. Стоит отметить, что на Глуховской структуре в скважинах №№1, 3 получены признаки УВ в керне. Выделение участка 1.2 подтверждается установленными проявлениями УВ на Тамбаевской площади, а также открытым газонефтяным Южно-Тамбаевским месторождением. Следующие участки 1.3 и 1.4 на настоящий момент не

имеют прямых признаков нефтенасыщения. Перспективность участка 1.5 подтверждается наличием притока нефти на Поньжевой площади.

Далее по ранжированию расположена зона 2. Месторождения с залежами в пласте М₁ различного фазового состояния подтверждают надежность выделения данной перспективной зоны. Также на это указывают проведенные испытания с притоком УВ на Тамбаевской, Широной, Восточно-Арчинской и Северо-Табаганской площадях (рис. 1Б).

Аналогичным образом проранжирована зона 3, которая разделена на три участка. Участки 3.1 и 3.2 обладают наибольшей площадью, но не осложнены тектоническими нарушениями. На настоящий момент не установлены проявления УВ на данных территориях. Перспективность участка 3.3, расположенного в южном врезе Нюрольской мегавпадины, подтверждается испытаниями скважин на Среднеюлжавской, Северо-Юлжавской и Западно-Еллейской площадях.

Стоит отметить, что отсутствие признаков УВ на какой-либо площади на территории перспективных участков, не говорит о неверном их выделении, так как рассматриваемые скважины могли попасть в водоносный или заглинизированный блок, следовательно, данный факт не опровергает перспективность данной зоны.

За пределами распространения нефтематеринской тогурской свиты на Западно-Лугинецкой, Еллей-Игайской, Хылькинской площадях получены притоки углеводородов. Рассмотрим более подробно возможный генезис нефтей на данных площадях.

В работе [3] установлено, что предполагаемым источником нефти Еллей-Игайского месторождения являются нижнедевонские морские нефтематеринские породы, вероятно, кыштовской свиты. Аналогичную картину можно предположить и для рядом расположенной Хылькинской структуры.

Как отмечают в своих исследованиях [3, 4], источником нефтей в залежах палеозойского фундамента Нижнетабаганского, Южно-Табаганского и Урманского месторождений являются как девонские морские нефтепроизводящие породы, так и тогурские юрские битуминозные толщи. Исходя из такой постановки вопроса, можно предположить, что для Западно-Лугинецкой площади источником нефтей являются девонские доманики, так как тогурские отложения на данной территории выклиниваются.

Таким образом, предполагаемым первоочередным районом для изучения и освоения резервуара палеозоя является участок 1.1, расположенный в центральной части Нюрольской мегавпадины, который характеризуется не только высокой плотностью ресурсов тогурских нефтей, улучшенными ФЕС коллектора, но и подтвержден установленной здесь промышленной нефтегазоносностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А., Эрвье Ю.Г. Геология нефти и газа Западной Сибири – М.: Недра, 1975. – 680 с.
2. Лобова Г.А., Власова А.В. Реконструкция геотермического режима материнской тогурской свиты и обоснование районов аккумуляции нефти в нижнеюрских и палеозойском комплексах Нюрольской мегавпадины // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2013. – Т. 8 – №2. – http://www.ngtp.ru/rub/6/15_2013.pdf.
3. Ступакова А.В., Соколов А.В., Соболева Е.В., Кирюхина Т.А., Курасов И.А., Бордюг Е.В. Геологическое изучение и нефтегазоносность палеозойских отложений Западной Сибири. Георесурсы. № 2(61). – 2015. – С. 63-76.
4. Шустер В.Л., Пунанова С.А., Самойлова А.В., Левянт В.Б. Проблемы поиска и разведки промышленных скоплений нефти и газа в трещинно-кавернозных массивных породах доюрского комплекса Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 2011. – № 2. – С. 26–33.

УДК 550.389.1

**ЭКСПРЕССНАЯ ЭМАНАЦИОННАЯ СЪЕМКА В ПРЕДЕЛАХ РАЗЛОМНЫХ
ЗОН ВЫЧЕГОДСКОГО ПРОГИБА**

*Магомедова Александра Шамильевна¹, Езимова Юлия Евгеньевна²,
Удоратин Валерий Вячеславович³*

e-mail: asmagomedova@geo.komisc.ru¹, ezimova89@mail.ru², udoratin@geo.komisc.ru³

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии
имени академика Н.П.Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской
академии наук, г. Сыктывкар, Россия*

Аннотация. На территории Вычегодского прогиба проводилась экспрессная эманационная съемка, вкрест простирания Вычегодского-Локчимского, Предтиманского, Кельтминского и Вишерского разломов. Измерения объемной активности радона выполнялись вблизи населенных пунктов, как по профилям, так и по единичным пунктам наблюдения. Результаты радоновой съемки показали, что разломы Вычегодского прогиба характеризуются повышенными значениями объемной активности радона. Самые высокие значения радоновой активности отмечаются в пределах центрального сегмента Вычегодского-Локчимского разлома, южных частей Предтиманского и Кельтминского разломов, центрального и южного участков Вишерского разлома, что говорит о высокой степени раздробленности и флюидопроницаемости пород.

**EXPRESS EMANATION SURVEY WITHIN FAULT ZONES OF THE VUCHEGDA
DEPRESSION**

Alexandra Magomedova, Julia Ezimova, Valery Udoratin

e-mail: asmagomedova@geo.komisc.ru¹, ezimova89@mail.ru², udoratin@geo.komisc.ru³

*Institute of Geology of the Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy
of Sciences, Syktyvkar, Russia*

Summary. Express emanation survey was conducted on territory of the Vychegda depression, across the Vychegda-Lokchim, Predtiman, Keltma and Vishera faults. Measurements of the volume radon activity were carried out in close proximity to settlements, both in profiles and on isolated points of observations. The result showed that faults of the Vychegda depression are characterized by elevated values of the volume radon activity. The highest values of the radon activity were marked within the central segment of the Vychegda-Lokchim fault, southern Predtiman and Keltma faults, the central and southern sections of the Vishera fault. It is indicating a high degree of fragmentation and fluid permeability of rocks.

Вычегодский прогиб составляет юго-восточную часть Мезенской синеклизы и является самой погруженной ее частью. Глубина погружения фундамента достигает 8 и более километров. По поверхности эпикарельского фундамента прогиб ориентирован в северо-западном направлении вдоль Тиманской гряды и имеет размеры 400 на 120 км. На северо-востоке граница Вычегодского прогиба проходит по Западно-Тиманскому надвигу, на юге и юго-востоке имеет общую границу со структурами Волго-Уральской антиклизы [1].

В 2014–2016 гг. на территории Вычегодского прогиба проводилась экспрессная эманационная съемка, вкрест простирания Вычегодского-Локчимского, Предтиманского, Кельтминского и Вишерского разломов (рис. 1), которые отчетливо выделяются на сейсмических разрезах и имеют сбросово-взбросовую природу.

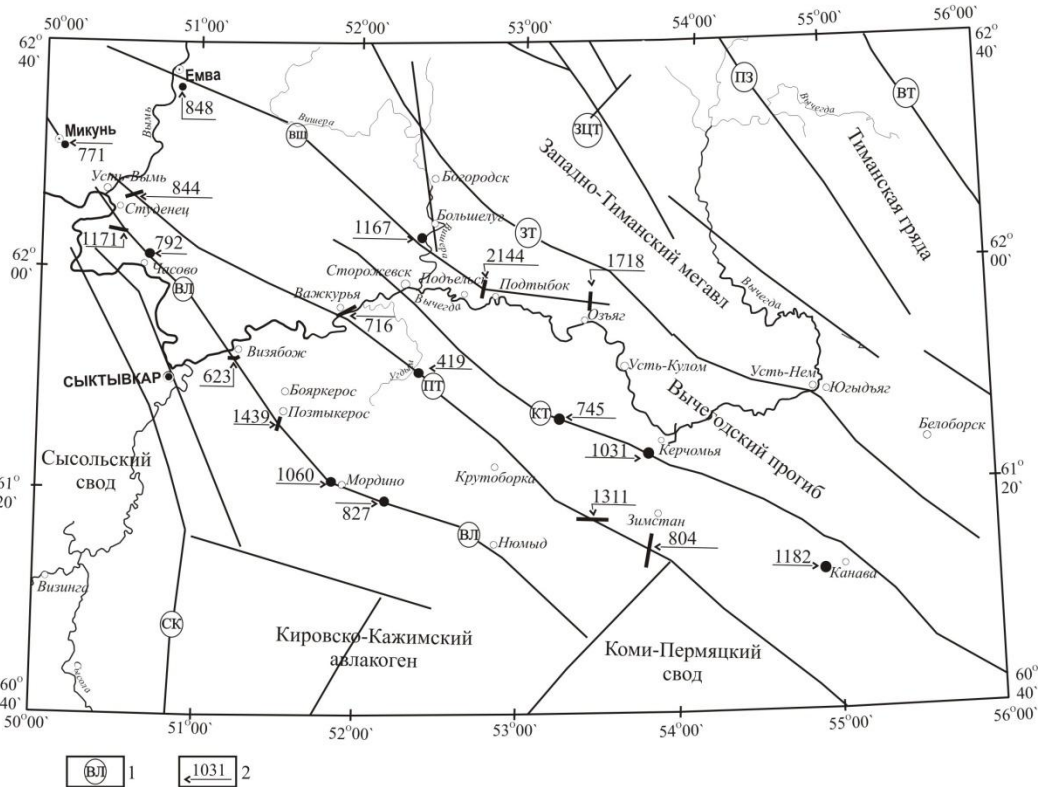


Рис. 1. Схема распределения ОАР в пределах Вычегодского прогиба и прилегающих территорий: 1 – разломы: ВЛ – Вычегодско-Локчимский, ПТ – Предтиманский, КТ – Кельтменский, ВШ – Вишерский, СК – Сыктывкарский, ЗТ – Западно-Тиманский, ЗЦТ – Западно-Центрально-Тиманский, ВТ – Восточно-Тиманский, ПЗ – Пузлинский; 2 – максимальные значения ОАР по профилям, Бк/м³.

Основная цель исследования заключалась в определении активных в тектоническом отношении разломных зон на территории Вычегодского прогиба посредством измерения объемной активности радона-222 (ОАР) в почвенном воздухе.

Измерения ОАР выполнялись как в разломных зонах, так и за их пределами. Все замеры проводились со скважины глубиной 50 диаметром 10 см при помощи портативного радиометра РРА-01М-01. Шаг измерения составлял 500–1000 м. Время замера на одном пункте наблюдения – 20 минут.

В пределах **Вычегодско-Локчимского разлома** измерения радоновой активности проводились по трем профилям. Вблизи пос. Студенец разломная зона отмечается пиком, где максимальное значение ОАР составляет 1060 Бк/м³, по краям зоны наблюдаются минимальные значения. В центральной части тектонического нарушения около д. Визябож концентрация радона-222 составляет 495–623 Бк/м³ и уменьшается к его периферии. На южном профиле разломная зона вблизи пос. Позтыкерос соответствует двум пикам со значениями 1439 и 1351 Бк/м³ в центральной части зоны и пониженным значениям по краям. Кроме профильных работ в пределах Вычегодско-Локчимского разлома наблюдения проводились и по отдельным пунктам наблюдения около населенных пунктов, таких как Микунь, Часово, Мордино, где концентрация радона-222 в почвенном воздухе составляет 771, 792, 1060 и 827 Бк/м³ (см. рис. 1).

Эманационная съемка через **Предтиманский разлом** выполнялась по четырем профилям вблизи с. Усть-Вымь, с. Важжурья и пос. Зимстан, а также проводились отдельные наблюдения около пос. Крутоборка. Зона разлома характеризуется областью высоких значений концентрации радона-222. В северной части разлома значения радоновой активности достигают 844 Бк/м³, в центральной части – 716 и 419 Бк/м³, на юге 804 и 1311 Бк/м³, причем на юге высокие значения отмечаются как в зоне разлома, выделенного по

данным потенциальных полей, так и за его пределами. Это говорит о высокой степени раздробленности пород на данном участке, что затрудняет точное определение местоположения разломной зоны на местности.

В пределах **Вишерского разлома** исследования по профилям осуществлялись на его южной окраине около населенных пунктов Озьяг и Подбельск. Результаты показали, что тектоническое нарушение выделяется повышенными значениями радоновой активности. Максимальные значения ОАР в разломной зоне составляют 1718 и 2144 Бк/м³, по периферии зоны отмечается резкое уменьшение концентрации радона-222. Единичные наблюдения проводились около г. Емва и с. Сторожевск, где ОАР равна 848 и 1167 Бк/м³ соответственно.

Единичные измерения ОАР в трех пунктах наблюдения около с. Керчомья и д. Канава показали, что концентрация радона-222 в почвенном воздухе вблизи **Кельтминского разлома** составляет 745, 1031 и 1182 Бк/м³. Полученные результаты дают основание для дальнейших профильных работ вкрест простирания разлома.

В итоге, обобщая полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Разломы Вычегодского прогиба, выделенные по данным потенциальных полей, характеризуются повышенными значениями ОАР, которые находятся в диапазоне от 419 до 2144 Бк/м³;

2. Самые высокие значения ОАР характерны для центрального сегмента Вычегодского-Локчимского разлома, южных частей Предтиманского разлома и Кельтминского разломов, для центрального и южного участков Вишерского разлома, что говорит о высокой степени раздробленности и флюидопроницаемости пород;

3. Наблюдается изменчивость радоновой активности как в продольном, так и в поперечном направлении разломных зон.

4. В случаях, когда разломы выделяются по данным потенциальных полей, наблюдается различная картина. В полях ОАР прослеживаются повышенные значения, не привязанные к известным разломам, что может отвечать неизвестной ранее разломной зоне, или же не точное выделение местоположения зоны. Однако, это утверждение должно носить предварительный характер и являться лишь поводом для более детальных работ;

Таким образом, пространственное распределение радона над разломами оценивается как достаточно сложное, однако использование данного метода для комплексного изучения разломной тектоники представляется перспективным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Удоратин В. В. Глубинное строение и сейсмичность южных районов Республики Коми: моногр. Екатеринбург: УрО РАН 2002. 71 с.

УДК 550.832

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛИНИСТОСТИ СЛОЖНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Мадишева Рима Копбосынкызы¹, Сагиндилов Кайрат Исламитдинович²
e-mail: rimma_kz@mail.ru, kaira-1987@mail.ru

Карагандинский Государственный Технический Университет, Казахстан, Караганда¹
ТОО «ЦентрПромГеофизика», Казахстан, Южно-Казахстанская область²

Аннотация. Представлено применение метода SGK в сложных коллекторах. Проведено литологическое расчленение разреза по данным традиционных методов ГИС и данным SGK. Приведена методика определения глинистости по данным SGK.

DETERMINATION OF CLAYNESS ON THE DATA OF THE SPECTROMETRIC GAMMA LOGGING

Madisheva Rima Kopbosynkyzy¹, Sagindikov Kairat Islamitdinovich²
e-mail: rimma_kz@mail.ru, kaira-1987@mail.ru

Karaganda State Technical University, Kazakhstan, Karaganda¹
LLP «CentrePromGeophysics», Kazakhstan, South - Kazakhstan area²

Summary. The application of the spectral gamma-ray logging method in complex reservoirs is presented. Lithological dissection of the section was carried out according to the data of traditional geophysical methods and data from the spectral gamma-ray logging. The technique for determining clay content according to spectral gamma-ray logging data is given.

Глинистость коллекторов имеет значительное влияние на пористость и проницаемость горных пород. С ростом глинистости фильтрационно-емкостные свойства коллектора обычно ухудшаются.

Существует проблема уточнения истинной глинистости сложно построенных терригенных коллекторов, связанная с неточной оценкой глинистости по данным интегрального гамма-каротажа, а также отсутствием специальных методов в составе стандартного комплекса ГИС, которые определяют поэлементное влияние естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ) на общую гамма-активность горных пород [1].

Решение этой проблемы возможно при внедрении в состав комплекса ГИС спектрометрической модификации гамма-каротажа (SGK), которая позволяет обеспечить большую информативность для уточнения коллекторских свойств и установить природу повышенной радиоактивности коллекторов.

На месторождении «К», расположенного Южно-Торгайской нефтегазоносной области для оценки влияния изменений естественной радиоактивности коллекторов и определения их глинистости по ГК были выявлены интервалы скважин по следующим критериям:

- Несоответствие результатов измерений комплекса ГИС в скважинах, разрез которых представлен одной и той же литологией;
- Значения гамма-каротажа в интервале продуктивного горизонта выше 15,0 мкР/ч, что не характерно глинистым пластам для месторождения «К».

Данные метода SGK позволяют определить природу повышенной радиоактивности горных пород, что облегчает литологическое расчленение разреза. По результатам анализа данных метода SGK, проведенных в скважинах, радиоактивность полимиктовых песчаников продуктивных отложений нижнего мела и средней юры месторождения «К» связана с высоким содержанием радиоактивного элемента калия (K). На материалах исследований продуктивных отложений литологическое расчленение разреза может производиться по диаграммам содержания Th к отношению содержания Th к содержанию K ($TPRA$). Содержание U слабо коррелируется с литологией разреза вскрытой скважиной, подтверждая установленными многими исследователями факт, что содержание U не связано с

минеральной глинистостью. Содержание К против песчаников компенсируется повышенным содержанием калиевых полевых шпатов, содержащихся в скелете породы.

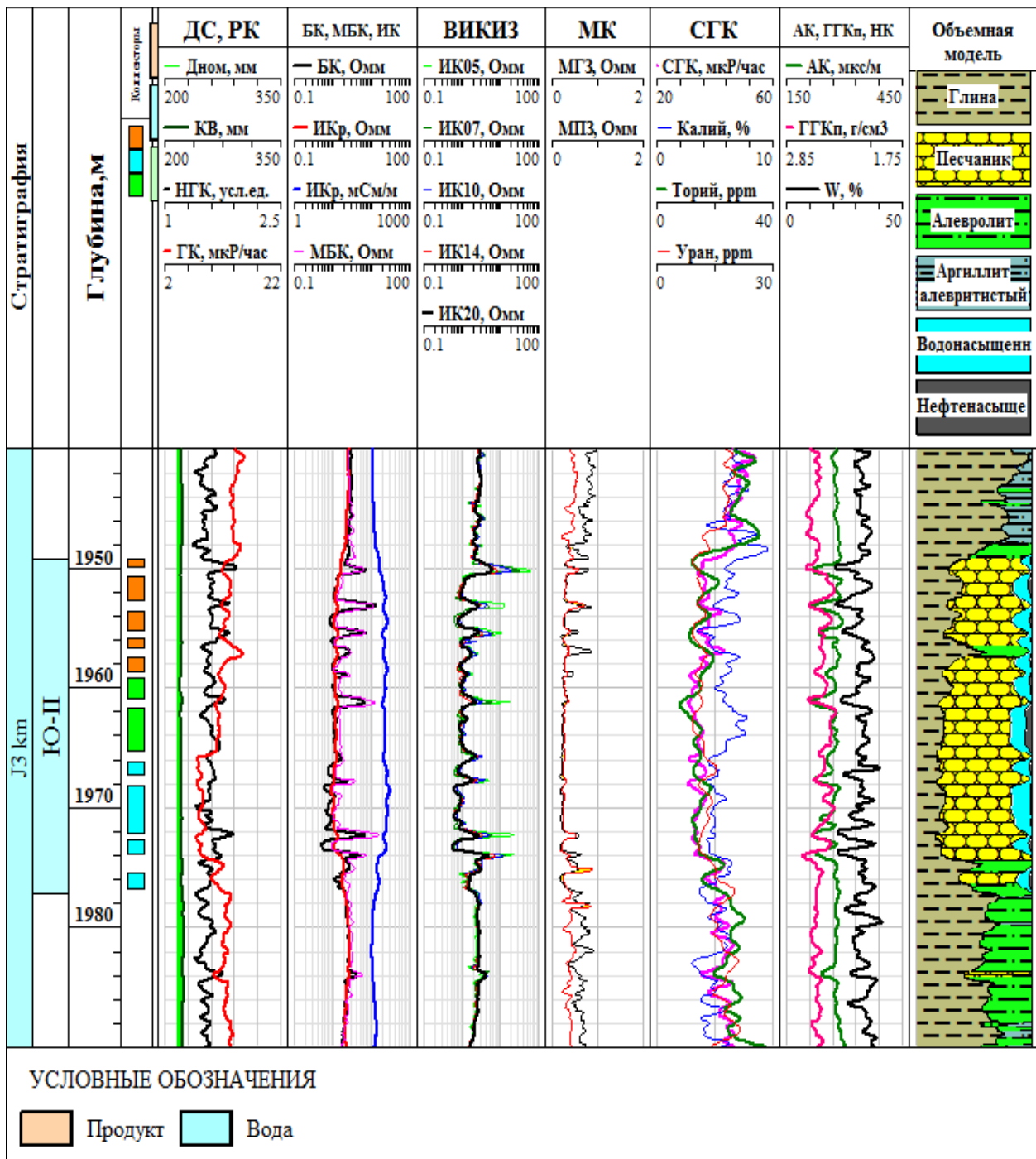


Рисунок 1. Пример комплексной интерпретации традиционных методов ГИС и данных SGK

На рисунке 1 по результатам интерпретации традиционного комплекса ГИС в интервале 1950,0-1966,0 м отмечается несоответствие электрических и акустических методов с интегральным гамма каротажем, что, возможно, вызвано присутствием радиоактивных минералов. Указанный интервал по данным гамма каротажа характеризует ложную литологию глин (составляет $\approx 10-12$ мкР/ч) [2].

Коллекторы в этом интервале выделялись по данным методов сопротивления (БК, МБК, ВИКИЗ) и пористости (АК, ГГКп, НК) на качественном уровне и оценены как водонасыщенные [2].

Результаты СГК в этом же интервале представлены в виде содержаний радиоактивных элементов урана (U), тория (Th), калия (K) и интегральной модификации метода естественной радиоактивности с исключением урановых составляющих (SGR). По данным метода СГК повышенная радиоактивность в интервале коллекторов связано повышенным содержанием радиоактивного элемента калия, которую показывает кривая содержания калия в исследуемом интервале. При интерпретации по определению коэффициента глинистости, для исключения повышенного содержания радиоактивного элемента калия используется формула, который обеспечит исключения влияния калия на общую гамма активность пород:

$$VshTh = \frac{(Th-Thmin)}{(Thmax-Thmin)}$$

где VshTh – объемное содержание глинистых фракций;

Th max – показание против опорного пласта глин;

Th min – показание против чистых пластов (неглинистых) [1].

Количественная интерпретация данных метода СГК в нефтяных и газовых скважинах, связана с определением глинистости пластов и минерального состава пород, содержания органического материала по установленным петрофизическим связям. При изучении осадочных отложений методом СГК, большой интерес представляет возможности более точной оценки глинистости пород, чем при использовании интегрального ГК [2].

В результате проведенных исследований установлено влияние естественных радиоактивных элементов, содержащихся в породах, что дало возможность определить их глинистость и выделить их в разрезе нефтегазовых месторождений, содержащих сложные коллектора, а также для дальнейших исследований по определению фильтрационно-емкостных свойств и нефтенасыщенности сложнопостроенных коллекторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белохин В.С., Калмыков Г.А., Рева М.Ю. Методика обработки многоканального спектрометрического гамма-каротажа с использованием элементарных спектров. Ж. «Каротажник», №10-11 стр. 205-210, 2004 г.
2. Кожевников Д.А. Гамма-спектрометрия в комплексе геофизических исследований нефтегазовых скважин. Методическое пособие. М.: ГАНГ, 1996.

УДК 550.312

**АНАЛИЗ ГЛОБАЛЬНОГО ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СФЕРИЧЕСКОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**

Матвеева Наталья Александровна,

e-mail: limonich@mail.ru,

Казанский Федеральный Университет, Россия, Казань

Аннотация. Предложен новый метод анализа геопотенциальных данных, полученных на сферической поверхности. Этот метод основан на вейвлет-преобразовании с так называемым «естественным» базисом. Вычислительные эксперименты показывают, что предлагаемый метод однозначно определяет местоположение и глубину синтетических причинных источников. Показана хорошая согласованность распределения плотностей, полученного представленным методом, с сейсмическими моделями.

**THE SOLVING OF GRAVIMETRY INVERSE PROBLEM ON THE SPHERE BY USING
"NATIVE" WAVELET TRANSFORM**

Natalia Matveeva¹, Edward Utemov², Danis Nourgaliev³

e-mail: limonich@mail.ru, eutemov@mail.ru, danis.nourgaliev@kpfu.ru

Kazan Federal University, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Russia, Kazan

Summary. We present a novel method to interpret the geopotential data obtained on the surface of a sphere. Suggested method is based on CWT with so called "native" basis. Computational experiments show that location and depth of synthetic causative sources are uniquely determined by the proposed method. Comparison presented results with seismic data demonstrates a good agreement.

В данной работе предложен новый метод интерпретации гравиметрических данных, полученных на сферической поверхности с использованием «естественного» вейвлет-преобразования, которое имеет два преимущества. Первое – вейвлет-коэффициенты имеют размерность физической плотности, а само преобразование имеет ясный физический смысл. Второе – методика позволяет определять параметры аномалиеобразующих источников даже при наличии значительных помех.

Термин «естественное» вейвлет-преобразование впервые был введен в работе [1], для решения двумерной обратной задачи гравиметрии. В этой работе было предложено семейство материнских вейвлетов следующего вида:

$$\psi_{(n)}(x, h) = \frac{2^{n-3}}{(n-2)! \pi^2 f} h^{n-2} V_{(n)}(x, h), \quad n > 1, \quad (1)$$

где x – горизонтальная координата, h – вертикальная координата (глубина), f – гравитационная постоянная, функция $V_{(n)}(x, h)$ – вертикальная производная гравитационного потенциала n -ого порядка двумерной точечной массы. Это семейство характерно тем, что, при $n=4$ местоположение максимума восстановленной (непрерывной) плотности, полученной по гравитационному потенциалу от точечного источника, совпадает с местоположением источника.

В настоящей работе мы предлагаем обобщение понятия «естественное» вейвлет-преобразование на сферический случай. Подчеркнем, что в этом случае интерпретируется потенциал гравитационного поля, а не его производная. Хотя, как и в двумерном случае, построенное вейвлет преобразование основано на производных точечного потенциала, есть два существенных отличия.

Во-первых, при прямом переносе метода с плоского на сферический случай, происходит несовпадение фактических и расчетных параметров источников

(местоположение и амплитуда). Эта проблема была решена на основе сравнительного анализа Фурье-спектра радиальной производной потенциала от точечного источника на 2D сфере, с Фурье спектром вертикальной производной гравитационного потенциала от точечного источника для плоскости. Установлено, что при использовании следующей коррекционной формулы для глубины:

$$h_k = R * e^{-\frac{h}{R}} \quad (2)$$

где h -глубина залегания источника от центра Земли, h_k -пересчитанная глубина, R -радиус Земли, вышеуказанные спектры полностью совпадают.

Этот результат позволяет рассматривать данные, полученные на 3D сфере, как данные на плоскости, но с другими параметрами глубинных причинных источников.

Во-вторых для решения задачи на сфере оптимальным оказалось использование $n=6$, а не 4.

Для нас основной интерес представляют данные полученные на сферической поверхности. Поэтому основным объектом для обработки с помощью вейвлет преобразования для построения плотностной модели были взяты данные гравитационного потенциала Земли EIGEN-6C4 с сайта International Centre for Global Earth Models (ICGEM) (<http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM>). Данные взяты по всей поверхности Земли с частотой дискретизации 0.2 градуса по широте и долготе.

Масштабирующий параметр 3500 км. Этот срез примерно соответствует глубине на которой находится граница мантии и верхняя часть ядра. Можно предположить, что плотностные неоднородности соответствуют термодинамическому состоянию вещества внешнего ядра. Также интерес представляет наличие длинных полос обоих отрицательных и положительных аномалий плотности, которые образуют угол с осью вращения Земли примерно 20-30°, это может быть обусловлено разностью скоростей внешнего и внутреннего ядер, а также не симметричной формой внутреннего ядра относительно центра Земли.

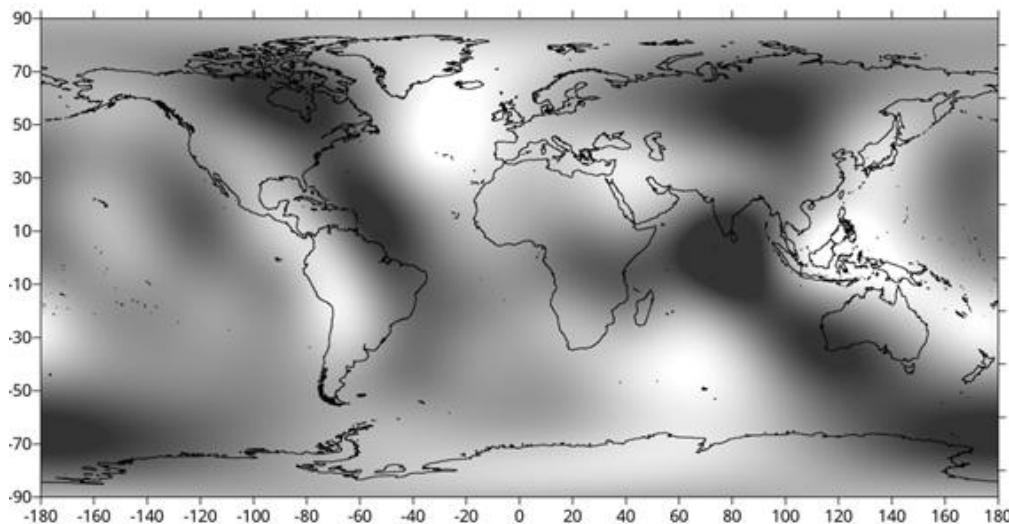


Рис.1. Вейвлет срез, соответствующий глубине 3500 км

В заключении выражаю благодарность Утемову Э.В. и Нургалиеву Д.К. за помощь и поддержку в научных исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Утёмов Э.В., Нургалиев Д.К. “Естественные” вейвлет-преобразования гравиметрических данных: теория и приложения, Физика Земли. 2005(4), 88–96.

UDK 622.7

DISTRIBUTION OF IRON-CONTAINING MINERALS IN THE COAL AND ROCKS OF SHUBARKOL DEPOSIT

Aliya Maussymbayeva

e-mail: Aliya_maussym@mail.ru

Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan

Summary. The approach proposed in the present work in estimating the forecasted reserves of mineral deposits allows a sharp reduction in the volume of geological exploration work during their geological mapping. This allows us to make a conclusion about the prospects of its further development at the stage of preliminary geological exploration of the field.

The Shubarkol deposit is an asymmetric trough, curved in a sublatitudinal direction with the largest axes of 15.0 and 6.5 km with an area of 702 km².

The maximum immersion of carbonaceous deposits is about 250 m. The greatest angles of incidence of coal-bearing thickness from 10-25° to 30-35° at the outcrops of coal horizons are in the north and south of the field. The steepest are the north-west and south-eastern parts.

The western and eastern parts lie more hollow (10-20°). The internal structure of the trough is simple with angles of incidence of 3-5°. Disjunctive disorders within its limits have not been established.

Industrial carboniferous deposits is confined to the lower part of the Jurassic deposits and contains three carbon horizon Upper, Middle and Lower.

Of greatest interest is the Upper Coal Horizon it has in the trough a ubiquitous distribution and it is the most powerful, stable, has a relatively simple structure and acceptance for open development. The area with the simplest structure extends 1.5-2.0 km from the northwestern castle of the trough along the north wing of the fold to the exploratory line 10 and refers to the coal accumulation site.

Within its limits, the center of coal accumulation is clearly distinguished, where the horizon is a single monolithic deposit with a structure that is occasionally more complicated in individual excavations. In the center of coal accumulation, division of the horizon into two coal layers 2C and 1C is visible (Fig. 1). Plast 2C extends to 60% of the area and is the most powerful in the horizon (up to 22 m). It is composed of 3-5 coal packs with a thickness of 0.4-8.0 m, separated mainly by thin interlayers of mudstones and siltstones (0.03-0.50 m).

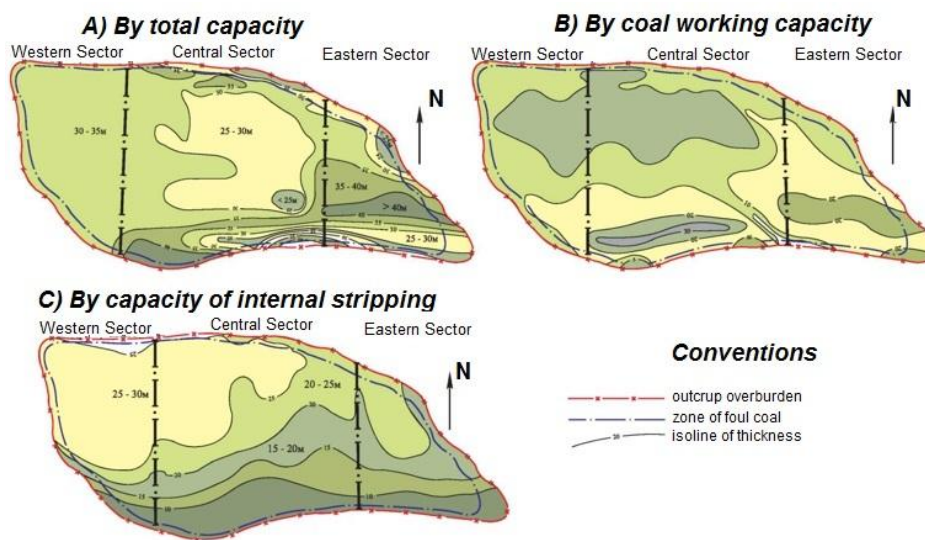


Fig.1 - Zoning of the Upper horizon by power

The 1C reservoir is traced by a 2.5-3.0-kilometer strip from the south-west to the northeast in the central part of the trough. The thickness of the reservoir is 6-9 m and is composed of 1-2 packs of coal in the western part of the deposit and 2-5 in the eastern part. In the southern direction, an increase in the number of coal packs occurs and a regular decrease in the working thickness of the formation is observed. Seam is related to the seasoned.

The coal of the Shubarkol deposit belongs to the long-coal coals of grade D. with the heat of combustion from 5200 to 5700 kcal/kg. The industrial reserves of coal of the Shubarkol field are estimated at over 1.5 billion tons.

We now estimate the predicted reserves of the Shubarkol deposit according to formula (2), using as the physical quantity A the heat of combustion of the Shubarkol coal.

The coefficient q in formula (2) was calculated by the method of [1] and turned out to be $2.16 \cdot 10^{-4}$. Taking the average value of the calorific value 5450 kcal/kg, we obtain from the formula (2) the differentiated reserves of Pd - 14.7%.

The average depth of occurrence of the coal seams of the Shubarkol field is 250 m. The total volume of the Shubarkol field will be $180 \cdot 10^9$ m³.

Knowing all these values, using the formula $P = Pd \cdot V$, we find the forecast reserves [2-5] of the Shubarkol field:

$$P = 2,58 \text{ billion tons}$$

The Shubarkol coal field was discovered in 1985, and its industrial development was started already in 1989. Detailed reconnaissance with calculation of reserves was not made. According to some sources (see, for example, [6]) the reserves of the Shubarkol deposit are estimated as over 1.5 billion tons.

The lack of detailed geological prospecting data is associated with the high cost of drilling operations and the subsequent chemical analysis of core and reservoir samples. If the standards are followed, at least 70,000 wells with a depth of at least 120 meters should be drilled in the Shubarkol field. To date, the cost of one running meter of a borehole costs 20 thousand tenge or more, and the cost of a chemical analysis of one sample is 16 thousand tenge or more. It is clear that the cost of a full geological survey and the calculation of the Shubarkol field's reserves will amount to an impressive amount.

The approach proposed in the present work in estimating the forecast reserves of mineral deposits allows a sharp reduction in the volume of geological exploration work during their geological mapping. This allows us to judge, at the stage of preliminary geological exploration of the field, the prospects of its further development.

REFERENCES

- 1 Portnov V.S., Yurov V.M. Relationship of the magnetic susceptibility of magnetite ores with thermodynamic parameters and iron content // *Izvestiya VUZov. Mining Journal*, 2004, No. 6. - P.122-126.
- 2 Ovchinnikov L.N. Predictive assessment of world reserves in land deposits, DAN SSSR, 1971, v. 196, No. 3. - P. 683-686.
- 3 Goovaerts P. Geostatistics for natural resources evaluation. New York: Oxford University Press, 1997. - 480 p.
- 4 Rogova T.B., Shaklein S.V., Yarkov V.O. Calculation of coal reserves. - Kemerovo: Kuzbass. state. tech. University, 2010. - 136 p.
- 5 Vizhva S.A., Yurov V.M., Portnov V.S., Reva M.V. Usage of physical properties of minerals for the estimation of mineral reserves // *Vestnik of the Karaganda University, ser. Physics*, 2011, No. 4 (64), - P. 78-87.
- 6 Akhmetzhanov B.A., Umetaliev I.B., Zhdankin A.A. Experience and stages of diversification of coal production of JSC "Shubarkol Komir" // *Mining Journal of Kazakhstan*, 2011, №1. - P. 38-40.

УДК 550.34, 551.2

ИЗОБРАЖЕНИЯ КОЛЛИЗИОННЫХ ЗОН КАВКАЗА И КИРГИЗСКОГО ТЯНЬ-ШАНЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ

Медведь Ирина Викторовна

Zabelirina@yandex.ru

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им.А.А.Трофимука СО РАН, Россия,
Новосибирск*

Аннотация. Автором было проведено исследование коллизионных зон Кавказа и Тянь-Шаня с помощью алгоритмов сейсмической томографии. В работе показаны сейсмические модели под исследуемыми областями, их тестирование и интерпретация. Также предложено объяснение природы механизмов, происходящих под коллизионными зонами.

SEISMIC IMAGES OF COLLISION ZONES OF CAUCASUS AND KIRGIZ TIAN-SHAN

Medved Irina Viktorovna

Zabelirina@yandex.ru

*Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics
of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS), Russia, Novosibirsk*

Summary. The work contains a study of the Caucasus and the Tien Shan collision zones by using seismic tomography algorithms. Seismic models under the investigated areas, their testing and interpretation are shown in the paper. Also, an explanation of the nature of the mechanisms occurring under the collision zones is proposed.

Процессы в зонах коллизии привлекают внимание большого количества исследователей, потому что до конца не ясны механизмы, происходящие на больших глубинах в мантии. В отличие от зон субдукции, где одна литосферная плита погружается под другую, как плоский конвейер, в зонах коллизии взаимодействие литосферных плит представляется более сложным. Для изучения данного вопроса, автором были выбраны две части крупнейшего орогена – Альпско-Гималайского складчатого комплекса: Кавказ и Киргизский Тянь-Шань. По изучению коры и верхней мантии данных регионов был произведен ряд исследований разномасштабными методами сейсмической томографии.

В процессе изучения регионов были использованы два алгоритма сейсмической томографии для разных масштабов исследований. Для локальных масштабов (глубины до 70-80 км) был использован алгоритм LOTOS (Local Tomography Software), описанный в работе [1]. Для региональных данных был использован алгоритм региональной томографии (АРТ), описанный в работе [2], который позволяет построить скоростные модели в мантии от 50 км до глубин 700-1000 км.

В результате исследования Кавказа и Тянь-Шаня были получены скоростные модели Р и S волн до глубин от 0 до 60 км с помощью локальной томографии и от 20 до 800 км с помощью региональной томографии. С помощью полученных моделей впервые показано, что структура в исследуемых регионах имеет схожий характер:

- 1) Высокоскоростные аномалии по периферии зоны сочленения континентальных плит. Как правило, крупные высокоскоростные аномалии являются континентальными плитами. В регионе Тянь-Шаня: Казахстанская плита и Таримский блок (рис.1.), а на Кавказе: Скифская и Аравийская плиты (рис.2.)
- 2) Погружение высокоскоростных аномалий под коллизионную зону.

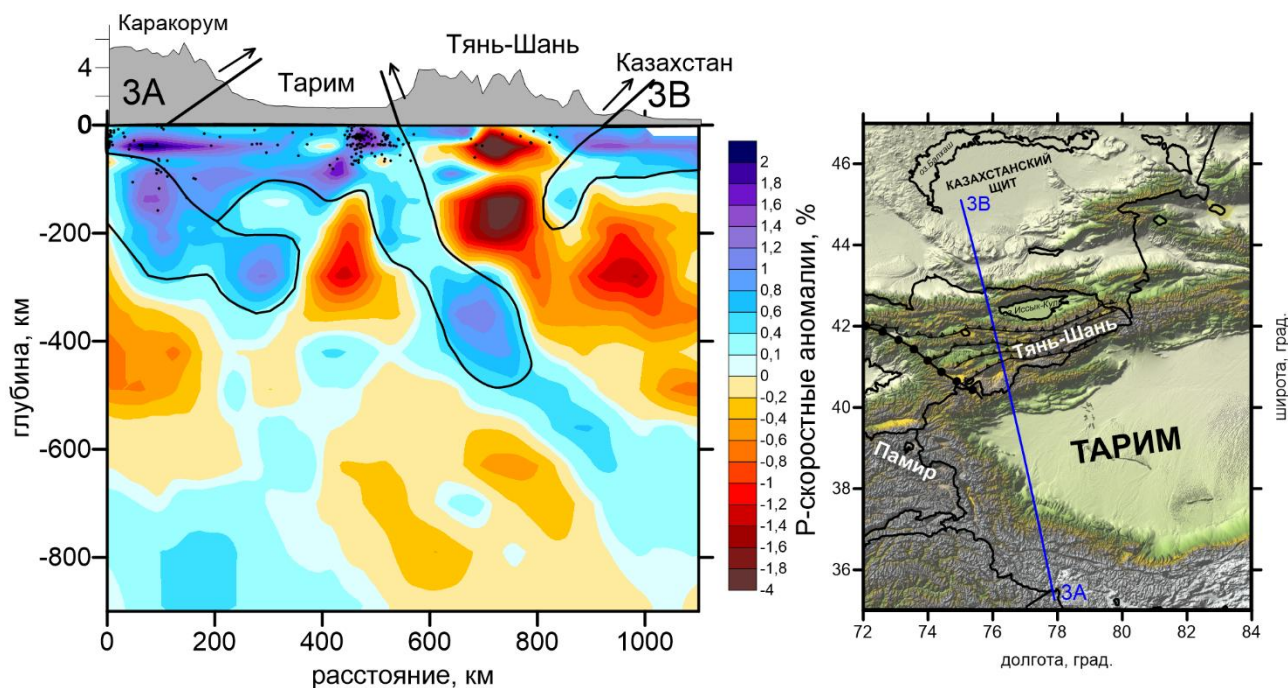


Рис.1. Слева: результат инверсии региональной томографии Киргизского Тянь-Шаня. Выделенные области – высокоскоростные аномалии, под Тянь-Шанем низкоскоростная аномалия. Справа: расположение профиля на карте.

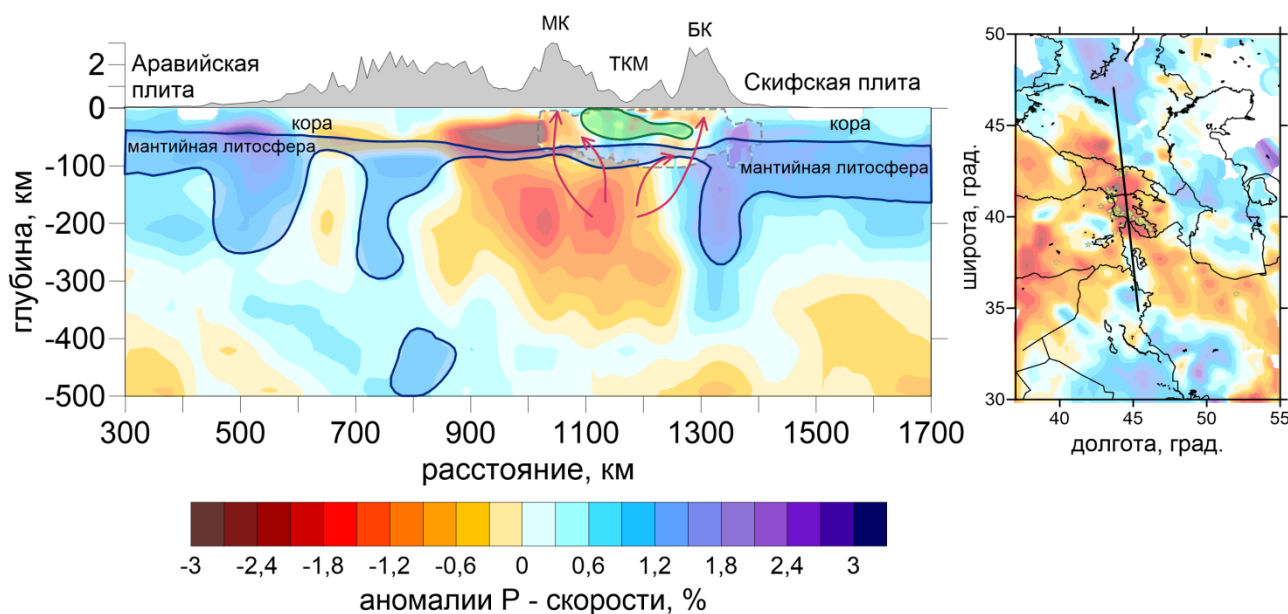


Рис.2. Слева: результат инверсии региональной томографии Кавказского региона. Выделенные области – высокоскоростные аномалии, под Кавказом низкоскоростная аномалия. МК – Малый Кавказ, БК – Большой Кавказ, ТКМ – Транскавказский массив. Справа: расположение профиля на карте.

3) Низкоскоростная аномалия под коллизионной зоной. Автор предполагает, что наличие низкоскоростной аномалии свидетельствует об отсутствии мантийной части литосферы.

Однако, есть и различия, которые заключаются в характере погружения и размерах аномалий. Различия моделей:

1) Размер низкоскоростной аномалии под коллизионными зонами. Низкоскоростная аномалия под Киргизским Тянь-Шанем достигает глубины ~200 км, и ~200 км по

латерали. Аномалия под Кавказом достигает глубины ~300 км и ~400 км по латерали вкрест простирания хребтам Большого и Малого Кавказа.

- 2) Наличие/отсутствие вулканизма. Как известно, в Киргизии отсутствует вулканизм в то время, как на Кавказе находятся очень много вулканов, которые хорошо выделяются в виде низкоскоростных аномалий на моделях локальной томографии.
- 3) Поведение погружающихся аномалий. Погружение аномалий в Киргизском Тянь-Шане имеет наклонный характер и происходит непрерывно. На Кавказе, напротив, мы видим высокоскоростные аномалии, которые погружаются вертикально в мантию в виде капель.

По результатам работ были опубликованы статьи в рецензируемых журналах: по результатам исследований региона Кавказа [3], [4], по результатам исследований региона Киргизского Тянь-Шаня [5].

Работа поддержана проектом РНФ 14-17-00430.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Koulakov, I. LOTOS code for local earthquake tomographic inversion. Benchmarks for testing tomographic algorithms// Bull. Seismol. Soc. Am. 99 (1), 2009, 194–214. <http://dx.doi.org/10.1785/0120080013>.
2. Koulakov, I. and Sobolev, S. V. Tomographic Image of Indian Lithosphere Break-off beneath the Pamir Hindukush Region// Geophys. J. Int., 164, 2006, 425–440.
3. Koulakov, I., Zabelina, I., Amanatashvili, I., Meskhia, V. Nature of orogenesis and volcanism in the Caucasus region based on results of regional tomography// Solid Earth 3, 2012, 327–337. <http://dx.doi.org/10.5194/se-3-327-2012>.
4. Zabelina I., Koulakov I., Amanatashvili I., Khrepy S., Nassir A. Seismic structure of the crust and uppermost mantle beneath Caucasus based on regional earthquake tomography// Journal of Asian Earth Sciences, 119, 2016, p. 87–99.
5. Zabelina, I. V., I. Yu. Koulakov, and M. M. Buslov. Deep mechanisms in the Kyrgyz Tien Shan orogen (from results of seismic tomography)// Russ. Geol. Geophys. 54, 2013, 695–706.

УДК 550.34.035

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАПИСЕЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ SEISMONITOR И GURALP

Мурыськин Алексей Сергеевич

e-mail: muriskinas@gmail.com

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г.Пермь, Россия

Аннотация: в статье представлены результаты сравнения спектров записей, сделанных в августе 2017 года с использованием аппаратуры лаборатории природной и техногенной сейсмичности Горного института Уральского отделения РАН. Запись производилась на единый модуль сбора данных Reftek (производство США). Приведены результаты сравнительного анализа амплитудно-частотных характеристик датчиков SeisMonitor (HS-1) и Guralp (CMG-6T).

COMPARATIVE SPECTRAL ANALYSIS OF RECORDS OF SEISMIC SENSORS SEISMONITOR AND GURALP

Aleksei Muryskin

e-mail: muriskinas@gmail.com

Perm State National Research University, Perm, Russia

Summary. The article presents the results of a comparison of the spectra of records made in August 2017 using the instruments of the laboratory of natural and technogenic seismicity of the Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. The recording was carried out on a single data collection module Reftek (USA production). The results of a comparative analysis of the amplitude-frequency characteristics of the sensors SeisMonitor (HS-1) and Guralp (CMG-6T) are presented.

При проведении сейсмического мониторинга для решения различных производственных задач, в частности, при исследовании вибрационного воздействия взрывов на карьерах или рудниках, для прогноза сейсмических событий и построения физико-геологической модели необходимо набрать точную статистику по событиям в пределах изучаемого объекта. Рынок геофизического оборудования представляет нам много вариантов сейсмических датчиков, модулей сбора данных, GPS и другого оборудования, необходимого для создания сети сейсмологических станций. Большое разнообразие данной продукции обеспечивает конкуренцию на рынке, что вынуждает производителей постоянно модифицировать аппаратуру и поддерживать на рынке адекватную цену на нее. Аппаратура разных производителей имеет существенные различия в технических и эксплуатационных характеристиках.

При проведении научных изысканий необходима точная, и самое главное, единая оценка полученных результатов. Поэтому геофизикам нужно тщательно подходить к выбору аппаратуры и по возможности не использовать одновременно продукцию разных производителей. В реальности, могут разные ситуации, вынуждающие научных сотрудников нарушать эту рекомендацию: слишком коротки сроки выполнения работ, нехватка аппаратуры одного производителя или неожиданная ее поломка. В этих случаях, при сдаче отчета заказчику, необходимо обосновать совместное использование различной аппаратуры тем, что различия между полученными результатами будут несущественны, либо внесением корректирующих поправок для приведения результатов к общему уровню.

В данной работе будут рассмотрены сейсмические датчики HS-1 и Guralp. Сейсмический датчик – один из основных элементов любой сейсмологической станции, и

качество получаемых результатов будут напрямую зависеть от его амплитудно-частотных характеристик. Ниже представлены краткие характеристики сейсмических датчиков.

SeisMonitor (HS-1) – это надежный однокомпонентный сейсмический датчик с чувствительностью 76 В/м/с, производство компании Geospace Technology (США). Во время эксперимента для получения трехкомпонентной записи использовалась сборка из трех заводских датчиков ориентированных в трех направлениях. Основными плюсами можно считать его неприхотливость и надежность – датчик можно устанавливать даже на неподготовленной поверхности [1].

Guralp (CMG-6T) – дорогостоящий сейсмический датчик, рабочий диапазон частот от 0.033 до 100 Гц, чувствительность 2000 В/м/с, размеры (диаметр·высота) 154·153 мм, имеет малый вес – 2.5 кг. Производство компании Guralp (Великобритания). Из минусов данного устройства – для его установки необходима заранее подготовленная твердая ровная поверхность [2].

Экспериментальные работы проводились следующим образом. При проведении записи датчики устанавливались рядом и подключались к единому 6-канальному модулю сбора данных (в данном случае использовался модуль сбора данных Reftek). Так как датчики являются трехкомпонентными, каналы 1-3 подключаются к одному датчику, с 4 по 6 – к другому при строгом соблюдении идентичной их ориентации. Для получения необходимых результатов запись производится в течении нескольких часов. Полученные данные загружались в программу MicroReg [3], где рассчитывались спектры записей. Использовать единый модуль сбора данных – необходимая мера, чтобы исключить влияние аналогово-цифрового преобразователя на полученные результаты. Практические результаты в виде спектров мощности смещения частиц представлены ниже на рис. 1.

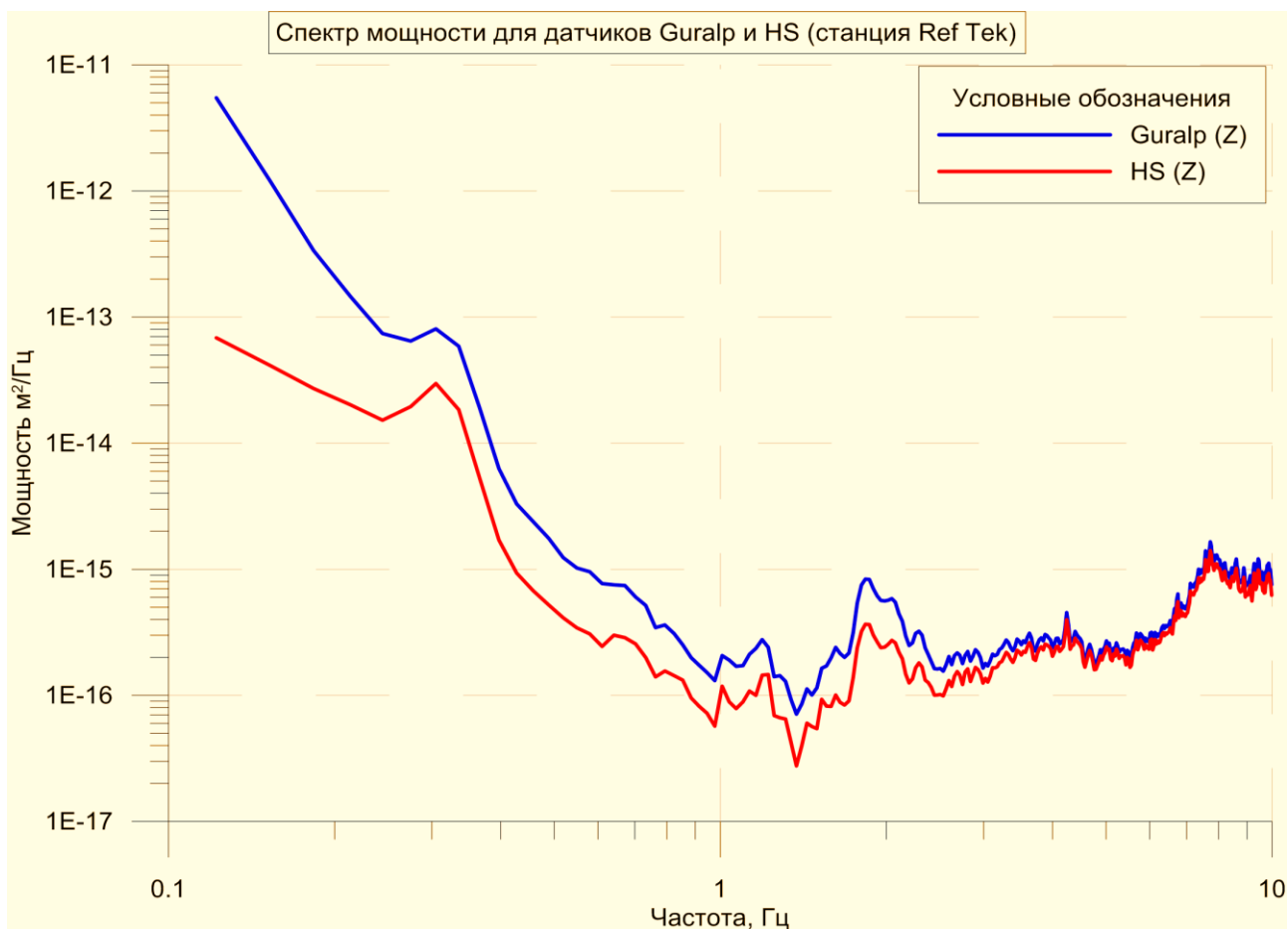


Рис.1. Спектры вертикальных компонент сейсмических датчиков Guralp и SeisMonitor.

Проанализировав данные спектры можно сделать следующие выводы:

1. Форма частотных характеристик датчиков в целом совпадает, но наблюдаются существенные отличия значений мощности в отдельных диапазонах частот.
2. На высоких частотах (выше 4-5 Гц) отличие между ними незначительно, тогда как на нижних достигает двух порядков на частоте 0.15 Гц.
3. Косвенно можно сравнить различия формы АЧХ датчика: амплитуды на датчике Guralp на нижних частотах больше, чем амплитуды HS-1, и практически равны на частоте 4 Гц.
4. При одновременном использовании исследуемых моделей датчиков необходимо внесение поправок в полученные результаты, чтобы сбалансировать различия в амплитудно-частотных характеристиках, особенно, если полезный сигнал будет относиться к диапазону низких частот (исследования естественной сейсмичности).

Анализ данных, полученных при проведении экспериментальных работ, позволяет сделать вывод, что, для обеспечения необходимой однозначности результатов, необходимо использовать датчики одного производителя, или произвести коррекцию данных путем внесения дополнительных поправок для отдельных спектральных составляющих сигнала.

Автор выражает благодарность доценту кафедры геофизики Пермского государственного национального исследовательского университета Олегу Николаевичу Ковину за помощь с редакцией статьи, а также заведующему лабораторией природной и техногенной сейсмичности Горного института УрО РАН Денису Юрьевичу Шулакову за предоставленные данные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт Geospace Technology [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://www.geospace.com>.-Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 14.01.2018).
2. CMG-6T. Digital broadband seismometer. Operator's guide / Guralp System Limited, 2006. 113 p.
3. Дягилев Р.А. Руководство MicroReg// Пермь: Лаборатория ПТС ГИ УрО РАН. 2013, С. 86.

УДК 550.389

ФОРМИРОВАНИЕ ПЕТРОМАГНИТНОЙ МОДЕЛИ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОД ПО ПЕТРОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

*Николаев Михаил Романович¹, Пономаренко Иван Александрович²
e-mail: nukolaevmihael7@gmail.com¹, ponomarenko.i@gubkin.ru²
Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия¹
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва²*

Аннотация. Рассмотрена методика создания петромагнитных моделей по петрофизическим данным с использованием геоинформационных технологий на примере участка в пределах Воронежского кристаллического массива. Модель включает цифровые карты магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности, схемы расположения скважин с аномальными значениями магнитных параметров и атрибутивные таблицы с результатами статистического и идентификационного анализа данных.

FORMATION OF THE PETROMAGNETIC MODEL OF CRYSTALLINE ROCKS BY USING PETROPHYSICAL DATA ON THE EXAMPLE OF THE SITE OF RESEARCH IN THE EASTERN PART OF THE VORONEZH CRYSTALLINE MASSIF

*Mihail Nicolaev¹, Ivan Ponomarenko²
e-mail: nukolaevmihael7@gmail.com¹, ponomarenko.i@gubkin.ru²
Voronezh State University, Voronezh, Russia¹
Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin, Moscow²*

Summary. The technique of creation of petromagnetic models on petrophysical data with the use of geoinformation technologies is considered on the example of a site within the Voronezh crystalline massif. The model includes digital maps of magnetic susceptibility and residual magnetization, well locations with anomalous values of magnetic parameters, and attribute tables with statistical and identification data analysis results.

Использование петрофизических данных является необходимым условием получения геологически содержательных результатов интерпретации геофизических полей. Для территории Воронежской антеклизы существует уникальная пространственная петрофизическая база данных, в которой представлены результаты петрофизических определений образцов керна пород, выполненные в регионе на протяжении почти полувека. База данных организована в формате ГИС-проекта и содержит информацию о плотности, магнитной восприимчивости, остаточной намагниченности, скорости продольных волн, поляризуемости – всего около 90000 петрофизических определений по 4437 скважинам [1,6]. Кроме петрофизической, в базе данных содержится информация о геологической принадлежности исследованных образцов.

На кафедре геофизики Воронежского госуниверситета была разработана технология создания петроплотностной модели региона по данным о плотности пород [3,6] и сформированы петроплотностная модель осадочных пород и петроплотностная модель кристаллических пород Воронежского кристаллического массива (ВКМ)[6].

Основные элементы этой методики были использованы при разработке технологии формирования петромагнитных моделей [1]. Специфика петромагнитных данных потребовала разработки специальных приемов для учета таких особенностей петромагнитной информации, как высокая степень разброса значений магнитных параметров, сильная степень пространственной неоднородности данных, логнормальный закон распределения магнитных параметров.

Разработанная методика была использована при формировании петромагнитной модели участка, расположенного в восточной части ВКМ. В пределах участка исследования распространены песчанико-сланцевые образования воронцовской серии (PR1vc), которые прорываются интрузиями мафит-ультрамафитов мамонского комплекса (PR1m) и интрузиями лейкократовых гранитов бобровского комплекса (γ PR1b) [7].

Исходные данные. Геологическая карта масштаба 1:500000, схема расположения скважин региона, информация о магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности образцов керна пород, а также геологическое описание и данные о принадлежности образца интрузивному или метаморфическому комплексу. Все исходные данные, организованные в формате ГИС, были представлены в виде цифровых карт и соответствующих атрибутивных таблиц.

Основные этапы работ.

Формирование ГИС-проекта «Петромагнитная модель участка», содержащего геологическую и тектоническую схему, данные о расположении скважин и петрофизические данные, относящиеся к этим скважинам.

Группирование петромагнитных данных, относящихся к определенному структурно-вещественному комплексу (СВК), относящихся к отдельным «полигонам» в пределах одного и того же СВК и соотнесение их с данными по конкретным скважинам.

Робастное оценивание петрофизической информации. В результате этой процедуры были выявлены выбросы в данных с использованием идентификационного анализа методом группового учета аргументов [2,4].

Статистический анализ данных. Затем для дальнейшего анализа была выбрана только та информация, которая соответствовала геологической основе и геологическому описанию пород того или иного СВК. Для сформированных таким образом выборок был выполнен статистический анализ, определены медианные, модальные и средние значения петромагнитных параметров, рассчитаны оценки дисперсии, определены пределы изменения параметров.

На заключительном этапе осредненные характеристики значений магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности данных, а также минимальные и максимальные значения были присвоены соответствующим геологическим объектам (полигонам). Геологическим объектам, не имеющим подсечения скважинами, были присвоены осредненные значения, характерные для СВК распространенных в пределах геологических объектов. Для определения этих значений использовалась вся информация пространственной базы данных, а также справочная литература. Во время этого этапа также были использованы данные скважин, расположенных в непосредственной близости с изучаемым объектом, так как ближайшие скважины вполне могут «подсекать» соответствующую группу пород на некоторой глубине. Для контроля рассчитанных характеристик в случае выборок небольшого объема (менее 20 значений) они сравнивались с соответствующими значениями числовых характеристик, полученных для общей совокупности данных для пород рассматриваемого СВК. В результате для каждого полигона были сформированы атрибутивные таблицы, в которые вносились данные о средних значениях магнитной восприимчивости, остаточной намагниченности и пределы их изменений.

На основе атрибутивных таблиц была создана петромагнитная модель участка исследований. Модель включает цифровые карты магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности, схемы расположения скважин с аномальными значениями магнитных параметров и атрибутивные таблицы с результатами статистического и идентификационного анализа данных.

Основной проблемой в создании петромагнитных моделей является неравномерная сеть скважин, что приводит к избыточной информации на одной площади и к ее дефициту на другой в пределах одного участка исследований.

Разработанная петромагнитная модель может быть использована при интерпретации данных магниторазведки. Она может быть применена в качестве стартовой модели при решении обратной задачи магнитометрии.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00226.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазнев В.Н., Минц М.В., Муравина О.М. Плотностное моделирование земной коры центральной части Восточно-Европейской платформы // Вестник Камчатской региональной организации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле, 2016. Т 29, с. 53-63.
2. Муравина О.М. Возможности метода группового учета аргументов при статистической обработке петрофизических данных // Вестник ВГУ, Серия «Геология» Воронеж, 2009. № 2. С. 150-154.
3. Муравина, О. М., В.И. Жаворонкин, В.Н. Глазнев Петрофизическая характеристика осадочного чехла Воронежской антеклизы. Вестник ВГУ, Серия «Геология» Воронеж, 2013 №1. С.189-196.
4. Муравина О. М., Давудова Э.И., Пономаренко И.А. Использование метода группового учета аргументов для выявления выбросов в экспериментальных петрофизических данных. Материалы XVIII Международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле». М.: ИФЗ РАН, 2017. С. 200-203.
5. Муравина О.М., Глазнев В.Н., Жаворонкин В.И. Методика создания петромагнитной модели территории Воронежского кристаллического массива по петрофизическим данным / Сборник материалов III Школы-конференции «Гординские чтения». М.: ИФЗ РАН, 2017. С.118-125.
6. Муравина О.М., Глазнев В.Н., Жаворонкин В.И. Петроплотностная модель кристаллического фундамента Воронежского кристаллического массива / Материалы 40-ой сессии международного семинара им. Д.Г. Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей». – Екатеринбург, ИГ УО РАН, январь 2014. С. 171-173.
7. Чернышев Н.М. (Ред.) Литосфера Воронежского кристаллического массива по геофизическим и петрофизическим данным. Воронеж: «Научная книга», 2012. 330 с.

УДК 550.835

НОВАЯ АППАРАТУРА «ON-LINE» КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РУД НА ШАХТАХ ТОО «КОРПОРАЦИЯ КАЗАХМЫС»

*Нургалиев Диас Кайратович¹, Ефименко Сергей Анатольевич², Абдрахманова Зауре
Толегеновна³, Шаханов Амирхан Мухиджанович⁴*

*e-mail: Dias.Nurgaliev@kazakhmys.kz¹, Serg_yef@mail.ru², Zaure.ab@mail.ru³,
Amirhan.shahanov@mail.ru⁴*

*ТОО «Корпорация Казахмыс», Жезказган, Казахстан^{1,2}
ТОО «Корпорация Казахмыс», Караганда, Казахстан^{3,4}*

Аннотация. Дано обоснование выбора портативного энергодисперсного рентгенофлуоресцентного спектрометра, способного с высокой точностью определять в «on-line» режиме содержания серебра, меди, свинца и цинка при опробовании руд на стадиях проведения геологоразведочных и добычных работ на шахтах ТОО «Корпорация Казахмыс». Обсуждены результаты испытаний спектрометра РПП-12Т на керновых, вагонных и порошковых пробах руд

NEW APPARATUS OF «ON-LINE» OF CONTROL OF QUALITY OF ORES ON MINES OF KAZAKHMYS LLC

Nurgaliev Diaz¹, Yefimenko Sergei², Zaure Abdrakhmanova³, Shahanov Amirhan@mail.ru⁴

*e-mail: Dias.Nurgaliev@kazakhmys.kz¹, Serg_yef@mail.ru², Zaure.ab@mail.ru³,
Amirhan.shahanov@mail.ru⁴*

*Kazakhmys LLC, Kazakhstan, Zhezkazgan^{1,2}
Kazakhmys LLC, Kazakhstan, Karaganda^{3,4}*

Summary. The ground of choice of portable energy dispersible X-ray fluorescence spectrometer, capable with high exactness to determine in the «on-line» mode maintenances of silver, copper, lead and zinc at the assay of ores on the stages of realization of geological survey and booty works on mines Kazakhmys LLC, is given. The results of tests of spectrometer of RPP-12T are discussed on the керновых, carriage and powder-like tests of ores

Несмотря на многолетнюю историю применения технических средств «on-line» опробования руд полиметаллических месторождений на стадиях разведки, эксплуатационной разведки и отработки, по-прежнему актуальными остаются задачи: повышения достоверности, точности, чувствительности методов «on-line» контроля; охвата «on-line» контролем всего списка основных и сопутствующих балансовых элементов, включая драгоценные металлы. выбор портативных энергодисперсионных рентгенофлуоресцентных (EDXRF) спектрометров наиболее оптимальных для горнодобывающих предприятий ТОО «Корпорация Казахмыс» с учетом необходимости определения содержания серебра в рудах, а том числе и по забоям шахт.

Мировой рынок EDXRF спектрометров сейчас очень насыщен. На нем широко представлены спектрометры стран дальнего зарубежья: Niton XL3t_Goold, Niton XL3t500, Niton XL3t800 (США), Innov-X Alpha Series (США), EDX-Pocket Series IV поколения (США), Olympus Delta Premium (США), X – MET 7500 (Англия), Bruker S1 Titan 800 Features (Германия) и другие. Общим для этих спектрометров является то обстоятельство, что первоначально они разрабатывались для нужд черной и цветной металлургии, как анализаторы металлов и сплавов. По мере насыщения рынка анализаторов металлов и сплавов, эти спектрометры начали внедрять в горнорудную промышленность. И здесь выяснилось, что анализ гомогенных сред (металлы и сплавы) и анализ гетерогенных сред (полиметаллические руды) – это не одно и то же. При анализе металлов и сплавов

необходимо было обеспечить высокую чувствительность к легирующим примесям, поэтому пятно обзора детектора на поверхности объекта исследования делалось минимальным. На полиметаллических рудах, наоборот, пятно обзора детектора необходимо делать максимально большим, чтобы снизить до приемлемого уровня влияние неравномерности оруденения на результаты «on-line» контроля. Конструкция датчиков, перечисленных выше EDXRF спектрометров, не позволяет заметно увеличить пятно обзора детектора. Максимальная же приближенность зондовой части датчиков к объекту измерений в условиях шахт и карьеров увеличивает риск серьезных повреждений этих приборов.

Недостатки импортных EDXRF спектрометров стали предметом научных и конструктивных изысканий у разработчиков аппаратуры из стран СНГ. Результатом этих изысканий стали спектрометры, представленные сейчас на рынке – это ElvaX GEO (Украина), Спектроскан GEO (Россия) и РПП–12Т (Казахстан). К конкурсу были допущены только эти спектрометры.

Критерии выбора: а) минимальный вес; б) способность опробовать забои высотой до 7 м (на месторождении Жезказган залегание рудных тел горизонтальное, поэтому рудные тела опробуются вертикальными сечениями); в) высокая достоверность результатов опробования руд на серебро при среднем уровне его содержаний 15 ppm; г) быстрота и качество сервисного обслуживания.

По весовому фактору спектрометры составили следующий ряд: РПП–12Т в шахтном варианте – 1,16 кг, ElvaX GEO – 2,0 кг, Спектроскан GEO – 2,4 кг. Средства доставки датчика на высоту до 7 м имеет только РПП–12Т. При опробовании бедных серебросодержащих руд предпочтительнее также РПП–12Т. По быстроте и качеству сервисного обслуживания – РПП–12Т вне конкуренции (опыт совместной работы с ТОО «Аспап Гео» с 1996 года). Наш выбор – спектрометр РПП – 12. У РПП–12Т есть ещё одно важное преимущество: устройством регистрации и обработки является обычный смартфон с операционной системой Android. У конкурентов используются портативные карманные персональные компьютеры, гораздо более громоздкие и менее производительные.

На рисунке 1 спектрометр РПП–12Т показан в трех исполнениях: для опробования забоев (слева), для опробования руды в навале отбитой горной массы, керна и бурового шлама скважин (в центре), для анализа порошковых с помощью специальной круглой насадки, в которую вставляется кювета с пробой (справа).

Перед принятием окончательного решения, спектрометр РПП–12Т был всесторонне испытан на горных и обогатительных предприятиях ПО «Жезказганцветмет» и АО «Жезказгангеология». Обсудим результаты испытаний.

В таблице 1 приведены результаты испытаний на образцах керна одной из скважин. Скважина была подобрана таким образом, чтобы был представлен весь размах содержаний серебра в рудах месторождения медистых песчаников Жезказган, а среднее содержание серебра на рудном пересечении было близко к среднему содержанию серебра в товарной руде. Показана хорошая сходимостъ содержаний серебра, а также меди и цинка, по данным РПП–12Т и химического анализа.

Испытания на дробленых вагонных пробах двух железнодорожных составов руды с карьера «Кресто–7» на Жезказганской обогатительной фабрике №2 проводились по следующей схеме. Работниками ОТК с каждого железнодорожного состава были отобраны пробы массой по 5 – 6 кг. Каждая проба была разложена на столе и по ней было сделано 35 – 40 измерений прибором РПП–12Т с экспозицией 10 сек. Результаты замеров: медь – 3,03% и 2,28% (х/а – 2,98% и 2,39%), серебро – 57,5 ppm и 37,7 ppm (х/а – 52,5ppm и 39,4 ppm), кадмий – 4,1 ppm и 6,3 ppm (х/а – 4,4 ppm и 5,9 ppm). На этом этапе испытаний также была подтверждена хорошая сходимостъ данных РПП–12Т и химического анализа.



Рис. 1. Варианты исполнения спектрометра РПП–12Т

Таблица 1. Результаты испытаний спектрометра РПП–12Т на керне разведочных скважин

№№ п/п	Интервал, м			N, шт	Cu, %		Zn, %		Ag, ppm	
	от	до	L		х/а	РПП	х/а	РПП	х/а	РПП
1	131,3	132,4	1,1	20	0,93	0,848	0,003	0,0033	50,7	44,7
2	135,4	136,4	1,0	14	0,50	0,443	0,004	0,0033	20,8	17,4
3	136,4	137,5	1,1	16	0,46	0,432	0,004	0,0036	21,3	18,0
4	137,5	138,5	1,0	14	0,43	0,419	0,004	0,0038	16,8	14,7
5	138,5	139,5	1,0	14	0,34	0,316	0,005	0,0038	17,8	19,5
6	139,5	140,5	1,0	16	0,22	0,231	0,005	0,0041	6,1	6,1
7	140,5	141,5	1,0	19	0,42	0,418	0,005	0,0042	22,6	24,8
8	141,5	142,5	1,0	18	0,37	0,579	0,005	0,0064	20,7	23,7
9	142,5	143,5	1,0	17	0,44	0,449	0,004	0,0037	24,6	24,1
10	143,5	144,5	1,0	16	0,20	0,204	0,004	0,0034	6,8	5,9
Средние содержания, %					0,431	0,434	0,0043	0,0040	20,82	19,89
Погрешность σ , %						0,70		6,98		4,47

В таблице 2 приведены результаты испытаний спектрометра РПП–12 на геологических порошковых пробах руд. Показана хорошая сходимость средних результатов меди и серебра. На этом этапе РПП–12Т использовался в том же режиме, что и на руде.

Таблица 2 Результаты испытаний спектрометра РПП–12 на порошковых пробах

Эле- мент	Метод	Номера проб									Ср.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cu, %	РПП12	0,68	0,88	1,43	0,84	3,65	1,33	7,68	7,13	3,95	3,063
	х/а	0,62	0,91	1,34	0,82	3,61	1,27	8,03	7,17	4,02	3,088
Ag, ppm	РПП12	2,43	6,12	10,21	15,11	21,98	32,35	46,70	94,60	174,40	44,88
	х/а	2,9	5,5	8,5	13,1	21,4	32,8	45,6	98,3	176,60	44,97

В результате проведенных исследований горные предприятия ПО «Жезказганцветмет» получили очень надежный, простой в эксплуатации, достаточно легкий полевой спектрометр, который способен эффективно решать задачи геологического обслуживания геологоразведочных и добычных работ. Сейчас в эксплуатации находятся 4 прибора РПП–12Т.

УДК 550.34.052

**СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МОВ ОГТ С
ВЗРЫВНЫМ И НЕВЗРЫВНЫМ ИСТОЧНИКАМИ**

Овчинникова Елизавета Александровна
e-mail: lizagfzpsu@gmail.com
ПГНИУ, г. Пермь, Россия

Аннотация. В данной работе представлено сравнение двух видов источников: ударный и взрывной. Цель данной работы – изучить возможности двух различных видов источников возбуждения упругих волн и оценить их влияние на результаты интерпретации.

**COMPARE RESULTS OF DATA PROCESSING MOV OGT WITH EXPLOSIVE AND
NON-EXPLOSIVE SOURCES**

Elizaveta Ovchinnikova
e-mail: lizagfzpsu@gmail.com
Perm State University, Perm, Russia

Summary This paper presents the comparison of the two types of sources: the percussive and explosive. The aim of this study was to explore the possibilities of two different types of excitation sources of elastic waves and assess their impact on the results interpretation.

Сейсмическая разведка в настоящее время занимает ведущее место среди всех геофизических методов при поисках и разведке большинства полезных ископаемых, широко используется при инженерных изысканиях, поэтому знакомство с основами сейсморазведки является важнейшей частью современного общего инженерного геолого-геофизического образования[1].

Цель данной работы – изучить возможности двух различных видов источников возбуждения упругих волн и оценить их влияние на результаты интерпретации. Уникальность и новизна работы заключается в том, что сейсморазведку с взрывным источником целенаправленно для изучения солей в Пермском крае в промышленных масштабах еще никто не делал.

В данной работе представлено сравнение двух видов источников: ударный и взрывной. Полевые измерения проводились методом отраженных волн по методике общей глубинной точки (далее МОВ ОГТ). Измерения проводились на одном профиле. По априорным данным, в верхней части разреза залегают мергели, гипсы, глины, далее залегают соли. Залегание пород преимущественно горизонтальное.

Обработка данных сейсморазведки осуществлялась в программном комплексе SPS-PC. Цифровая обработка состояла из следующих этапов: переформатирование полевых данных в формат программы, создание паспорта профиля обработки, расчет статистических поправок, применение различных процедур обработки, потрассная редакция, ввод кинематических поправок, суммирование сейсмограмм.

Результат обработки – это временные разрезы. Основным преимуществом разрезов является то, что они дают представление о геологическом строении данного региона. Поскольку отражающие горизонты обычно совпадают с геологическими границами, то на временном разрезе можно увидеть, как себя ведут те или иные горизонты.

Временной разрез, полученный с использованием ударного источника, представлен на рисунке 1. Временной разрез, полученный с использованием взрывного источника, представлен на рисунке 2.

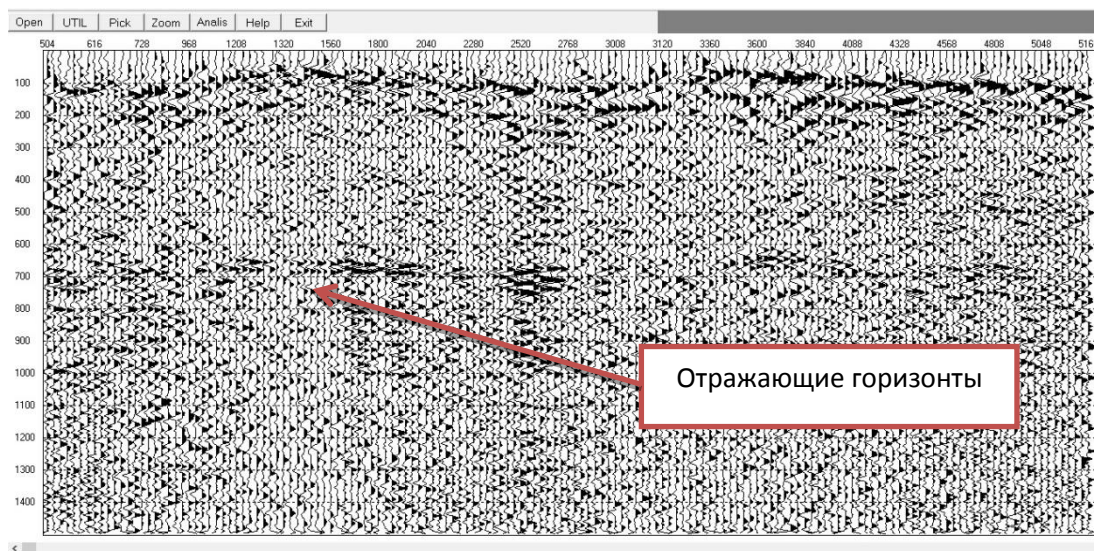


Рис.1. Временной разрез, полученный при обработке полевых данных с использованием ударного источника

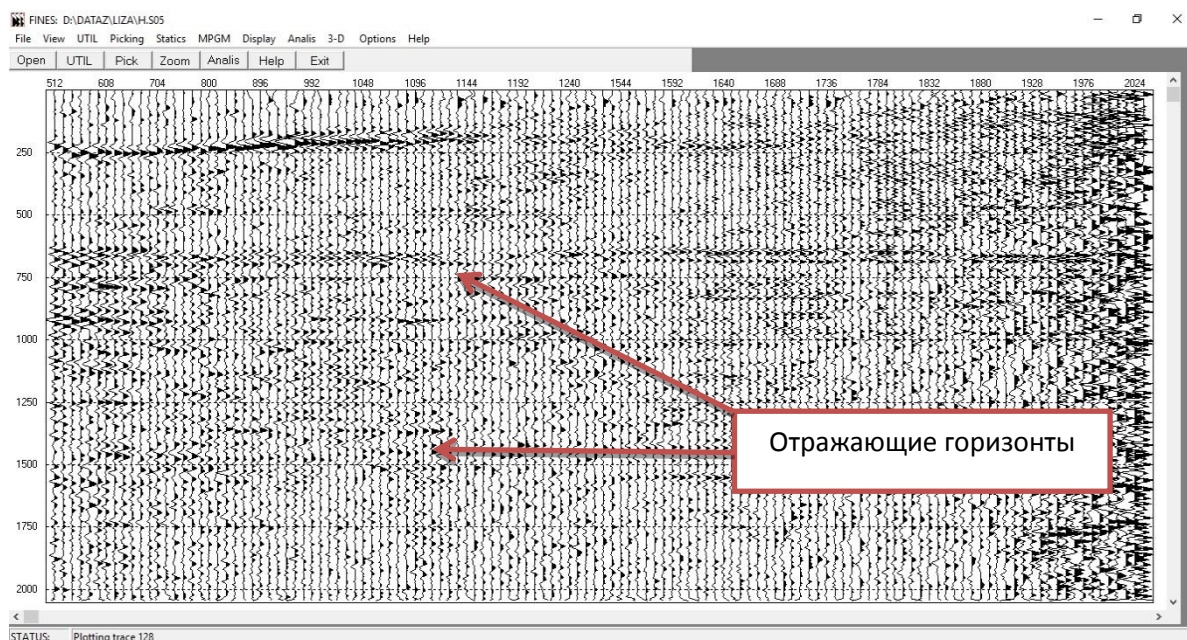


Рис.2. Временной разрез, полученный при обработке полевых данных с использованием взрывного источника

Как видно из полученных данных, применение взрывных источников при сейсморазведочных работах является наиболее эффективным. На рисунке 2 можно выделить больше отражающих горизонтов, чем на рисунке 1. Так же рисунок 1 очень осложнен помехами, а на рисунке 2 отношение сигнал/помеха значительно выше, что повышает надежность результатов интерпретации. Поэтому дополнительные затраты на бурение скважин и организацию взрывных работ окупаются значительным повышением качества материала

Работа выполнена при поддержке ООО «ППИ-Геофизика», за что выражаю благодарность Пригаре А.М..

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарев В.И. Сейсморазведка. Екатеринбург, 2007
2. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка. М.: «Недра», 1980

УДК 550.34

**ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ОЧАГОВЫХ ЗОН
ИСТОРИЧЕСКИХ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ АРМЕНИИ**

*Оганнисян Айкануш Левоновна¹, Геодакян Эдуард Григорьевич², Дзебоев Борис Аркадьевич³
e-mail: haykuhi.mkrtchyan.1987@mail.ru¹, geodakyan.e@mail.ru², b.dzeboev@gcras.ru³
Институт геофизики и инженерной сейсмологии им. акад. А.Г.Назарова, Национальной
Академии Наук Республики Армении, г. Гюмри^{1,2}
Геофизический центр Российской Академии Наук, г. Москва³*

Аннотация. В настоящей работе с помощью методов кластерного анализа составлены карты приуроченности современных сейсмических событий, произошедших в центральной части территории Армении с 1962 по 2016гг., к очаговым зонам исторических разрушительных землетрясений Двин(893г.), Гарни(1679г.) и Арарат(1840г.). Анализ этих карт указывает, что очаг исторического Араратского землетрясения имеет повышенную сейсмическую активность, а количество сейсмических событий попавших в очаговых зонах Гарнийского и Двинского землетрясения сопоставимы и указывают на их умеренную сейсмическую активность.

**ASSESSMENT OF SEISMIC ACTIVITY OF FOCAL ZONES OF HISTORICAL
DESTRUCTIVE EARTHQUAKES IN ARMENIA**

*Hovhannisyan Haykanush¹, Geodakyan Eduard², Boris Dzeboev³
e-mail: haykuhi.mkrtchyan.1987@mail.ru¹, geodakyan.e@mail.ru², b.dzeboev@gcras.ru³
IGES NAS RA Gyumri^{1,2},
Geophysical center RAS³*

Summary. In this article, using the methods of cluster analysis, maps of the seismic events are compiled associating the occurrences in the central part of the territory Armenia, to the focal zones of historical destructive earthquakes in Dvin(893), Garni(1679) and Ararat(1840). The analysis of the maps show that the focal zone of Ararat historical earthquake has high seismic activity and the number of seismic events within Garni, Dvin focal zones are identical and indicate to the moderate seismic activity of the least.

Общеизвестно, что сейсмичность, как и геологическая среда имеет иерархическую структуру, отображающую активные геодинамические процессы происходящие в земной коре. Для выявления отдельных структурных элементов сейсмичности, изучается распределение совокупности сейсмических событий в пространстве, во времени и по энергию. При помощи анализа таких распределений выделяются различные элементы иерархической структуры сейсмичности, такие как линейные структуры(линиаменты), рассеянные области сейсмичности(домены) и области потенциальных очагов землетрясений. [4].

Такие исследования на территории Армении до недавнего времени проводились на качественном уровне, где немало важную роль играл субъективный фактор. Вместе с тем на современном этапе таких исследований начали широко внедряться методы математической обработки, особенно методы кластерного анализа[1,2,6]. В частности для выделения линейных структур сейсмичности применяется перколяционный метод анализа сейсмичности[4]. Области рассеянной сейсмичности хорошо выделяется методом ближайшего соседа. А для выделения потенциальных очаговых зон применяется методы кластерного анализа [3].

В настоящей работе была поставлена задача применяя методы кластерного анализа выявить приуроченность современных сейсмических событий произошедших в центральной

части территории Армении к очаговым зонам исторических разрушительных землетрясений Двин(893г.), Гарни(1679г.) и Арарат(1840г.) [7].

Математически задача формулируется следующим образом: Есть два множества точек- $A\{a_1, a_2, a_3\}$ и $B\{b_1, \dots, b_n\}$, ($n=1,1854$), которые соответственно из себя представляют очаги вышеуказанных исторических землетрясений и очаги землетрясений произошедших в исследуемой территории с 1962 по 2016гг. Наша задача состоит в том чтобы разбить множество $B\{b_1, \dots, b_n\}$ по некоторому критерию близости точек из $A\{a_1, a_2, a_3\}$ на кластеры [3,5].

В рассматриваемом работе эта задача реализуется при помощи следующего алгоритма. Рассчитывается расстояние от всех точек $B\{b_1, \dots, b_n\}$ до всех точек $A\{a_1, a_2, a_3\}$, с помощью формулы

$$d = l\sqrt{(\varphi_n - \varphi_0)^2 + (\lambda_n - \lambda_0)^2 \cos^2 \varphi_n}, \quad l=111,12 \text{ км} \quad (1)$$

Но для рассчитанных расстояний есть два препятствия. Первое–точка $b_n \in B$ может находиться на одинаковых (или почти одинаковых) расстояниях от двух или трех точек из множества A , второе–очевидно, что не все точки $b_n \in B$ должны попасть в конечную выборку точек близких (приуроченных) к точкам A в силу своей «удаленности» от них. Первое препятствие преодолевается простым волевым решением об отнесении точки $b_n \in B$ к той или иной точке из A . То второе препятствие так просто не преодолеть. Для его преодоления надо понимать что такое «близко» и что такое «далеко» в рассматриваемом пространстве точек A и B или другими словами что такое «маленькое» и что такое «большое» расстояние от точки $b_n \in B$ до точки $A\{a_1, a_2, a_3\}$. Для формализации этих понятий мы применяем нечеткие сравнения.

В кластерном анализе в качестве критерии используется различные меры расстояния: евклидовое расстояние, квадрат евклидового расстояния, манхэттенское расстояние, расстояние Чебышева и степенное расстояние [5,6].

Для нечеткого сравнения расстояний между точкой $a_i \in A$, $i=1,3$ от всех точек $B\{b_1, \dots, b_n\}$ применена формула, где в качестве расстояния взята Чебышевское расстояние:

$$N(a, b) = \frac{\bar{r}_{b_i} - r_n^i}{\bar{r}_{b_i} + r_n^i} \quad (n = 1,1854, \quad i = 1,3) \quad (2)$$

Где \bar{r}_b -среднее расстояние от каждого $A\{a_1, a_2, a_3\}$ до всех $B\{b_1, \dots, b_n\}$.

r_n^i -расстояние каждого элемента множества $B\{b_1, \dots, b_n\}$ до множества $A\{a_1, a_2, a_3\}$.

Из формулы (2) видно, что каждому землетрясению из множества $B\{b_1, \dots, b_n\}$ присписываются значение N , которые находятся в интервале $(-1,1]$.

Примененный подход к нормализацию расстояний происшедших землетрясений, от центры кластеров позволяет придать расстояниям вероятностный смысл следующим образом. Для попадания в некоторое подмножество из интервала $(-1,1]$ можно применить подход к геометрической вероятности [1].

На основе этого подхода полученные значения сгруппируются следующим образом.

1. Для интервалов меры близости от -1 до 0 соответствует вероятностные значения $0 \leq P \leq 0.5$ (от 0% до 50%).

2. Интервал меры близости от 0 до +1 соответствует вероятностные значения $0,5 \leq P \leq 1$ (от 50% до 100%).

А точки имеющие вероятностные значения от 0 до 50% нами выделены из дальнейшего рассмотрения как точки непринадляющие к множеству $A\{a_1, a_2, a_3\}$. Точки имеющие вероятностные значения выше 50% разбиты на три интервала.

I интервал-имеющий вероятностные значения выраженные в процентах 90%-100% соответствует значению $N=[0.8-1]$. Точки попадающие в этот интервал нами принимаются

как точки принадлежащие очагу исторического землетрясения и названы нами как очаговая область.

II интервал-имеющий вероятностные значения выраженные в процентах 75%-90% соответствует значению $N=[0.5-0.8)$. Точки попадающие в этот интервал нами принимаются как точки попадающие в ближнюю зону очага исторического землетрясения и названы нами как ближнеочаговая область.

III интервал-имеющий вероятностные значения выраженные в процентах 50%-75% соответствует значению $N=[0-0.5)$. Точки попадающие в этот интервал нами принимаются как точки удаленные от очага исторического землетрясения и названы нами как удаленная область.

С помощью группированных значений для каждого исторического землетрясения составлены карты приуроченности землетрясений произошедших в исследуемой территории с 1962 по 2016гг..

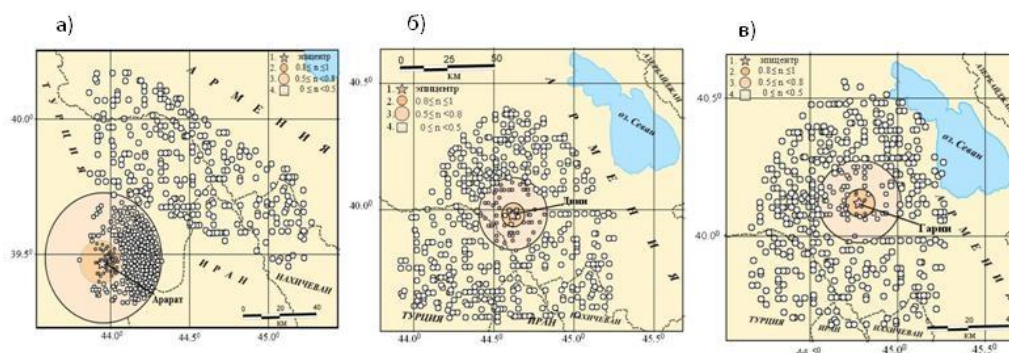


Рис.1. Карты приуроченности современных сейсмических событий к очаговым зонам а) Араратского, б) Двинского и в) Гарнинского исторических землетрясений

Анализ этих карт показывает, что на современном этапе сейсмичности в очаговых зонах исторических Араратского, Гарнийского и Двинского землетрясения попадают соответственно 29, 9 и 10 очаги сейсмических событий. Это указывает, что очаг исторического Араратского землетрясения имеет повышенную сейсмическую активность, а количество сейсмических событий попавших в очаговых зонах Гарнийского и Двинского землетрясения сопоставимы и указывают на их умеренную сейсмическую активность.

Результаты этих исследований служат основой для дальнейшего изучения процесса протекания сейсмического режима в каждой из этих очаговых зон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронцов К.В. Алгоритмы кластеризации и многомерного шкалирования. Курслекций. МГУ, 2007.
2. Котов А., Красильников Н. Кластеризация данных. 2006.
3. Мандель И.Д. Кластерный анализ.-М.: Финанси и статистика, 1988.
4. Челидзе Т.Л. Методы теории протекания в механике геоматериалов, изд. Наука, Москва, 1987г., стр.135.
5. Чубакова И.А. Курслекций “DataMining”, Интернет-университет информационных технологий-www.intuit.ru/department/database/datamining/
6. Шевелев Ю.П. Дискретная математика, часть 1, Теория множеств, Булева алгебра Томск 2003.
7. Pirousian S.A. et al. The catalog of strong earthquakes in the territory of Armenia and adjacent regions. Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus//NATO ASI Series. July 11-15, 1996. Dordrecht, Boston, London. Kluwer Acad. Pub. 1996. p.313-333.

УДК 550.34

**СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ
ДЕФОРМАЦИОННЫХ СОБЫТИЙ СДВИГОВОГО ТИПА***Остапчук Алексей Андреевич**e-mail: ostapchuk@idg.chph.ras.ru**Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия*

Аннотация. Представлены результаты экспериментов, в которых исследуются сейсмоакустические проявления различных режимов деформирования разломов. Исследованы закономерности изменения параметров упругих колебаний в диапазоне частот от 1 Гц до 100 кГц, излученные в процессе сдвигового деформирования модельного разлома. Показано, что характеристики сейсмоакустических импульсов, которые излучаются в процессе скольжения, существенно изменяются при различных режимах деформирования. Кроме того выявлено, что эволюция состояния модельного разлома сопровождается не только изменением активности излучения высокочастотных акустических импульсов, но и изменением их спектральных характеристик.

**SEISMO-ACOUSTIC PORTRAIT OF THE PROCESS OF PREPARATION OF SHEAR
DEFORMATION EVENTS***Alexey Ostapchuk**e-mail: ostapchuk@idg.chph.ras.ru**Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of sciences, Moscow, Russia*

Summary. Presented are results of experiments on studying the seismo-acoustic manifestation of different modes of fault slip. Variations of parameters of elastic waves in the frequency band 1 Hz – 100 kHz radiated in the process of shearing are studied. It was shown that characteristics of seismic and acoustic impulses change significantly for different modes of fault deformation. Moreover, it was revealed that fault state evolution is accompanied not only by variation of the activity of high-frequency acoustic precursors, but also changes in their spectral characteristics.

Господствующая на сегодняшний день парадигма сейсмотектоники утверждает, что большинство землетрясений является результатом внезапного проскальзывания по существующему геологическому разлому. При этом предполагается, что вероятным физическим механизмом большинства неглубоких землетрясений является фрикционное скольжение по разломам [1]. Теоретические и экспериментальные исследования фрикционного проскальзывания по границе блоков горных пород широко используются для создания предпосылок к пониманию геомеханических процессов, происходящих в течение сейсмического цикла [2]. Построение геомеханической модели подготовки динамических событий осложняется еще тем фактом, что спектр этих событий включает как хорошо известные обычные землетрясения, так и выявленные в последние десятилетия события медленного скольжения и низкочастотные землетрясения [3].

Одним из путей получения новых сведений о закономерностях фрикционного скольжения по разломам являются лабораторные эксперименты в постановке слайдер модели. В процессе сдвигового деформирования механические свойства модельного разлома, сложенного гранулированным материалом, определяются закономерностями формирования и разрушения конгломератов нагруженных частиц [4]. Исследования внутренних динамических процессов, происходящих при деформировании модельных разломов, проводятся с использованием акустико-эмиссионных методов [5].

В настоящей работе исследуется сейсмоакустический портрет различных режимов деформирования модельного разлома. Реализованные в лаборатории быстрые деформационные события соответствуют обычным землетрясениям, в то же время медленные деформационные события соответствуют низкочастотным землетрясениям и событиям медленного скольжения (рис. 1).

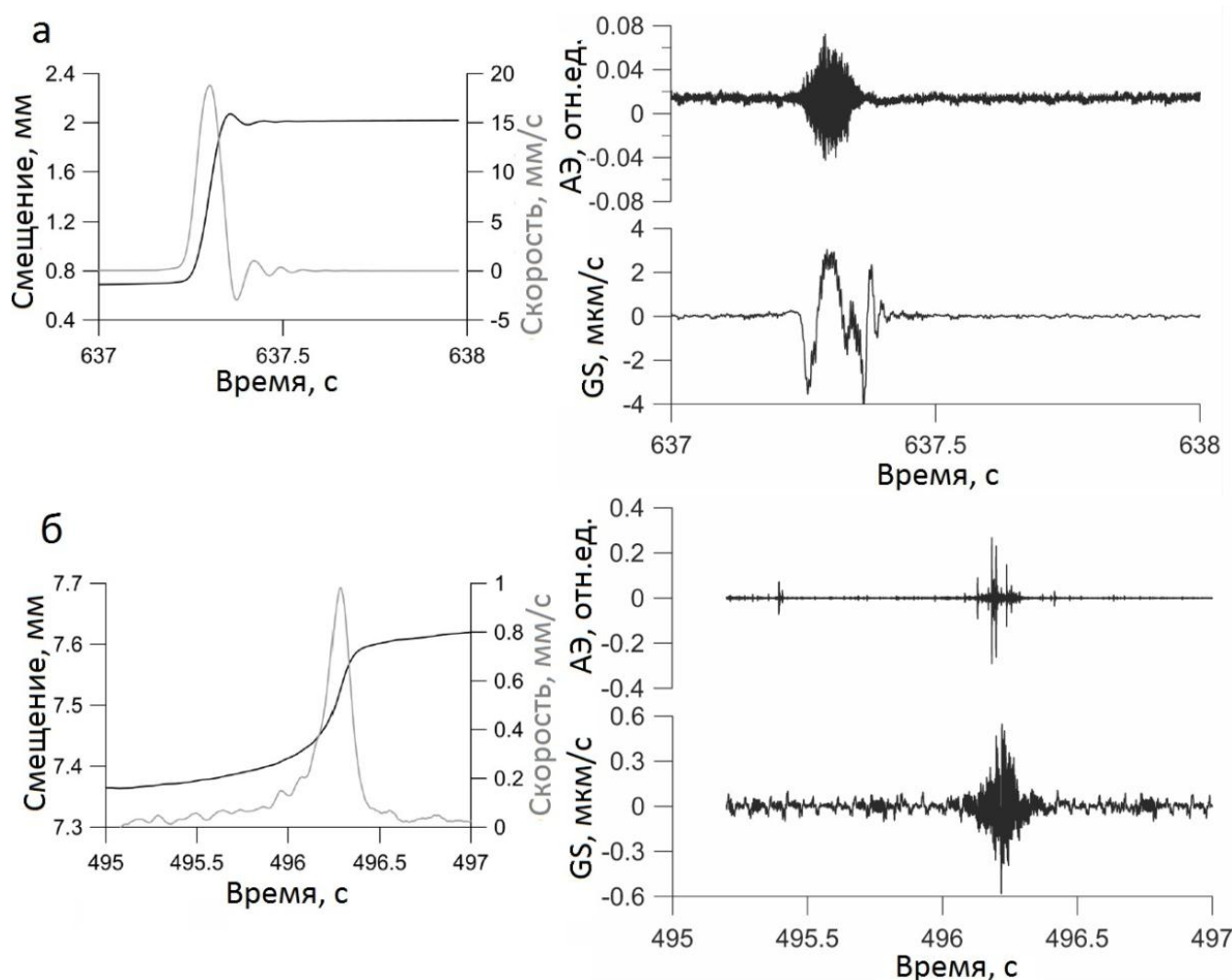


Рис.1. Примеры быстрого (а) и медленного (б) деформационных событий, реализованных в экспериментах. Показаны закономерности относительного смещения бортов модельного разлома и волновая форма регистрируемого сигнала в диапазоне частот 20-100 кГц (АЭ) и менее 1кГц (GS).

В процессе деформирования модельного разлома зарождение и реализация деформационных событий различного типа сопровождаются излучением упругих колебаний в широком диапазоне частот. Высокочастотные акустические импульсы в диапазоне частот 40-100 кГц (АЭ, рис. 1) излучаются на протяжении всего сейсмического цикла, в то время как в частотной области 1-10 кГц импульсы регистрируются только на заключительной стадии подготовки деформационных событий. Излучение упругих колебаний на частотах менее 1 кГц (GS, рис. 1) наблюдалось только в момент динамического проскальзывания, которое сопровождается сбросом напряжений.

Установлено, что эволюция состояния разлома сопровождается не только изменением активности упругих колебаний, но и изменением их спектральных характеристик. Надежным индикатором состояния разлома является спектральный центроид регистрируемых упругих импульсов.

Полученные результаты показывают, что для построения адекватной геомеханической модели процесса эволюции разлома и зарождения сейсмических событий

необходим более детальный анализ наблюдательного материала, который включает не только задачу выявления слабых событий, но и исследование вариаций характеристик микросейсмического шума.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (проект МК-758.2018.5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Scholz C.H. Earthquake and friction laws // Nature. 1998. V. 391. P.37-42.
2. Кочарян Г.Г. Геомеханика разломов. М.:ГЕОС. 2016. 424 с.
3. Peng Z., Gombert J. An integrated perspective of the continuum between earthquake and slow-slip phenomena // Nature Geosci. 2010. V. 3. P.599-607.
4. Кочарян Г.Г., Марков В.К., Остапчук А.А., Павлов Д.В. Мезомеханика сопротивления сдвигу по трещине с заполнителем // Физическая мезомеханика. 2013. Т.16. №5. С.5-15.
5. Остапчук А.А., Павлов Д.В., Марков В.К., Крашенинников А.В. Исследование сигналов акустической эмиссии при сдвиговом деформировании трещины // Акустический журнал. 2016. Т. 62. №4, С. 503-512.

УДК 551.1/4

УТОЧНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ГОРОДЕЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Плотников Евгений Сергеевич

e-mail: plotnicov@mail.ru

Самарский государственный технический университет г. Самара, Россия.

Аннотация. Сложными объектами Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, являются пласты пермского возраста, не получившие должного внимания в 1950-1960 годах, когда осваивались нижележащие более продуктивные объекты. Породы кунгурского яруса Городецкой площади разнообразны по вещественному составу - это известняки, доломиты и их разновидности, ангидриты, гипсы и их разновидности по вещественному составу. В то время комплекс исследований включал в лучшем случае КС, ПС, ДС, ГК, НГК методы, в масштабе 1: 500. В ряде случаев МГК ГК отсутствовали. Рекомендуется систематическое проведение импульсного нейтрон нейтронного каротажа в действующем фонде скважин Городецкого месторождения, как с целью контроля месторождений углеводородов, так и с целью доразведки.

REFINEMENT OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE GORODETSKY DEPOSIT

Plotnikov Evgeny Sergeevich

e-mail: plotnicov@mail.ru

Samara State Technical University, Samara, Russia

Summary. The complex objects of the Volga-Ural petroleum bearing province are the Permian age stratum which were not given due attention in 1950-1960 when the more productive underlying objects were being developed. The rocks of the Kungurian stage of Gorodets area are diverse in material composition - limestones, dolomites and their varieties, anhydrite, gypsum and their varieties in material composition. At that time the set of studies included the electrical survey method, the electrical method of the natural polarization, the dielectric method as well as the gamma ray logging and logging on a scale of 1: 500 at best. In some cases the gamma ray logging and logging were missing. A systematic realization of pulsed neutron-neutron logging in the producing-well stock of the Gorodets deposit is recommended both for the purpose of controlling hydrocarbon deposits and for additional exploration.

Породы осадочного чехла разнообразны по вещественному составу, структуре порового пространства. Сложность изучения недр, разнообразие изучаемых параметров: пористости (общей, открытой, межзерновой, вторичной), трещиноватости, вещественного состава, глинистости, насыщения в ряде случаев затруднено и вызывает неоднозначность интерпретации комплекса ГИС. Немаловажное значение имеет наличие и обоснование связей геофизических параметров с коллекторскими свойствами.

Трудности возникают на различных стадиях изучения разрезов: Литологическое расчленение, выделение реперов и реперных границ, стратиграфическое расчленение и идентификация нефтегазовых горизонтов (пластов), изучение внутреннего строения пластов, выделение коллекторов и определение структуры пустотного пространства, а также определение характера и степени насыщения.

Сложными объектами Волго-Уральской нефтегазоносной провинции являются пласты пермского возраста, не получившие должного внимания в 50-60х годах, когда осваивались нижележащие более продуктивные объекты. Комплекс их исследований включал в лучшем случае НГК, ГК, ПЗ, ПС, ДС в масштабе 1:500. Отложения очень

разнообразны по вещественному составу: там известняки, доломиты и их разности, ангидриты, гипсы и их разности, а также соли, в татарском отделе и уфимском ярусе – терригенные породы. Такое разнообразие пород требует применения полного комплекса определения пористости включающего нейтронный каротаж (НК), гамма-гамма плотностной каротаж (ГГКП), акустический каротаж (АК). Каждый метод может определить пористость только для мономинеральной породы - чистого песчаника, чистого известняка. В настоящее время породы пермской системы являются объектами доразведки.

Определение пористости трехкомпонентной породы показаны по комплексу НК-АК-ГГП. В годы бурения скважин из методов пористости применялся только НК и то не всегда. При полном проведении комплекса современные программные пакеты обработки практически не адаптированы на изучение трехкомпонентной породы.

При изучении подобных отложений рекомендуется проведение метода ИННК. Перспективные пласты выделяются по приращению логарифма показаний БК над показаниями НК, по превышению $\lg t$ над НК, по снижению λ относительно функционала φ , снижению λ относительно ΔT .

Для выделения загипсованных пластов использовались данные исследований ИННК, так как нейтропоглощающие свойства загипсованных пластов существенно отличаются от нефтенасыщенных пластов это и позволяет вывести эти пласты из продуктивных.

Отсутствие АК затрудняет интерпретацию доломитизированных пород.

Выделение доломитизированных и загипсованных пород крайне важно в этих разрезах, так как часто эти пласты принимают как ложнонефтенасыщенные и рекомендуют к опробованию. Выделение этих пластов возможно лишь с использованием в комплексе ГИС ИННК, НК и данных акустического каротажа АК.

При изучении отложений пермского возраста связи с неполным комплексом ГИС, а также отсутствием керна, ИПТ.

С целью повышения надежности интерпретации предлагаются дополнительные методы комплекса ГИС.

1. Гамма-гамма плотностной каротаж.
2. Акустический каротаж с фазо-корреляционной диаграммой ФКД.
3. ЯМК в поле Земли.
4. Импульсно нейтрон-нейтронный каротаж в открытом стволе.

ИННК в открытом стволе рекомендуется к применению, где определение нефтенасыщенности осуществляется не только по УЭС, но и привлекаются показатели ИНК – декремент затухания и время жизни тепловых нейтронов.

В действующем фонде рекомендуется чаще проводить исследования ИННК как с целью контроля разработки, так и с целью доразведки. Особенно важно проведение ИННК в объектах не получивших должного внимания при бурении, какими являются пласты Кунгурского яруса Пермской системы на Городецкой площади. Выделение перспективных объектов на исследуемом месторождении приведен ниже.

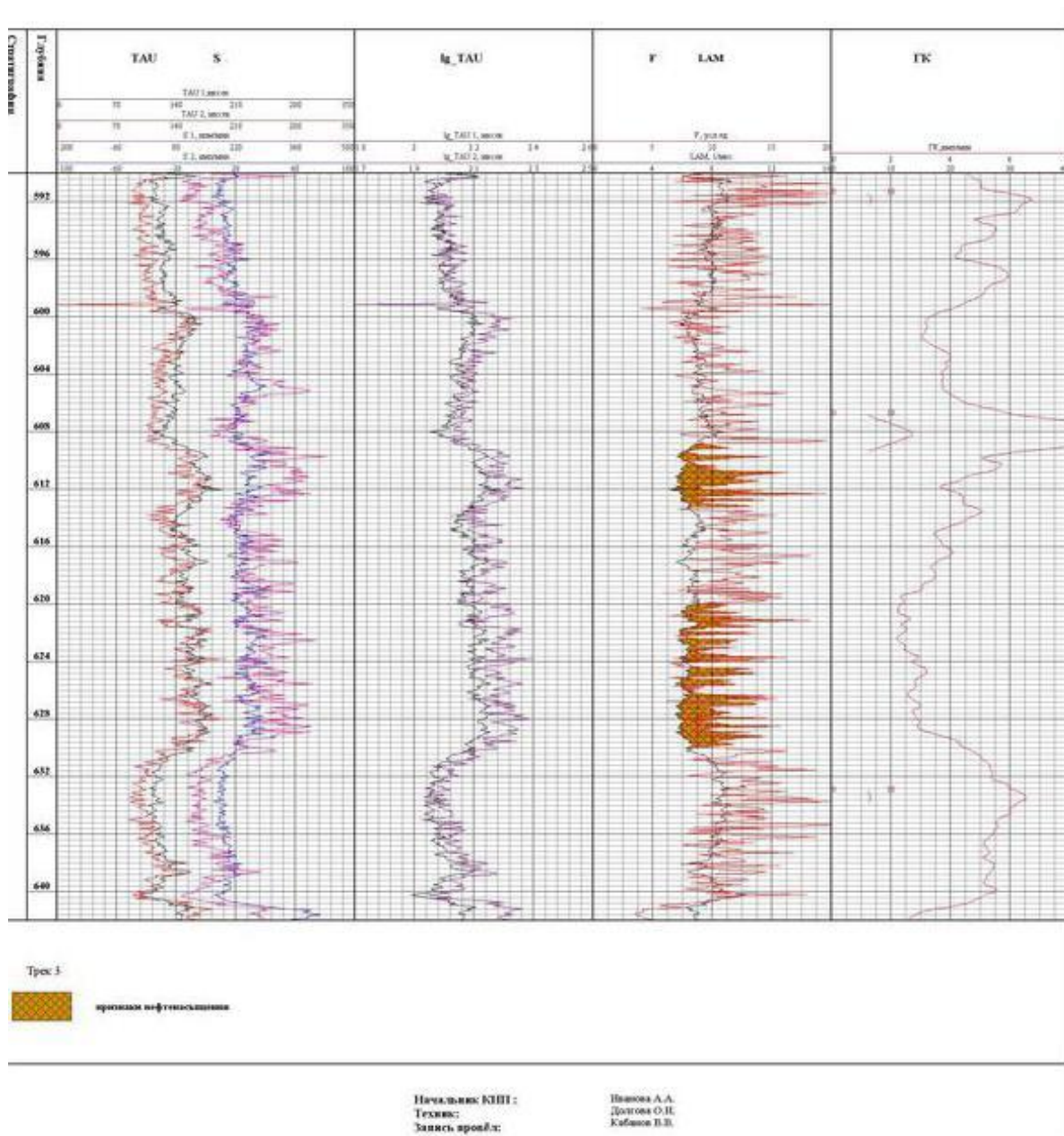


Рис. 1. Выделение перспективных объектов на Городецкой площади

Нефтенасыщенные пласты выделены в интервалах: 608.8м- 613.2м, 620 – 630 м. по снижению декремента затухания относительно функционала .

Залог успеха при интерпретации геолого-геофизической информации – знания особенностей разреза и возможностей комплекса ГИС – керн-шлам-ИПТ-перфорация. Ведь геологические модели возникают как результат использования архивов, баз данных и опыта специалистов.

УДК 550.834

СТРОЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ПОЛОСЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО УЧАСТКА ПРОФИЛЯ 3-ДВ ПО ДАННЫМ ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН

Полянский Павел Олегович

e-mail: PPavel6.10@gmail.com

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра “Единая Геофизическая Служба РАН”, Россия, Новосибирск

Аннотация. С помощью метода динамического пересчета головных волн произведена автоматическая обработка данных МОВ-ОГТ, зарегистрированных на Центральном участке опорного геофизического профиля 3-. Получены временные разрезы продольных и поперечных головных волн для ряда тектонических областей Сибирской платформы – Среднеленской моноклизы, Вилуйской синеклизы, Нижнеалданской впадины. Преломленные волны на временных разрезах дают информацию о границах в осадочном чехле и о кристаллическом фундаменте.

STRUCTURE OF EARTH'S UPPER CRUST ON THE CENTRAL PART OF THE 3-DV PROFILE ACCORDING TO HEAD WAVES DATA

Pavel Polyansky

e-mail: PPavel6.10@gmail.com

Altay-Sayan branch of Federal Research Center United Geophysical Survey RAS, Novosibirsk, Russia

Summary. Automated processing of CMP-data, which were registered on the Central part of the 3-DV profile, was done with the method of dynamic conversion of head waves. We have created time sections of P- and S- head waves for some areas of the Siberian platform. These areas are Srednelenskaya monocline, Viluiskaya syncline and Nizhne-aldanskaya depression. Refracted waves on time sections provide information about the boundaries in the sedimentary cover and about the crystalline basement.

Сейсмические методы отраженных и преломленных волн призваны дополнять друг друга по информации при изучении строения земной коры. В то время, когда данные отраженных волн, зарегистрированных в рамках системы наблюдения ОГТ использовались для изучения структуры земной коры, данные преломленных волн оставались “за бортом исследований”, в связи с тем, что обработка преломленных волн “вручную” по таким детальным системам наблюдения невозможна. Однако, в данных преломленных волн содержится информация о строении самой верхней части земной коры, полезная, например, для решения задач прогноза месторождений полезных ископаемых. Реализованные на опорном геофизическом профиле 3-ДВ системы наблюдений с длиной годографов 10 км, шагом между сейсмоприемниками 50 м и шагом между источниками 100 м создают колоссальные массивы данных (свыше десяти миллионов сейсмических трасс). Динамический пересчет головных волн во временные разрезы [1] с успехом применялся на Северо-Восточном [2] и Северо-Западном [3] участках профиля 3-ДВ, общей длиной около 1500 км. Представляемая работа посвящена изучению верхней части земной коры вдоль Центрального участка профиля 3-ДВ [4] с помощью динамического пересчета головных волн. Центральный участок профиля 3-ДВ расположен в пределах Сибирской платформы.

На левой части рис.1 приведен временной разрез головных волн по всей длине Центрального участка профиля 3-ДВ, полученный пересчетом волнового поля на базу 7 км, а на правой части рис.1 показан геологический разрез верхней части земной коры. На рис.2

показаны графики граничной скорости преломленных волн (рис.2а) и глубины залегания границ (рис. 2б).

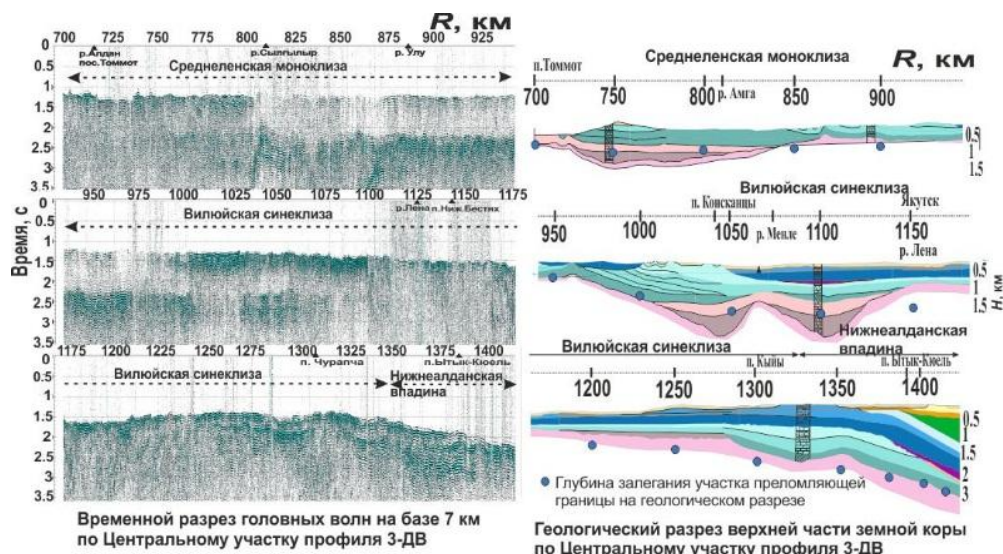


Рис. 1. Временной разрез головных волн на базе 7 км по Центральному участку профиля 3-ДВ (а) и фрагменты геологического разреза по нему (б). Кружками (б) показаны вычисленные значения глубины

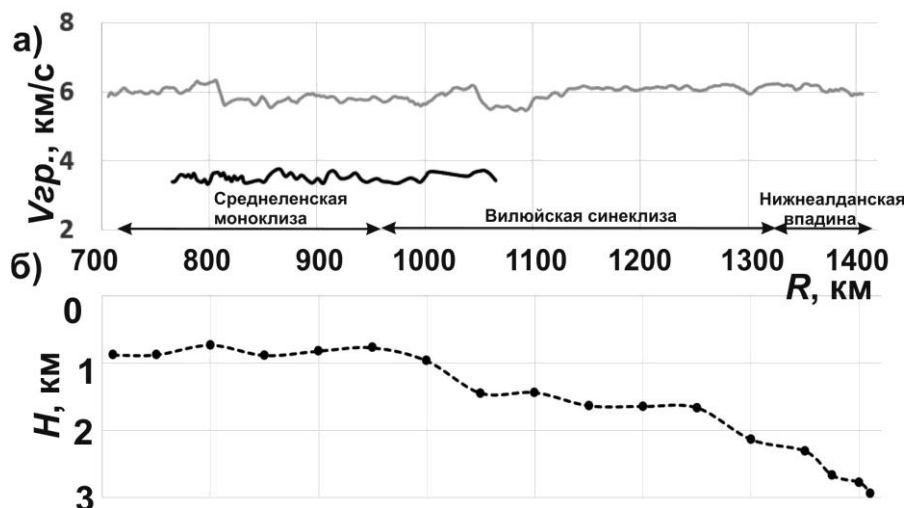


Рис. 2. а) Граничные скорости продольных головных волн первых вступлений (серая линия) и поперечных головных волн (черная линия) на Центральном участке профиля 3-ДВ. б) Значения глубин залегания преломляющих границ в пределах Центрального участка профиля 3-ДВ

На интервале пересекаемого профилем участка Среднеленской моноклизы (700-900 км), преломляющие границы залегают на глубинах 0.7-1 км и характеризуются значениями граничных скоростей продольных головных волн первых вступлений 5.8-6.2 км/с. В центральной части моноклизы (720-810 км), преломляющая граница расположена в осадочной толще, верхнепротерозойского возраста. Высокие значения граничных скоростей для осадочных пород, наблюдаемые в центре Среднеленской моноклизы, объясняются составом верхнепротерозойского горизонта: в нем преобладают доломиты и брекчии, скорости в которых близки к скоростям в магматических породах, которыми сложен фундамент. В южной (700-720 км) и северной (820-900 км) частях отрезка Среднеленской моноклизы преломляющая граница соответствует кровле архейского кристаллического фундамента.

В пределах Вилюйской синеклизы (950-1350 км), преломляющие границы расположены на глубинах, значения которых увеличиваются к северо-востоку от 1 до 2.3 км.

Исследуемые границы характеризуются значениями граничных скоростей продольных головных волн первых вступлений 5.6-6.1 км/с. В центре Вилуйской синеклизы (1000-1120 км), преломляющая граница залегает в пределах толщи верхнепротерозойского возраста, сложенной доломитами и брекчиями, чем и объясняются высокие значения граничных скоростей на этом отрезке профиля. В южной и северо-восточной (1120-1350 км) частях Вилуйской синеклизы, преломляющая граница - кровля кристаллического фундамента.

На временном разрезе головных волн по Нижнеалданской впадине (1350-1400 км), зафиксированы продольные головные волны первых вступлений с граничной скоростью 5.9-6.1 км/с. Преломляющая граница соответствует кровле кристаллического фундамента и характеризуется увеличивающейся глубиной залегания, от 2.3 до 2.9 км.

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Фонда поддержки научно-проектной деятельности студентов, аспирантов и молодых ученых “Национальное интеллектуальное развитие” в рамках научного проекта № 17-35-80026 “мол_эв_а”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еманов А. Ф., Селезнев В.С, Коршик Н.А. Динамический пересчет головных волн при обработке данных сейсморазведки // Геология и геофизика. 2008. Т. 49, № 10. С.1031–1045.
2. Полянский П.О., Сальников А.С., Еманов А.Ф., Жабин В.В. Временные разрезы головных волн верхней части земной коры на опорном профиле 3-ДВ (Северо-восточный участок) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2016. № 2. С.86–95.
3. Полянский П.О., Сальников А.С., Еманов А.Ф., Жабин В.В. Временные разрезы головных волн верхней части земной коры на опорном профиле 3-ДВ (Северо-западный участок) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2017. № 2. С.112–122.
4. Сержантов Р.Б., Кашубин С.Н., Эринчек Ю.М., Татаринов В.Ю., Мильштейн Е.Д. Глубинное геолого-геофизическое изучение недр России: современное состояние и основные задачи // Региональная геология и металлогения. 2013. № 53. С.26–31.

УДК 550.823

**ТЕПЛОВЫЙ ПОТОК И ОЦЕНКА НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ БУРЕЙНСКОГО
БАСЕЙНА (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК)**

Прохорова Полина Николаевна

e-mail: prokhorova.polina1988@gmail.com

Томский политехнический университет, Россия, Томск

Аннотация. С помощью программы PetroMod установлено, что формирование осадочного разреза Кындальского грабена происходило при значениях теплового потока из основания 49-52 мВт/м². Наибольшее погружение основания (более 4км) происходило в начале позднего мела. В современном разрезе основной объем талынджанской свиты, ургальская, чагдамынская, чемчукинская и нижняя часть йорекской свиты находятся в главной зоне нефтеобразования, верхи йорекской и кындальской свит находятся в верхней зоне, а низы талынджанской свиты - в нижней зоне газообразования.

**HEAT FLOW AND OIL-AND-GAZ POTENTIAL ASSESSMENT OF BUREYA
BASIN (RUSSIAN FAR EAST)**

Prokhorova Polina Nikolaevna

e-mail: prokhorova.polina1988@gmail.com

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk

Summary. The study using PetroMod software identified that Kindal Graben sequence formed under 49-52 mW/m² heat flow values. The most base subsidence (more than 4 km) was at the beginning of Late Cretaceous. In present day section the main part of Talindja suite, Urgal, Gagdam, Chemchukin and the lower part of Iorek suite are within oil window; the upper part of Iorek suite and Kindal suite are within the topping gas window; the lower part of Talindjan suite is within the underside gas window.

Постановка задачи. Дальний Восток остается в числе энергодефицитных регионов России. Поэтому открытие новых месторождений нефти и газа на Дальнем Востоке остается актуальной задачей.

Как известно, моделирование осадочных бассейнов позволяет проследить эволюцию бассейна во времени по мере заполнения его осадками, которые в конечном итоге могут образовывать или содержать углеводороды (УВ). В Дальневосточном регионе компьютерное моделирование применялось при изучении осадочных бассейнов Сахалина и Охотоморья. Бассейны континентальной части Дальнего Востока изучены значительно хуже. Есть пример применения компьютерных технологий расчета термической истории лишь для одной из площадей в Переяславском грабене [2].

Основная цель исследования - оценка реализации нефтегазового потенциала юрско-меловых отложений Кындальского грабена (рис. 1), расположенного в пределах Буреинского осадочного бассейна, путем проведения одномерного моделирования тектонической и термической истории осадочного разреза трёх глубоких скважин 1С, 1А и 1ПР.

Моделирование выполнено с помощью программы PetroMod, в сотрудничестве с ИНГГ СО РАН [4]. При моделировании выделяются два этапа. Первый этап включает создание базы геологических, геофизических и геохимических данных по строению и развитию бассейна. Второй этап - непосредственно процесс моделирования: истории погружения, параметров рифтогенеза, тепловой истории и генерации УВ в бассейне.

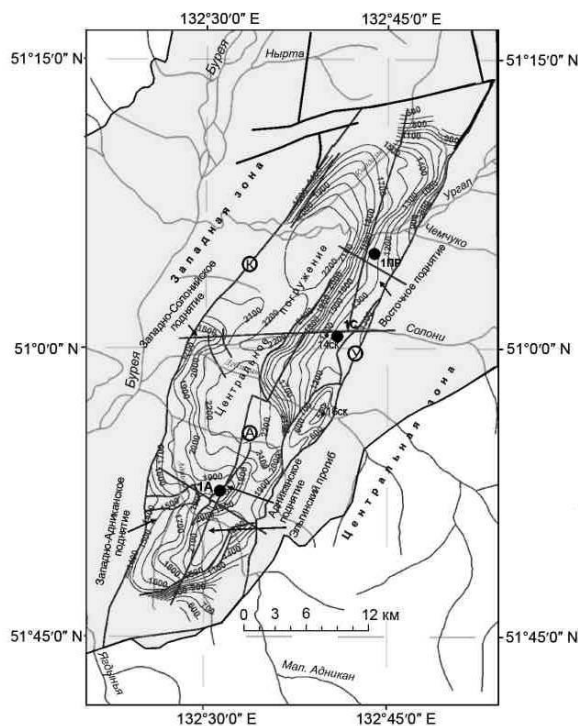


Рис. 1. Положение Кындалского грабена в пределах Буреинского бассейна

Буреинский бассейн (ББ) является наиболее хорошо сохранившимся элементом Буреинского краевого прогиба. В осадочном чехле ББ выделяются нижняя моласса, представленная верхнетриасово-юрскими морскими осадками и верхняя моласса, сложенная среднеюрско-меловыми континентальными угленосными отложениями. Последние слагают в центральной части ББ крупную синклиналиную структуру - Кындальскую грабен-синклиналь, осложненную в центральной части Кындальским грабеном (КГ).

КГ изучен наиболее детально, здесь проведены сейсморазведочные работы МОГТ, пробурено пять глубоких скважин (более 3 км), в их числе три скважины, по которым проведено 1D моделирование. Он вытянут в север-северо-восточном направлении на 56 км при максимальной ширине 17 км. Осадочный разрез КГ включает (снизу вверх) талынджанскую (tl) свиту, ургальскую (ur) серию, чагдамынскую (cg), чемчукинскую (cm), йорекскую (jr), кындальскую (kn) свиты и песчаниковую (ps) толщу [1].

Тектоническая история и тепловой поток. В результате моделирования сформулированы следующие выводы. Основание ББ в пределах КГ погрузилось на максимальную глубину 98 млн лет тому назад, в начале позднего мела. Наибольшее погружение до глубины 4089 м зафиксировано в скв 1С (рис. 2). В скв 1А и 1В общее погружение составило 3338 м и 3437 м, соответственно.

Формирование Кындальской грабен-синклинали происходило при значениях теплового потока из основания 49-51 мВт/м². В период растяжения тепловой поток незначительно увеличился, до 51-52 мВт/м². В нашей модели высокая скорость седиментации получена для кындальской свиты, что обусловило некоторое уменьшение значений теплового потока во время ее отложения. После окончания этапа рифтогенеза тепловой поток постепенно снизился до 48-49 мВт/м².

Палеозоны нефтегазообразования. В соответствии с вертикальной зональностью катагенеза и генерации нефти и газа, по графикам отражательной способности витринита (R_o) идентифицированы зоны нефтегазообразования [3]: ($0.1 < R_o < 0.55$) - зона интенсивного образования УВ газов; ($0.55 < R_o < 1.3$; 50-150 °С) - главная зона нефтеобразования (ГЗН); ($R_o > 1.3$; 150-200 °С) - зона интенсивного образования жирного конденсатного и глубже - сухого УВ газа.

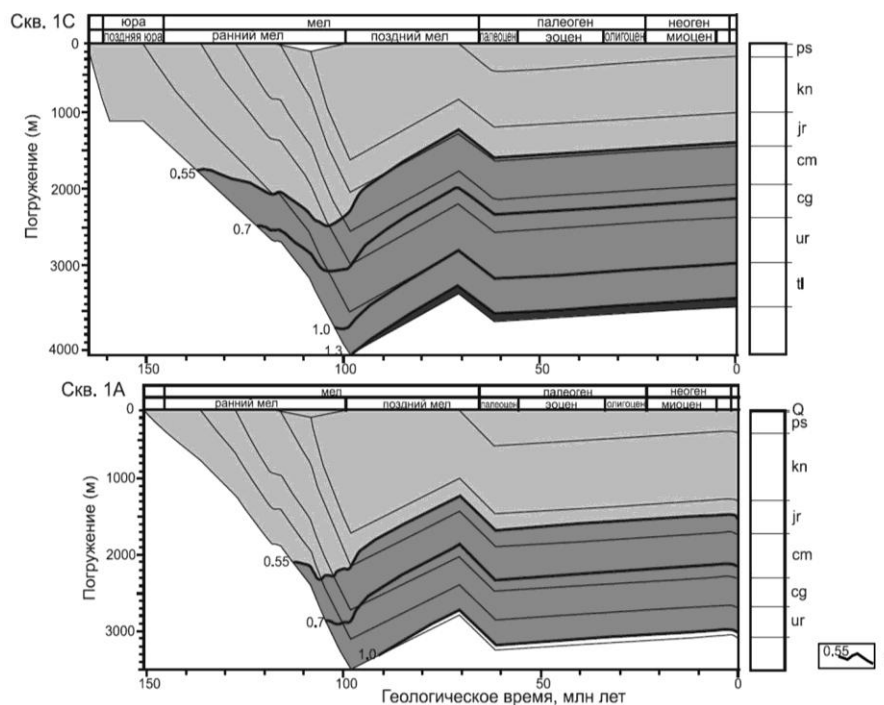


Рис. 2. Катагенетическая зрелость пород Кындальского грабена по результатам моделирования: 1 – изолиния значений отражательной способности витринита (R_o).

История генерации УВ представляется следующая (рис. 2). В период 165-150 млн лет назад, во время накопления талынджанской свиты и последовавшего затем перерыва погружения, прогрета было недостаточно для образования УВ. В следующий период отложения ургальской-чемчукинской свит (150-118 млн лет назад) мощность осадочного чехла в наиболее погруженных областях достигла 2.5 км. Талынджанская свита прогрелась до температуры 100-120°C, а значения R_o перешли отметку 0.55 %, то есть породы свиты достигли ГЗН. В период накопления йорекской-кындальской свит (116-98 млн лет назад) в ГЗН вошли ургальская, чагдамынская, чемчукинская и частично йорекская свиты. Приблизительно 95 млн лет назад в низах талынджанской свиты показатель R_o превысил значение 1.3 %, осадочные отложения свиты перешли в нижнюю зону газогенерации.

Заключение. В настоящий момент основной объем талынджанской свиты, ургальская, чагдамынская, чемчукинская и нижняя часть йорекской свиты продолжают находиться в ГЗН, верхи йорекской и кындальской свит находятся в верхней зоне, а низы талынджанской свиты - в нижней зоне газообразования. Таким образом, кындальская свита может генерировать газ, для чемчукинской-ургальской свит сохраняются условия для нефтеобразования, а талынджанская и йорекская свиты могут генерировать нефть и газ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буреинский осадочный бассейн: геолого-геофизическая характеристика, геодинамика, топливно-энергетические ресурсы / Отв. ред. Г.Л. Кириллова. - Владивосток: Дальнаука, 2012. - 360 с.
2. Gulenok R.Yu., Isaev V.I., Kosygin V.Yu., Lobova G.A., Starostenko V.I. Estimation of the Oil-and-Gas Potential of Sedimentary Depression in the Far East and West Siberia Based on Gravimetry and Geothermy Data // Russian Journal of Pacific Geology. – 2011. – V. 5. – №. 4. – pp. 273–287.
3. Hantschel T., Kauerauf A.I. Fundamentals of basin and petroleum systems modeling. – Heidelberg: Springer, 2009. – 476 p.
4. Razvozhzaeva E. P., Prokhorova P.N, Lapkovskii V.V. Numerical Modeling of the Tectonic and Thermal History of the Kyndal Graben of the Bureya Basin (Far East of Russia) // Russian Journal of Pacific Geology. – 2017. - Vol. 11. - No. 3. - pp. 205–222.

УДК 550.837.7

ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННОЕ ИЗУЧЕНИЕ МАЛЫХ ОЗЕР В КАРЕЛИИ

Родионов Александр Игоревич¹, Рязанцев Павел Александрович²
e-mail: fabian4566@gmail.com¹, chthonian@yandex.ru²

Институт геологии — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» г. Петрозаводск, Россия

Аннотация. В работе приводятся данные полученные в результате георадиолокационных исследований малых водоемов в Республике Карелия. Помимо анализа радарограмм, в статье дается краткая характеристика электрофизических параметров изученных водоемов. Рассматривается влияние минерализации и электропроводности воды на динамические характеристики георадарного сигнала.

GPR STUDY OF KARELIAN SHALLOW WATER AREAS

Aleksandr Rodionov¹, Pavel Ryazantsev²
e-mail: fabian4566@gmail.com¹, chthonian@yandex.ru²

Institute of Geology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

Summary. The paper presents data obtained as a result of GPR study of small lakes in the Republic of Karelia. In addition to the analysis of radar profiles, the article gives a brief description of the electrophysical parameters of the studied lakes. The influence of the mineralization and electrical conductivity of water on the dynamic characteristics of the georadar signal is considered.

На территории Республики Карелия находится более 73000 озер площадью более 0,1 Га. Изучение водоемов и донных отложений в большинстве случаев осуществляется методами бурения, характеризующимися высокой трудоемкостью и точечным характером отбора проб. Это факт вызывает необходимость внедрения новых высокоинформативных методов исследования, в том числе геофизических.

Традиционным геофизическим методом изучения водоемов является сейсмоакустическое профилирование, хорошо зарекомендовавшее себя при исследовании донных отложений [2]. Однако при изысканиях на малых водоемах использование сейсмоакустики является не целесообразным. Альтернативой сейсмоакустическому профилированию может служить метод георадиолокации, менее глубокий, но с лучшей разрешающей способностью, что является несомненным плюсом при изучении маломощных донных осадков [1].

В литературе имеется множество примеров использования георадиолокации для исследования малых водоемов. Так, например, в публикации [3] показано применение георадиолокации при изучении залегания осадков береговых склонов и озерных отложений. Георадар позволил авторам установить, как слои с отличающимся генезисом отражаются в волновом поле. Существует пример получения батиметрических карт водоема на основе данных георадиолокации [4]. Исследователями отмечается высокая эффективность этого метода при определении глубин. Отдельно в работе освещается важность учета величины удельной электрической проводимости воды (σ_w) при оценке глубинности распространения полезного сигнала.

В рамках представленной работы методом георадиолокации было изучено несколько малых озер на территории Республики Карелия. Изученные озера имеют флювиогляциальный генезис, каждое из них претерпевает процесс заболачивания береговых линий — происходит постепенное зарастание озерной котловины.

Съемка выполнялась георадаром серии ОКО-2, антенным блоком с центральной частотой 150 МГц. Разрешающая способность такой антенны составляет ± 30 см, а предельная глубина проникновения сигнала зависит от электрофизических свойств изучаемой среды и в среднем составляет 10 м. Обработка данных проведена в ПО GeoScan32. Исследования производились в летний период с борта лодки и в зимний со льда. Примера полученных данных приводится на рисунке 1, где изображены радарограммы с озер Ганьковское и Рахойлампи.

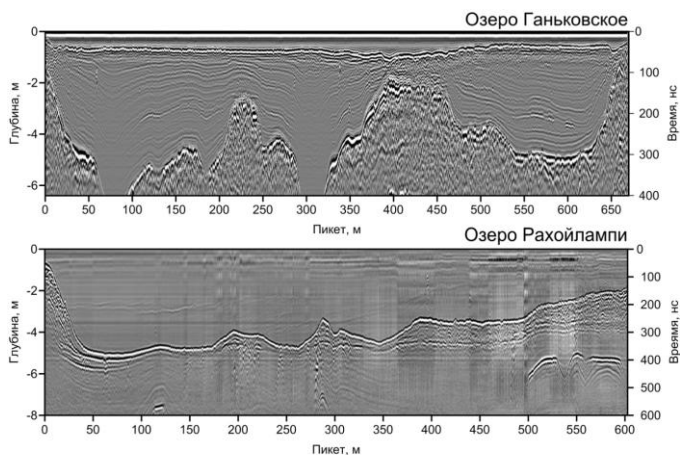


Рис.1. Радарограммы полученные на малых озерах Карелии

В ходе послойной интерпретации радарограммы озера Ганьковское для водной толщи присваивалось $\epsilon = 81$, для толщи органогенных донных осадков (сапропель) 63, для подстилающего минерального основания $\epsilon = 20$.

Анализ радарограмм указывает на

то, что кровля донных осадков локализуется на глубинах от 25 до 75 см. В толще сапропеля присутствуют протяженные оси синфазности, соотносимые с границами на которых происходит локальное изменение проводимости или возможное уплотнение толщи. Слои отложений сапропеля повторяют морфологию кровли минерального основания, граница между органогенными и минеральными породами четкая, уверено фиксируемая на радарограмме.

Для воды озера Рахойлампи было присвоено значение $\epsilon = 81$, а для донных осадков 65. Результаты георадиолокации показали, что глубина залегания кровли сапропеля меняется от 1 метра в прибрежной части, до 4 м в центральной части озера. В водной толще фиксируется значительное количество шумов. Граница раздела вода — донные осадки маркируется четко, однако, в самой толще сапропеля происходит затухание отраженного электромагнитного сигнала, что приводит к меньшей эффективной глубинности метода в сравнении с озером Ганьковским. В интервале пикетов 500–600 на временах 400 нс, присутствуют кратные отражения. Следует отметить, что данный вид помех является типичным для георадиолокационных изысканий на водных объектах. Наличие кратных отражений может свидетельствовать о наличии мощной переотражающей границы [1]. На озере Рахойлампи этой границей является кровля сапропелевой толщи. В свою очередь выделить кровлю минерального основания не удалось.

Помимо георадиолокации на озерах выполнялись замеры электропроводности и общей минерализации воды с помощью портативного кондуктометра СОМ 100, результаты замеров представлены в таблице 1. Несмотря на то, что все озера одного генезиса и существуют практически в одинаковых условиях, их электрофизические параметры отличны друг от друга.

Таблица 1. Некоторые физические свойства воды изученных озер.

№	Название озера	σ_w , мкСм\см	ϵ донных осадков	Общая минерализация, ppm
1	Озеро Ганьковское	32	63	21
2	Озеро Грязное	26	64	14
3	Озеро Рахойлампи	231	65	162
4	Озеро Падмозеро	177	64	118
5	Озеро Савозеро	191	64	125

6	Озеро Карасозеро	142	65	94
7	Озеро Ламба	91	65	68
8	Озеро Четырехверстное	76	64	49
9	Озеро Глухое	35	63	23

Данные кондуктометрии показали, что величина σ_w озера Ганьковское отличается в 7 раз от того же параметра озера Рахойлампи. Разница σ_w объясняет наличие на радарограмме низкочастотных шумов в водной толще. Комплексный анализа позволил получить зависимость между σ воды и частоты отраженного сигнала (f) в воде. Результаты анализа отображены на графике (рис. 2).

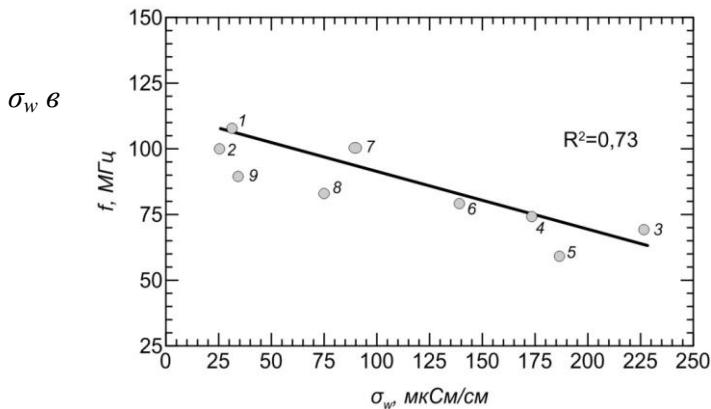


Рис.2. График зависимости f от изученных водоемах

На графике видна обратная зависимость между f и σ_w . На данном этапе исследования зависимость определяется как линейная. Увеличение статистической выработки позволит установить характер зависимости более точно. В первом приближении, можно сделать вывод,

что двукратное увеличение параметра σ_w приводит к уменьшению значений f на 10-20%. Так как понижение частоты приводит к снижению разрешающей способности метода георадиолокации, можно заключить, что в пресных водоемах разрешающая способность будет выше чем в минерализованных.

Данные получаемые при георадиолокационной съемке водных объектов обладают высокой информативностью. Помимо мощности водной толщи георадиолокация позволяет получить детальное представление о особенностях залегания донных отложений и минерального основания озера. Изучение и анализ f может служить дополнительным инструментом интерпретации, позволяющим провести количественный анализ георадиолокационных данных, в частности получить первичную информацию о σ исследуемой среды.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ №17-35-50079 «Поиск и локализация нарушений и деформаций в четвертичных отложениях восточной части Фенноскандинавского щита методом георадиолокации», руководитель Николаева С.Б.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Старовойтов А. В., Токарев М. Ю., Марченко А. Л., Субетто Д. А., Рыбалко А. Е., Алешин М. И. Возможности георадиолокации при изучении четвертичных отложений // Труды Карельского научного центра РАН. 2016. № 5. С. 62–75.
2. Шалаева Н.В., Старовойтов А.В. Основы сейсмоакустики на мелководных акваториях. – М.: Издательство МГУ Москва. 2010. – 254 с.
3. Gomez, J Miller. Ground Penetrating Radar Analysis of Slope and Lake Sediments Interplay: A Survey of Lake Pearson. Research Report. – Kobe University, 2017. – 21 p.
4. S. Bava, L. Sambuelli. Case study: A GPR survey on a morainic lake in northern Italy for bathymetry, water volume and sediment characterization // Journal of Applied Geophysics. 2012. vol. 81. P. 48-56.

УДК 550.38

**СУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ НА ГФО
«МИХНЕВО»**

Рябова Светлана Александровна

e-mail: ryabovasa@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер Российской академии наук (ИДГ РАН), г. Москва, Россия

Аннотация. Приведен анализ регулярных суточных вариаций магнитного поля Земли, зарегистрированных на Геофизической обсерватории (ГФО) «Михнево». Данные, полученные на материале ГФО «Михнево», подтверждают влияние лунно-солнечных приливов на вариации магнитного поля Земли в полусуточном и суточном диапазонах

**DAILY VARIATIONS OF THE GEOMAGNETIC FIELD AT THE GEOPHYSICAL
OBSERVATORY "MIKHNEVO"**

Svetlana Riabova

e-mail: ryabovasa@mail.ru

Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Summary. The analysis of regular daily variations of the Earth's magnetic field recorded at the Geophysical Observatory (GO) Mikhnevo is given. The data obtained at the GO Mikhnevo confirm the influence of the lunar-solar tides on the variation of the Earth's magnetic field in the semidiurnal and diurnal ranges.

Регулярные суточные вариации магнитного поля Земли впервые отмечены в работе [1]. Эти вариации при магнитно-спокойных условиях связаны с токами динамо эффекта, вызванными лунно-солнечными приливными и термоприливными движениями в E -области ионосферы [2-6]. Процесс ионизации воздуха в верхней атмосфере под воздействием волнового излучения Солнца создает заряженный слой атмосферы (ионосферу) и одновременно разогревает термосферу, что приводит к возникновению на высотах ионосферы регулярных, в пределах солнечных суток, крупномасштабных систем ветров. Эти ветры заставляют электропроводящую среду (ионосферу) двигаться в магнитном поле Земли, что приводит к генерации на высотах 90-150 км электрических токов [7-8].

При исследовании суточных вариаций магнитного поля Земли в настоящей работе предпринята попытка выделить приливные составляющие в широком диапазоне частот в вариациях геомагнитного поля с помощью оценки спектров на основе метода параметрической авторегрессии [9]. Параметрическое спектральное оценивание заключается в построении модели временного ряда, на основе которой оценивается спектр. В настоящей работе параметры авторегрессионной модели p -ого порядка оценивались по методу Левинсона-Дурбина, реализующему решение уравнений Юла-Уолкера [9]. Дискриминация близких по периодам приливных волн осуществлялась с привлечением метода выделения гармонических составляющих с помощью узкополосных адаптивных режекторных фильтров [10], преимущество которых заключается в простоте перестройки полосы пропускания и сильном подавлении соседних гармоник при точном слежении за частотой.

В качестве исходных данных привлекались данные регистрации геомагнитного поля на Геофизической обсерватории (ГФО) «Михнево», расположенной в 85 км южнее г. Москвы, вне зоны влияния мегаполиса (координаты 54,9595°N; 37,7664°E).

Периодограммы среднечасовых значений компонент геомагнитного поля (рис.1), зарегистрированных на ГФО «Михнево», демонстрируют наличие вариаций с периодами,

равными 6, 8, 12 и 24 часам, соответствующих периодам солнечных приливов, которые представляют собой гармоники с частотами, кратными частоте вращения Земли.

Результаты спектрального анализа вариаций модуля магнитного поля Земли представлены на рис.2 в виде периодограмм для двух участков околосуточных и полусуточных периодов. Более детальные спектры в окрестности периодов 0,5 и 1 сут приведены на рис.3. Данные рис.2 и рис.3 свидетельствуют о наличии хорошо выраженных периодичностей в геомагнитных вариациях с периодами основных приливных волн, которые помечены в поле рисунков в соответствии с принятыми обозначениями.

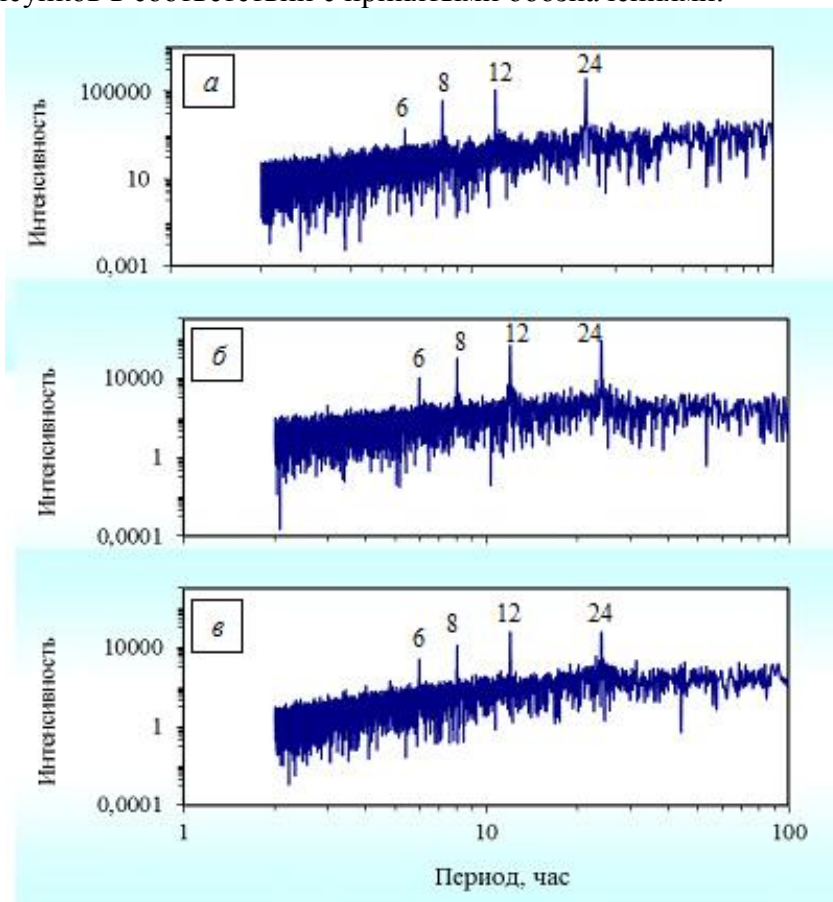


Рис.1. Периодограммы среднечасовых значений геомагнитных вариаций (а – V_x , б – V_y , в – V_z) с 01.01.2014 г. по 31.01.2014 г. на ГФО «Михнево»

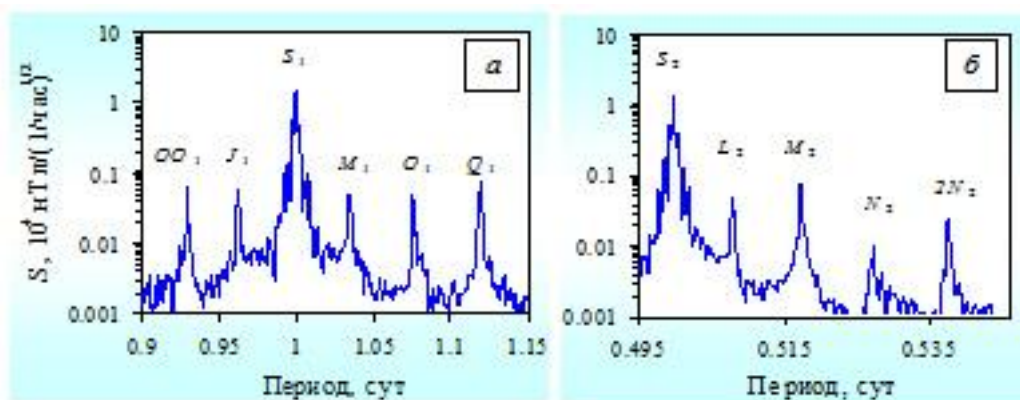


Рис.2. Периодограммы геомагнитных вариаций в области околосуточных (а) и полусуточных (б) периодов на ГФО «Михнево»

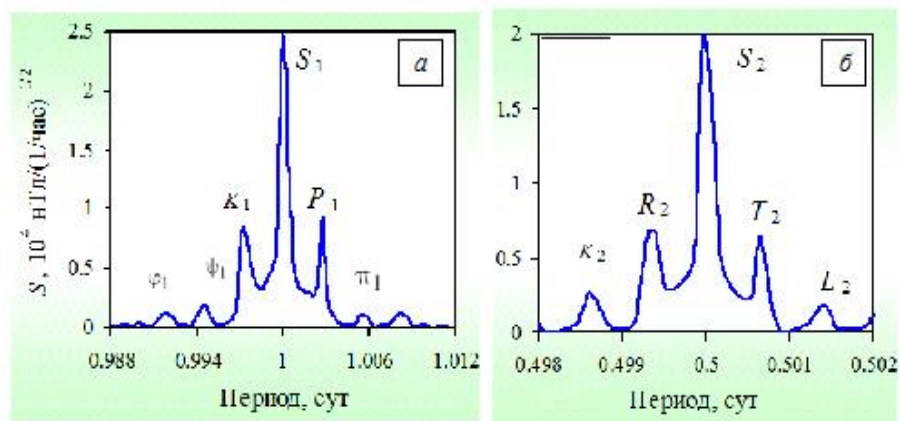


Рис.3. Периодограммы геомагнитных вариаций для участков околосуточного (а) и полусуточного (б) периодов на ГФО Михнево

Данные, полученные на материале ГФО «Михнево», подтверждают влияние лунно-солнечных приливов на вариации магнитного поля Земли в полусуточном и суточном диапазонах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Graham G. An account of observations made of the variation of the horizontal needle at London, in the latter part of the year 1722, and beginning of 1723 // Philosophical Transactions of the Royal Society of London A. 1724. Vol. 32. P. 96-107.
2. Schuster, A., The diurnal variation of terrestrial magnetism // Philosophical Transactions of the Royal Society of London A. 1889. Vol. 180. P. 467-518.
3. Chapman S. The solar and lunar variation of the Earth's magnetism // Philosophical Transactions of the Royal Society of London A. 1919. Vol. 218. P. 1-118.
4. Matsushita S. Solar quiet and lunar daily variation fields // Physics of geomagnetic phenomena. S. Matsushita, W.H. Campbell (ed.). New York: Academic Press, 1967. P. 302-424.
5. Campbell W.H. Introduction to Geomagnetic Fields // Cambridge University Press: New York, 2003. 304 p.
6. Yamazaki Y., Kosch M.J. Geomagnetic lunar and solar daily variations during the last 100 years // Journal of Geophysical Research Space Physics. 2014. Vol. 119. P. 6732–6744.
7. Richmond A.D. The ionospheric wind dynamo: effects of its coupling with different atmospheric regions, in The Upper Mesosphere and Lower Thermosphere: A Review of Experiment and Theory // American Geophysical Union, Washington. 1995. P. 49–65/
8. Yamazaki Y., Richmond A.D. A theory of ionospheric response to upward-propagating tides: electrodynamic effects and tidal mixing effects // Journal of Geophysical Research Space Physics. 2013. Vol. 118. P. 5891–5905.
9. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения // М.: Мир, 1990. 586 с.
10. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов // М.: Радио и связь, 1989. 440 с.

УДК 550.34

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МИГРАЦИЙ СИЛЬНЫХ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО СЕЙСМИЧЕСКОМУ ЛИНЕАМЕНТУ ЭРЗРУМ-БОРЖОМИ-
КАЗБЕК**

Саакян Бабкен Вазгенович¹, Геодакян Эдуард Григорьевич², Оганесян Севада Мкртчичевич³
e-mail: sahakyan_babken@mail.ru¹, geodakyan.e@mail.ru², iges@mail.ru³

*Институт геофизики и инженерной сейсмологии им. акад. А.Г.Назарова, Национальной
Академии Наук Республики Армении, г.Гюмри,*

Аннотация. В работе рассмотрено явление миграции пространственно-временного распределения очагов сильнейших землетрясений в сейсмическом линементе Эрзрум-Боржоми-Казбек, являющимся одним из крупнейших тектонических элементов Кавказского региона. Оценены и выявлены основные закономерности и характеристические особенности сеймотектонических деформаций в этом линементе. Выделены временные отрезки сейсмической активности и относительного затишья, которые имеют характер периодической повторяемости.

**SPATIAL AND TEMPORAL REGULARITIES OF STRONG EARTHQUAKE
MIGRATION ALONG ERZRUM-BORJOMI-KAZBEKI SEISMIC LINEAMENT**

Sahakyan Babken¹, Geodakyan Eduard², Hovhannisyan Sevada³
e-mail: sahakyan_babken@mail.ru¹, geodakyan.e@mail.ru², iges@mail.ru³

IGES NAS RA Gyumri

Summary. Herein we have considered the course of migration phenomena of spatial and temporal distribution of strong earthquake source, on the Caucasus region major tectonic element Erzurum-Borjomi-Kazbeki seismic lineament. The main characteristics and peculiarities of deformations in the lineaments are revealed. In these processes periods of seismic activity and relative calm are distinguished, which have periodic repeatability.

Структура Малого Кавказа, которая охватывает в себе территорию Северной Армении и примыкающие сейсмоактивные районы, занимает центральную часть Анатолийско-Кавказского сегмента, Альп-Гималайского сейсмического пояса. С тектонической точки зрения, он является осевой зоной коллизии Аравийской и Скифской литосферных макроплит [1]. Непосредственно через территорию Северной Армении проходит сейсмический линемент Эрзрум-Боржоми-Казбек (ЭБК), составляющий северную шовную зону коллизии. По географической позиции, он протягивается от Эрзинджанского сеймотектонического узла по направлению северо-восток, который расположен на трансрегиональном Северо-Анатолийском глубинном разломе, траектируя эшелонированными разломами Эрзурума, затем пересекает сейсмогенную зону Боржоми (Ахалкалак) до горы Казбек [2].

В исследуемом сейсмическом линементе и в зоне его динамического влияния, с целью выявления миграционных явлений сейсмичности, проведен анализ пространственно-временно-энергетических распределений произошедших землетрясений. В качестве исходных данных предварительно были взяты землетрясения с магнитудами $M \geq 4.5$, которые произошли в 1850÷2015гг. в сейсмическом линементе с длиной 600 км и в зоне его динамического влияния (рис.1).

В региональном напряженном поле, на основе совместного анализа результат полученных работ [2-5] и пространственно-временного распределения эпицентров землетрясений, в центральной части сейсмического линеamenta ЭБК выделялась локально-динамическая область перераспределения и разрядки сеймотектонических напряжений. В этом локальном напряженном поле произошли Ахалкалакское 1899г. и Дманийское 1978г.

землетрясения, которые с точки зрения перераспределения деформаций, фактически, представляют из себя завершение цикла сейсмического затишья, а с точки зрения разрядки напряжений - начало этапа сейсмической активности. Исходя из вышеприведенного можно утверждать, что территория Джавахетского сейсмоактивного нагорья чувствительным образом реагирует локальным изменениям регионального напряженного поля, обусловленное переходом явления относительного сейсмического затишья к этапу сейсмической активности [2,4]. Используя известную из кинематической теории прочности твердых тел, последовательные этапы разрушения горных пород, в двух этапах сейсмической активности, имеющие продолжительный характер, были замечены миграционные явления пространственно-временного распределения эпицентров по направлению от юго-запада к северо-востоку от очаговой зоны Эрзрумского землетрясения 1924г. до очаговой зоны Барисахского землетрясения (рис.1).

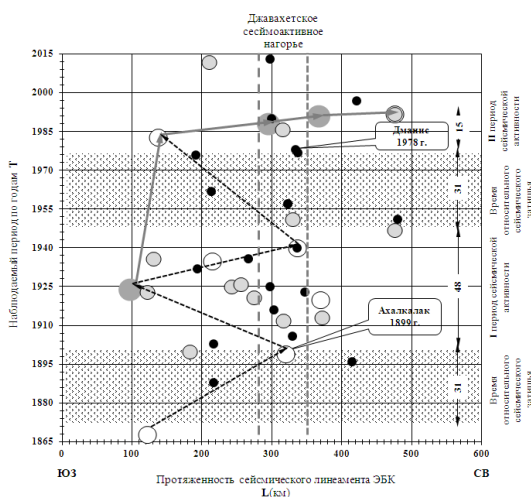


Рис.1 График миграционного распределения землетрясений по годам в линементе ЭБК

Для детального исследования напряженно-деформационного состояния земной коры и флуктуационных поведений сейсмических процессов, мы использовали предложенную Уломовым геодинамическую модель миграционных процессов передвигающихся в геологической среде локализованных деформационных волн-так называемых геонов [6]. Для образного описания динамики сейсмических процессов, мы построили годограф зависимости расстояния между эпицентрами землетрясений от времени (рис.2),

который представляет из себя пространственно-временной канал (ПВК) перемещения геонов.

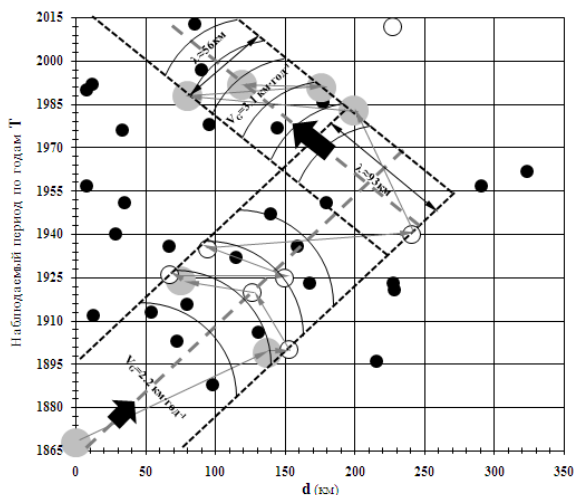


Рис.2 Пространственно-временной канал (ПВК) перемещения геонов

На графике пунктирами выделяется ПВК, а стрелка изображенная темным цветом показывает направление генерации и величину кинематической характеристики движения деформированных геонов. Согласно графику, волновые фронты с амплитудой $\lambda=93\text{км}$ пересекающие ПВК в 1868÷1970гг., в любой момент времени показывают скорость геонов $V_G=2.2 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$, величина которой сохранилась до конца относительного сейсмического затишья - 1970-ые года. Флуктуационные явления

одновременных сейсмических процессов в виде перестройки и перераспределения тектонических напряжений, начиная с 1960г., привели к резкому возрастанию скорости движения геонов до $V_G=3.1 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$ и к убыванию амплитуды до $\lambda=56\text{км}$ ПВК. Для объяснения этих явлений будем возвращаться к рис.1. Диссипация, а затем торможение локализованных деформационных волн 1868÷1940гг., по всякой вероятности, связаны с большой амплитудой ПВК, с малой скоростью перемещения геонов и наличием Джавахетской буферной зоны. В указанном отрезке времени выделяются пространственно-временные гармонические фазы эпицентров землетрясений от очаговой зоны Эрзрума к

Ахалкалакскому вулканическому нагорью и наоборот. Картина иная в 1960÷2013 гг., где волны, передающие напряжения и деформации, имеющие сравнительно малую амплитуду ПВК и большую скорость перемещения геонів, распространяясь дошли до Большого Кавказа.

В результате вышеприведенных анализов приходим к выводу, что в Тавро-Кавказском регионе формирование и распространение сейсмогеодинамических процессов в основном обусловлены напряженным состоянием сейсмического линеамента ЭБК, составляющий северную шовную зону коллизии. С помощью сопоставительного анализа рис.1 и 2 был выявлен пространственно-временной гармонический характер распределения сейсмических событий в сейсмическом линементе ЭБК, в следствии которого сильнейшие землетрясения в очаговой зоне Эрзрума следуют один за другим по периоду повторяемости $T=57$ лет, а в Ширакско-Сомхетском геоморфологическом узле по периоду повторяемости $T=44$ лет. Миграционные процессы геонів, протекающие в региональном напряженном поле Эрзрум-Боржоми, выявили гармонический характер последовательной повторяемости сильнейших землетрясений, а флуктуационные явления сейсмических событий, в следующем этапе исследований, позволят на основе среднесрочных прогнозов с пространственно-временной точки зрения, выделять зону возникновения возможного очага землетрясения (ВОЗ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Габриелянц Г.А., Клешев К.А., Шеин В.С. Возможно нефтегазоносные бассейны Армении и их углеводородных потенциал: Геология нефти и газа №1 2002г. с. 21-30.
2. Геодакян Э.Г., Саакян Б.В. Сейсмогеодинамические процессы на территории Северной Армении //Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы девятой международной сейсмологической школы Республика Армения, 8-12 сентября 2014 г. Обнинск-2014 с. 122-126.
3. Оганесян С. М., Геодакян Э.Г., Карапетян Дж.К., Саакян Б.В., Мурадян А.Р., Оганесян А.С. Трехсторонний квазистатический изгиб прямоугольного параллелепипеда, как модель подготовки очага тектонического землетрясения // Труды VIII Международной конференции. Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред, сентябрь 22-26, 2014г, Горис-Степанакерт, Ереван 2014, с. 330-334.
4. Саакян Б.В., Карапетян Дж.К., Геодакян Э.Г., Оганесян С.М. Сейсмогеодинамические процессы и структура сейсмичности северо-западной части Малого Кавказа. Геолого-геофизические исследования глубинного строения Кавказа: Геология и геофизика Кавказа: современные вызовы и методы исследований, Коллективная монография РАН ВЦ ГИ, Владикавказ-2017,с.55-63.
5. Саакян Б.В., Оганесян А.Л. Пространственно-временной анализ сейсмичности Северо-западной части Армении: Четырнадцатая уральская молодежная научная школа по геофизике: Сборник науч. материалов. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2013, с. 225-230.
6. Уломов В.И., Данилова Т.А., Медведева Н.С., Полякова Т.П. О сейсмогеодинамике линеаментных структур горного обрамления Скифско-Туранской плиты. //Физика Земли, 2006, №7.

УДК 550.837.31

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТ РАЗМЕРОВ ОБРАЗЦА**

Светлакова Екатерина Владимировна

e-mail: Katya2017gis@yandex.ru

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, г.Пермь,
Россия*

Аннотация. В статье рассматривается методика лабораторного определения удельных электрических сопротивлений (УЭС) дисперсных грунтов с помощью микроустановки Шлюмберже. Представлены результаты численного моделирования постоянного электрического поля для определения зависимости УЭС образцов от их геометрических размеров. Показан опыт применения рассматриваемой методики на примере одного из перспективных участков Протозановского нефтяного месторождения.

**NUMERICAL MODELING OF ELECTRIC FIELDS TO DETERMINE THE
DEPENDENCE OF ELECTRICAL RESISTIVITY FROM THE SIZE OF THE SAMPLE**

Svetlakova Ekaterina

e-mail: Katya2017gis@yandex.ru

Perm State University, Perm, Russia

Summary. The technique of laboratory determination of electrical resistances of disperse soils using the Schlumberger installation is considered in the article. The results of numerical simulation of a constant electric field for determining the dependence of the electrical resistances of samples on their geometric dimensions are presented. The experience of using the technique in question is shown using the example of the soils of one of the prospective sections of the Protozanovskoye oil field.

При проведении электроразведочных исследований, одним из наиболее широко определяемых в лабораторных условиях свойств грунтов является удельное электрическое сопротивление (УЭС). Определение УЭС образцов повышает эффективность исследований за счет того, что может быть использовано в качестве априорной информации при доопределении обратной задачи, а также позволяет оценивать петрофизические характеристики грунтов и уточнять изучаемые физико-геологические модели. На практике существуют разнообразные методики лабораторного определения УЭС горных пород с использованием двух-, четырехэлектродных установок, мостиковых схем, измерительных ячеек или кернодержателей [2, 3]. Среди методик лабораторного определения УЭС одной из наименее трудоемких и оперативных является методика с использованием микроустановки Шлюмберже. Она позволяет сократить затраты времени на измерения и проводить изучение УЭС образцов без нарушения их герметичности и сплошности [1].

В рамках развития методики в программе «ZondRes3D» [5] выполнено численное моделирование электрических полей для определения зависимости УЭС образца от его геометрических размеров. В качестве объекта моделирования выбран образец правильной формы с заданным удельным электрическим сопротивлением (рис. 1). В центре на поверхности образца параллельно оси X располагалась измерительная установка АМНВ. По оси X откладывалось значение длины образца, по оси Y и Z – соответственно ширины и высоты. Для полученной трехмерной моделью решалась прямая задача. Затем геометрические размеры образца изменялись и вычисления повторялись. В итоге рассчитано

более 800 значений сопротивления для моделей образца с соответствующими геометрическими размерами.

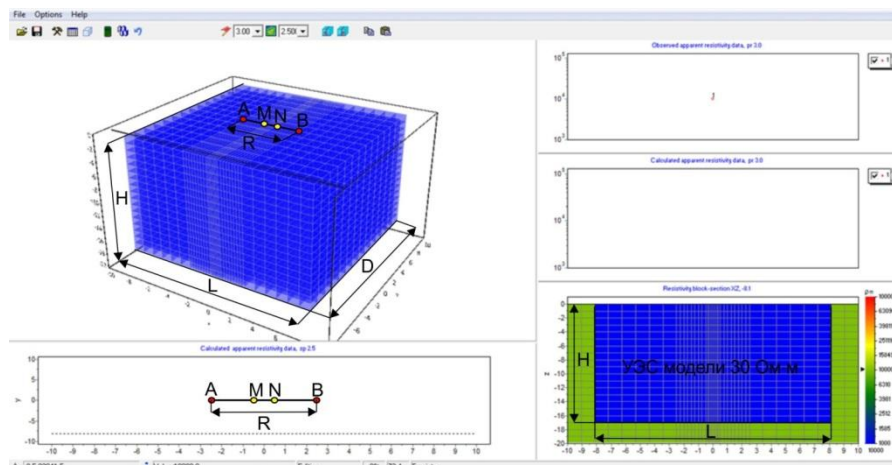


Рис.1. Рабочее окно программы «ZondRes3D». L, D, H – длина, ширина и высота модели образца, R – разнос микроустановки AMNB

Следующий этап заключался в вычислении отклонения получаемого значения сопротивления от УЭС образца по формуле

$$\sigma = (\rho_1 - \rho_2) / \rho_1 \cdot 100\%, \quad (1)$$

где ρ_1 – сопротивление, рассчитанное на поверхности образца по результатам численного моделирования, ρ_2 – заданное сопротивление образца.

Результаты вычислений визуализированы в системе программ «Зонд» (рис. 2) [4]. Для удобства использования по осям отложены отношения длины, ширины и высоты образца к величине разноса измерительной установки. Сечения куба позволяют найти отклонение для образцов правильной формы и соответствующих геометрических размеров. Так, например, в практике инженерно-геологических изысканий наиболее часто встречаются образцы керна с диаметром около 10 см. Используя полученные данные численного моделирования, можно оценить отклонение значений сопротивления при различной высоте отобранной пробы. Результаты моделирования согласуются с полученной ранее информацией [1, 6]

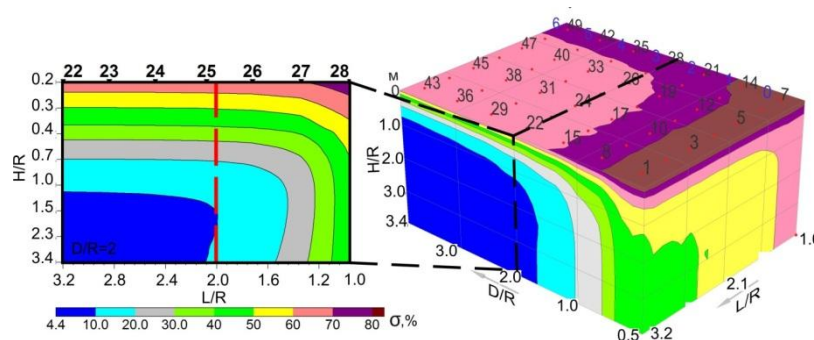


Рис.2. Трехмерное отображение вычисленных значений отклонения измеряемого сопротивления от УЭС образца при различных геометрических размерах (справа) и его сечение (слева). Красной линией обозначены отклонения для керна радиусом 10 см

Опыт применения методики с учетом полученных результатов моделирования представлен на примере одного из перспективных участков Протозановского месторождения. Методика использована в полевых условиях и на этапе лабораторных исследований. Результаты измерений позволили получить распределение УЭС грунтов, оценить их петрофизические характеристики, а после увязки с полевыми данными, изучить пространственное распределение параметров по площади участка (рис. 3).

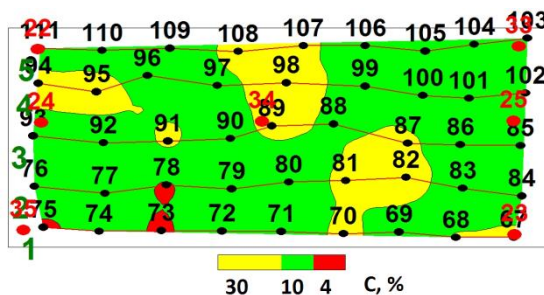


Рис.3. Интервальная карта глинистости (глубина 7–10 м, 4 геоэлектрический горизонт)

По результатам анализа карт для большей части исследуемой территории характерно содержание глинистого материала от 4 до 30%, что соответствует, согласно классификации рыхлых грунтов, суглинкам и супесям. Пески ($C \leq 4\%$) имеют очень малый объем и залегают на глубине более 7–8 м. Следует учитывать, что сопротивление геоэлектрических горизонтов является интегральной характеристикой для выделенного интервала глубин. УЭС слоев может увеличиваться из-за отдельно не выделяемых прослоев песка, включений обломочного и органического материала. Данные анализа карт использованы для подсчета объемов грунтов с различным содержанием глины. Также определен объем торфяных залежей. Данные объемов различных грунтов показаны в табл.1. Подсчет объемов использован для оценки перспективности месторождения грунтовых строительных материалов.

Таблица 1. Объемы грунтов с различным содержанием глин

Геоэлектрический горизонт, глубина залегания	Объем грунтов с соответствующим содержанием глин, млн. м ³			
	>30 % (глина)	10-30 % (суглинок)	4-10 % (супесь)	0-4 % (песок)
1 слой, 0-0,95 м	торф ($V = 5,31$ млн. м ³)			
2 слой, 0,95-2,5 м				
3 слой, 2,5-7,7 м	-	8,47	3,39	-
4 слой, 7,7-15,0 м	-	4,00	6,98	0,92
Итого:	-	12,47	10,37	0,92

*- Площадь участка - 1,5 км², объем исследованных пород - 29 млн. м³

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гилева М.И., Татаркин А.В., Филимончиков А.А. К вопросу определения удельного электрического сопротивления дисперсных грунтов в лабораторных условиях // Вестник Пермского университета. Геология, 2014. Вып. 1. С. 44-48.
2. ГОСТ 9.602-2016. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии / Государственный комитет по стандартам. М., 2016.
3. Дортман Н.Б. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика). Справочник геофизика. 2-е изд. М.: Недра, 1984.
4. Колесников В.П. Основы интерпретации электрических зондирований. М.: Научный мир, 2007. 248 с.
5. Программа трехмерной интерпретации данных электротомографии ZondRes3d. URL: <http://zond-geo.ru/software/resistivity-imaging-ves/zondres3d/>.
6. Филимончиков А.А., Татаркин А.В., Гилева М.И. Оценка перспективности месторождений грунтовых строительных материалов методами электротомографии // Записки Горного института, 2015. Т. 212. С. 130-134.

УДК 550.42/502.175

**СОВРЕМЕННЫЕ АНТРОПОГЕННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ В ЛОКАЛЬНЫХ
ПОНИЖЕНИЯХ МИКРОРЕЛЬЕФА НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ:
СОСТАВ И СВОЙСТВА**

Селезнев Андриан Анатольевич¹, Ханфи Мохамед Юссеф Мохамед²,

Меньшикова Елена Александровна³

e-mail: seleznev@ecko.uran.ru¹

Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия¹

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»²

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь³

Аннотация. Исследование направлено на выявление закономерностей образования, накопления загрязнения современными антропогенными отложениями на урбанизированных территориях, а также определение геоэкологической роли отложений. Объект исследования – поверхностная грунтовая фация современных антропогенных отложений – отложения пониженных участков микрорельефа. Получены данные по гранулометрическому и элементному состав отложений на территориях городов: Челябинск, Тюмень, Нижний Тагил, Магнитогорск, Уфа и Пермь. Выявлены ассоциации элементов природного и антропогенного происхождения в отложениях.

**CONTEMPORARY ANTHROPOGENIC SEDIMENTS IN LOCAL SURFACE
DEPRESSED AREAS OF MICRO LANDSCAPE IN THE URBAN ENVIRONMENT:
ELEMENTAL CONTENT AND PROPERTIES**

Andrian Seleznev¹, Mohamed Youssef Mohamed Hanfi², Elena Menshikova³

e-mail: seleznev@ecko.uran.ru¹

Institute of Industrial Ecology of UB RAS, Ekaterinburg, Russia¹

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N.Yeltsin»²*

Perm State University, Perm, Russia³

Summary. The study is aimed at the identification of the mechanisms of formation, accumulation of pollution by the contemporary anthropogenic sediments in urban areas, as well as determining the geoecological role of sediments. The object of the investigation is the surface ground facie of the contemporary anthropogenic sediments – sediments of localli depressed areas of the micro relief. Data on the granulometric and elemental composition of sediments are obtained for the territories of the cities (in Russia): Chelyabinsk, Tyumen, Nizhny Tagil, Magnitogorsk, Ufa, and Perm. The associations of elements of natural and anthropogenic origin in sediments are identified.

В настоящее время актуальным является поиск новых малозатратных и экспресс-методов геоэкологической оценки и мониторинга загрязнения урбанизированных территорий. Существует необходимость получения более полной информации о перераспределении поллютантов при проведении комплексных эколого-геохимических исследований. Методы на основе опробования современных антропогенных отложений являются перспективными для получения дополнительной информации о миграции загрязнения в эколого-геохимических исследованиях городских территорий [1, 2].

Объектом исследования является поверхностная грунтовая фация современных антропогенных отложений – отложения пониженных участков микрорельефа (иначе говоря, грязевой осадок или грязь из луж). Отложения формируются в понижениях микрорельефа в результате современных природно-антропогенных геологических процессов и явлений, из-за недостаточного внимания к планировке, антропогенных процессов, нарушения стока

атмосферных осадков, и являются самой верхней частью суммарного «культурного слоя» территорий города. Отложения участвуют в долгосрочных процессах миграции и накапливают загрязнение [3, 4]. Цели и задачи исследования направлены на выявление закономерностей образования, накопления загрязнения современными антропогенными отложениями на урбанизированных территориях, а также определение геоэкологической роли отложений.

В ходе выполнения исследований реализована программа опробования отложений на территориях городов, расположенных в разных природно-климатических зонах, характеризующихся разным геологическим строением, разной геохимической специализацией, развитием промышленности и урбанизацией, имеющих разные виды промышленности и источники загрязнения. В качестве таких городов выбраны: Челябинск (60 проб), Тюмень (43), Нижний Тагил (69), Магнитогорск (41), Уфа (43), Пермь (5). Опробование отложений на городских территориях проводилось по нерегулярной сети в жилых кварталах. Отбиралась сборная проба отложений из понижений микрорельефа (по 3-5 локализациям) с территории жилого квартала. Масса пробы составляла 1-1,5 кг. При проведении обследования для каждой пробы отложений заполнялась анкета, содержащая информацию об условиях образования отложений, их мощности, примерной площади квартала, доле озелененных участков, тротуаров, парковок на территории квартала, уборке и ее качестве, проведении мероприятий по планировке территории, времени застройки территории.

По специально разработанной методике на основе существующих методов гранулометрии почв и грунтов [5] проведен гранулометрический анализ отложений. Для гранулометрического анализа проб отложений отбиралась представительная навеска массой 200-300 г. Навеска измельчалась в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником. Фракция > 1 мм отделялась сухим просеиванием. Фракции 0,05-0,1 мм, 0,1-0,25 мм и 0,25-1 мм отделялись мокрым просеиванием. Методом отмучивания с фильтрованием через мембранные фильтры выделены фракции: 0,002-0,01 мм и 0,01-0,05 мм.

Определение содержания металлов (Mg, Al, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Sn, Sb, Pb и других) в образцах отложений проводилось методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой согласно «Методике выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98» [6] на масс-спектрометре ELAN 9000 фирмы Perkin Elmer (США).

Проведен гранулометрический анализ 45 проб отложений из городов (в скобках указано число проб): Челябинск (5), Тюмень (8), Нижний Тагил (6), Магнитогорск (11), Пермь (5), Уфа (10). Получено 270 навесок сухого материала гранулометрических фракций отложений: 0,002-0,01 мм, 0,01-0,05 мм, 0,05-0,1 мм, 0,1-0,25 мм, 0,25-1 мм, >1 мм.

Результаты гранулометрического анализа отложений в городах представлены на рисунке 1. Гранулометрический состав поверхностных отложений различается на территориях разных городов. В г. Магнитогорск в отложениях больше всего пылевой фракции (<0,1 мм) – около 70% по массе, 15% мелкой пыли (2-10 мкм), наиболее транспортабельной фракции. Примерно одинаковое содержание пылевых фракций в городах: Нижний Тагил и Пермь (50%). Примерно одинаковое содержание мелкой пыли (<0,01 мм) наблюдается во всех обследованных городах, за исключением Магнитогорска, и составляет < 5 %. Значительное содержание (>30%) фракций крупного песка наблюдается в отложениях в городах: Уфа, Пермь и Челябинск.

Среднее содержание металлов в отложениях в городах Тюмень, Нижний Тагил, Пермь, Челябинск, Уфа, Екатеринбург и Магнитогорск различается. По результатам анализа составлены характерные геохимические ассоциации (в порядке убывания концентрации элемента) для отложений пониженных участков микрорельефа в городах:

- Тюмень: Al-Fe-Ti-Mn-Ba-Cr-Zn-Ni-Pb-V-Rb-Cu-Co-As-W-Sn-Sb-Mo-Cd,
- Нижний Тагил: Fe-Al-Ti-Mn-Zn-Ba-Cr-Cu-V-Ni-Pb-Co-Rb-As-Sn-W-Sb-Mo-Cd,
- Челябинск: Al-Fe-Ti-Mn-Ba-Zn-Cr-V-Pb-Rb-Ni-Cu-Co-As-W-Sn-Mo-Sb-Cd,

- Уфа: Al-Fe-Ti-Mn-Ba-Cr-Zn-Ni-V-Cu-Pb-Rb-Co-As-W-Sn-Mo-Sb-Cd,
- Магнитогорск: Al-Fe-Ti-Mn-Ba-Zn-Cr-V-Ni-Cu-Rb-Pb-Co-As-W-Sn-Mo-Sb-Cd,
- Пермь: Al-Fe-Ti-Mn-Ba-Cr-Zn-Ni-V-Cu-Pb-Rb-Co-W-As-Sn-Sb-Mo-Cd.

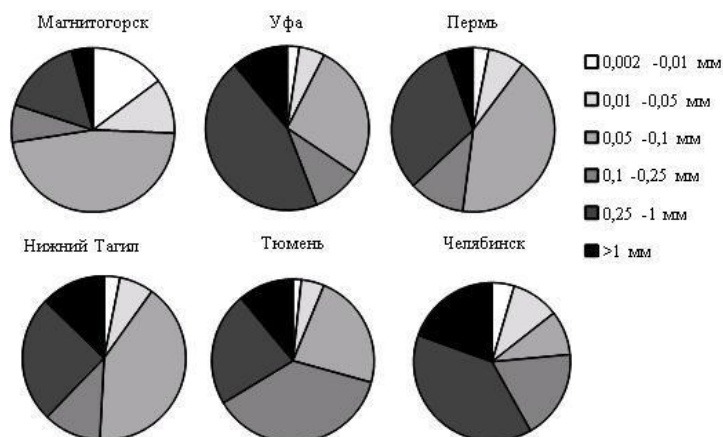


Рис. 1. Гранулометрический состав отложений в локальных понижениях микрорельефа на урбанизированной территории в городах: Челябинск, Тюмень, Нижний Тагил, Магнитогорск, Пермь и Уфа.

Корреляционный анализ показал сильную статистически значимую положительную связь концентраций элементов в отложениях в городах. В г. Магнитогорске она наблюдается в парах металлов: Al-Ti, Cd-Zn, Pb-Zn, Rb-Al, W-Mo, Ni-Co, Co-Ti, Mn-V (коэффициент корреляции Спирмена $>0,7$). В Уфе в парах элементов: Al с Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, As, Rb; Ti с V, Mn, Fe, Co, Ni, As, Rb; V с Mn, Fe, Co, As, Rb. Также в г. Уфе наблюдается сильная отрицательная связь содержания элементов: Al, Ti, V, Mn, Co, As, Rb с уровнем кислотности отобранных проб отложений, в то время она как сильная положительная с содержанием органического вещества.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-60044 мол_а_дк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касимов Н. С. Экогеохимия городских ландшафтов / Н. С. Касимов. – М.: Изд-во Моск. гос. у-та, 1995. – 327 с.
2. Экология города / под ред. Н. С. Касимова. – М. : Научный мир, 2004. – 624 с.
3. Селезнев А.А., Ярмошенко И.В., Савастьянова А.С., Макаров А.Б. Современные антропогенные отложения и их использование для оценки экологического состояния урбанизированных территорий // Известия Уральского государственного горного университета. 2017. № 1 (45). С. 44-49.
4. Seleznev A. A., Yarmoshenko I. V. Study of urban puddle sediments for understanding heavy metal pollution in an urban environment // Environmental Technology & Innovation. 2014. – 1-2. – р. 1-7.
5. Вадюнина А. Ф. Методы исследования физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
6. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98. Центр исследования и контроля воды. Спб., 2003. – 58 с.

УДК 550.823

ТЕПЛОВОЙ ПОТОК И СЛАНЦЕВАЯ НЕФТЕНОСНОСТЬ ЮЖНОГО СЕГМЕНТА КОЛТОГОРСКО-УРЕНГОЙСКОГО ПАЛЕОРИФТА

Стоцкий Виталий Валерьевич

e-mail: Stotskiy_VV@sibmail.com

Томский политехнический университет, Россия, Томск

Аннотация. Решением обратной и прямых задач геотермии в условиях седиментации определена плотность теплового потока и восстановлена термическая история баженовской свиты. Выполнен экспресс-расчет плотности генерации баженовских нефтей. Рекомендованы перспективные районы для поисков «сланцевой нефти». Генетического отражения палеорифта в распределении плотности теплового потока и плотности ресурсов «сланцевой нефти» не установлено.

HEAT FLOW AND SHALE OIL BEARING CAPACITY OF SOUTH SEGMENT OF KOLTOGOR-URENGOY PALEORIFT

Stotskiy Vitaliy Valer'evich

e-mail: Stotskiy_VV@sibmail.com

Tomsk polytechnic university, Russia, Tomsk

Summary. The solution of reverse and direct problems of geothermy under conditions of sedimentation determined heat flow and restored thermal history of the Bazhenov formation. Express-calculation of generation density of Bazhenov oil done. Prospective areas for survey of shale oil are recommended. Genetic reflection of the paleorift by distribution of heat flow and generation density of shale oil isn't revealed.

Введение

Значимым применением геотермии, как разведочного (поискового) метода геофизики, является палеотемпературное моделирование термических условий в геологическом разрезе для прогноза и поисков залежей нефти и газа [2, 4]

Задача исследований — выделение в пределах территории Колтогорского мезопроггиба и структур его обрамления, перспективных районов для проведения поисков «сланцевой нефти». Территория исследований включает желоб южного сегмента Колтогорско-Уренгойского палеорифта (рис. 1)

Здесь магматические и гидротермальные процессы отсутствуют или затухли 160-170 млн. лет назад, что вероятно связано с завершением активизации палеорифта в триасе. Вместе с тем не исключено, что в рифтовой зоне в конце мелового периода тепловой поток мог достигать 90-100 мВт/м² [1].

Термополе

Восстановление тектонической и термической истории баженовской свиты в разрезах 48-ми скважин, достаточно равномерно распределенных по площади, выполнено решением обратной и прямых задач геотермии в условиях седиментации [1]. Путем решения обратной задачи геотермии **определена величина плотности теплового потока** из палеозойского «основания» (рис. 2). Видно, что зона палеорифта характеризуется довольно мозаичным распределением теплового потока с заметным присутствием пониженных значений. *В рифтовой зоне нет «следов» предполагаемого аномально высокого теплового потока в конце мелового периода.*

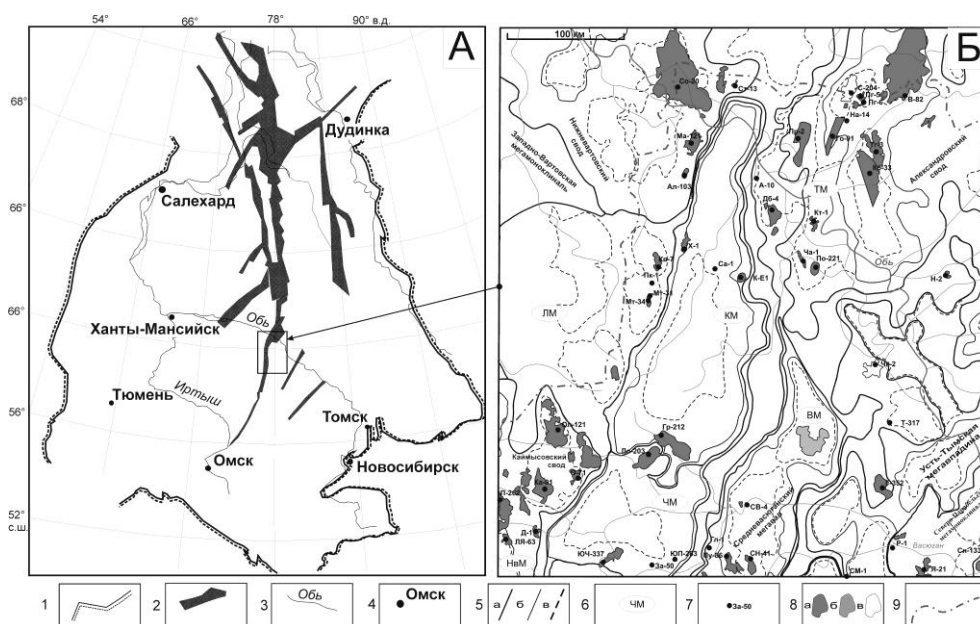


Рис. 1. Схемы положения территории исследования в контуре Западно-Сибирской плиты (А) и нефтегазоносности (Б) Колтогорского мезопргиба: 1 – граница Западно-Сибирской плиты; 2 – грабен-рифты; 3 – речная сеть; 4 – населенные пункты; 5 – контуры тектонических элементов: а) надпорядковые и I-го порядка; б) II-го порядка; в) III-го порядка; 6 – условный индекс структур II порядка; 7 – исследуемая скважина и ее условный индекс; 8 – месторождение углеводородов: а) нефтяное; б) газоконденсатное; в) нефтегазоконденсатное; 9 – граница Томской области. Структуры II порядка: ВМ – Васюганский мезовал; КМ – Колтогорский мезопргиб; ЛМ – Ледянская мезоседловина; ТМ – Трайгородский мезовал; ЧМ – Черемшанская мезоседловина.

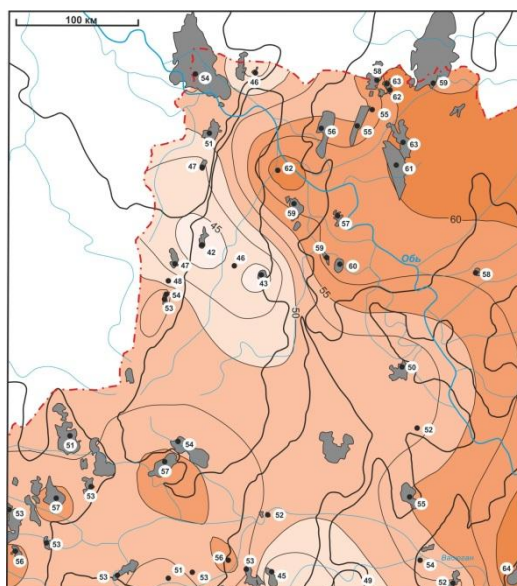


Рис. 2. Схематическая карта распределения значений плотности теплового потока ($\text{мВт}/\text{м}^2$) из доюрского основания Колтогорского мезопргиба и структур его обрамления (в пределах Томской области). Для каждой скважины указано расчетное значение плотности теплового потока, $\text{мВт}/\text{м}^2$. Остальные условные обозначения те же, что на рис. 1.

Районирование территории для поисков

Для анализа территории по плотности генерации баженовских нефтей рассчитан интегральный показатель R [3]. Значение R на участке скважины напрямую зависит от времени нахождения материнской свиты в главной зоне нефтеобразования (ГЗН) и максимальных геотемператур ГЗН. Оценка R выполняется в

условных единицах, что представляется корректным для последующего площадного районирования. Путем интерполяции значений R построена схематическая карта распределения *плотности генерации баженовских нефтей* (рис. 3).

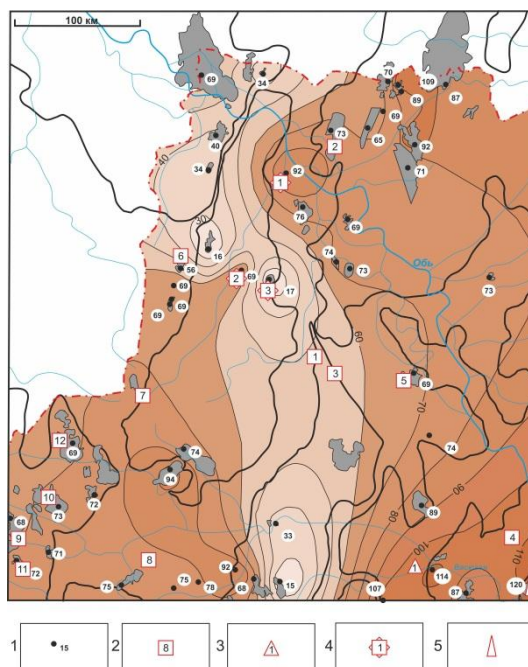


Рис. 3. Схематическая карта распределения плотности генерации баженовских нефтей в сопоставлении с прямыми признаками нефтеносности: 1 – скважина и расчетное значение плотности генерации, усл. ед.; 2-5 – площади с прямыми признаками нефтеносности баженовской свиты: 2 – признак по керну; 3 – признак при испытании скважины; 4 – признаки при испытании и по керну; 5 – месторождение Снежное (пласт Ю₀). Значение изолиний в условных единицах. Остальные условные обозначения те же, что на рис. 1.

Заключение

По плотности генерации баженовских нефтей определены перспективные районы для поисков «сланцевой нефти» на землях северо-западного склона Северо-Парабельской мегамоноклинали, северо-восточного склона Каймысовского свода, Черемшанской мезоседловины и Трайгородского мезовала. Сопоставление прогноза высокоперспективных земель с прямыми признаками нефтеносности показало согласованность, порядка 80%. Очевидного генетического отражения палеорифта в распределении плотности ресурсов верхнеюрской «сланцевой нефти» не установлено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Западная Сибирь // Геология и полезные ископаемые России. В шести томах. Т. 2 / Под ред. А. Э. Конторовича, В. С. Суркова. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. – 477 с.
2. Исаев В.И., Коржов Ю.В., Лобова Г.А., Попов С.А. Нефтегазоносность Дальнего Востока и Западной Сибири по данным гравиметрии, геотермии и геохимии. Томск: Изд-во ТПУ. - 2011. – 384с.
3. Исаев В.И., Лобова Г.А., Осипова Е.Н. Нефтегазоносность нижнеюрского и ачимовского резервуаров Нюрольской мегавпадины // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55. - № 12. - С. 1775-1786.
4. Хуторской М.Д., Ахмедзянов В.Р., Ермаков А.В., Леонов Ю.Г., Подгорных Л.В., Поляк Б.Г., Сухих Е.А., Цыбуля Л.А. Геотермия арктических морей. – М.: ГЕОС, 2013. – 232 с.

УДК 550.31

ПРОГНОЗ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПО ПАРАМЕТРУ НАСЫЩЕНИЯ ВЕТЛЯНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Трошкин Алексей Сергеевич
e-mail: troshkinlesha@mail.ru

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация. Фильтрационно-емкостные свойства характеризуют внутренне строение залежей (пластов) нефти и газа. Емкостные свойства успешно оцениваются по комплексу ГИС (НК, ГГКП, АК, ПС) и керна. В нашей работе мы хотим показать связь проницаемости с параметром насыщения. Вместо карт проницаемости предлагается построение карт параметра насыщения (ранее такие карты не строились).

Таким образом, при изучении внутреннего строения залежи к анализу карт эффективных нефтенасыщенных толщин, коэффициентов песчаности, пористости предлагается включить карты параметра насыщения, характеризующие фильтрационные свойства пласта.

PREDICTION OF THE PERMEABILITY ON THE SATURATION PARAMETER VETLANSKOGO FIELD

Troshkin Alexey Sergeevich
e-mail: troshkinlesha@mail.ru

Samara State Technical University, Samara

Summary. Filtration-capacitive properties characterize the internal structure of oil and gas deposits (reservoirs). Capacitive properties are successfully evaluated for a complex of GIS (NK, GGKP, AK, PS) and core. In our work, we want to show the relationship of permeability with the saturation parameter. Instead of permeability maps, it is proposed to create maps of the saturation parameter (previously such maps were not created).

Thus, when studying the internal structure of the deposit, maps of the saturation parameter characterizing the filtration properties of the formation are proposed in addition to analyze the maps of effective oil-saturated thicknesses, sand coefficients, and porosity.

Фильтрационно-емкостные свойства характеризуют внутренне строение залежей (пластов) нефти и газа. Емкостные свойства успешно оцениваются по комплексу ГИС (НК, ГГКП, АК, ПС) и керна.

Методы для прямого определения величины абсолютной проницаемости в стандартном комплексе ГИС отсутствуют, поэтому реальной является только возможность прогнозирования этого параметра по комплексным данным с использованием различных вариантов корреляционных зависимостей. Типичной формой связи является зависимость проницаемости от пористости. В нашей работе мы хотим показать связь проницаемости с параметром насыщения.

Для уточнения зависимости необходимы сведения о результатах опробования в колонне, а именно – гидропроводность и проницаемость. Прогноз фильтрационных свойств основан на анализе карт эффективных нефтенасыщенных толщин, песчаности, пористости и параметра насыщения. Проницаемость лучше там, где больше коэффициент песчаности и параметр насыщения. Вместо карт проницаемости предлагается построение карт параметра насыщения (ранее такие карты не строились).

Проницаемостью породы называется способность ее пропускать через себя под действием перепада давлений жидкости и газы. Абсолютная или физическая проницаемость

породы характеризуется коэффициентом проницаемости $k_{пр}$, который рассчитывают исходя из известного закона Дарси.

Для реальных пористых сред справедливо уравнение Козени — Кармана:

$$k_{пр} = \frac{\kappa_{нэф}^3}{5 \cdot S_{гр}^2 \left(\frac{1}{\kappa_n} \right)^2}$$

здесь $\kappa_{нэф}$ соответствует объему только эффективных пор, по которым происходит фильтрация жидкости или газа ;

где $S_{гр}$ — удельная поверхность 1 см³ твердой фазы минерального скелета, определяемая по данным гранулометрического анализа.

Связь между коэффициентом пористости, проницаемости и водонасыщением:

$$K_{пр} = [(1 - K_{в.св})^3 \tau_{св}^2 K_{п}] / (f T_{э}^2 K_{в.св}^2)$$

При подстановке известных соотношений получена формула:

$$K_{пр} = \frac{\tau_{св}^2 (1 - P_H^{-1/n})^3 \cdot P_H^{n/2}}{P_{п}}$$

где n - показатель степени в формуле, связывающей P_H и k_v .

В частном случае при $n = 2$

$$k_{пр} = \tau_{св}^2 (1 - P_H^{-1/2})^3 P_H / P_{п}$$

Выражение является физической основой для определения $k_{пр}$ по параметру насыщения P_H чистых гранулярных коллекторов в зоне их предельного нефте- или газонасыщения на значительном расстоянии от ВНК (ГВК), т. е. при отсутствии в коллекторе подвижной воды.

Параметры f , $P_{п}$ характеризуют пористость и геометрию первого пространства. $T_{э}$ извилистость каналов электрическая.

Величина $\tau_{св}$ зависит от коэффициента k_v физико-химических свойств углеводородов и пластовой воды, термобарических условий; диапазон изменения $\tau_{св}$, характерный для коллекторов изучаемой залежи, определяют экспериментально, решая уравнение относительно $\tau_{св}$ и подставляя в него остальные параметры, известны по данным лабораторного исследования образцов коллектора.

Учитывая сложность определения величины $\tau_{св}$, которая зависит от химического состава пластовой воды, природы поверхности твердой фазы и условий формирования нефтяной (газовой) залежи, нередко используют упрощенную эмпирическую зависимость:

$$K_{пр} = a P_H^b$$

где a и b – константы, характерные для коллекторов изучаемой залежи.

Работами Г.С. Морозова, Л.А. Буряковского и Е.И. Леонтьева определены зависимости для месторождений Туймазы, Балаханы и Самотлор.

Для вычисления величины $k_{пр}$ с помощью зависимостей выполняют следующие операции:

- 1) определяют по данным метода сопротивлений величину $\rho_{п}$ в пластовом пересечении продуктивного коллектора;
- 2) рассчитывают значение P_H при известных $P_{п}$ и ρ_v ;
- 3) используя конкретную зависимость между P_H и $k_{пр}$ для исследуемого объекта, находят величину $k_{пр}$, соответствующую вычисленному P_H .

Использование описанного способа для определения $k_{пр}$ в переходной зоне залежи или в недонасыщенных углеводородами коллекторах даст заниженные значения.

В ходе работы для дальнейшего анализа к имеющимся картам (структурная по кровле коллектора, эффективных нефтенасыщенных толщин) построили следующие карты: карта пористости и карта параметра насыщения.

На Зуевском поднятии наиболее высокие значения начальных нефтенасыщенных толщин приходится на центральный купол, к периферии толщины уменьшаются.

В большей части скважин Коэффициент песчаности на Зуевском поднятии имеет различные значения. Наиболее высокие значения он принимает в центре купола – это скважина 526, значение достигает 0,88.

При анализе характеристик геологической неоднородности всего пласта обнаруживается ухудшение коллекторских свойств от центрального купола к периферии.

На карте пористости (рисунок 1) можно выделить три участка, р.н. скважины 600 характеризуется большими значениями пористости. Средние значения приходится на р. н. скважины 522, а самые меньшие значения в р. н. скважины 526.

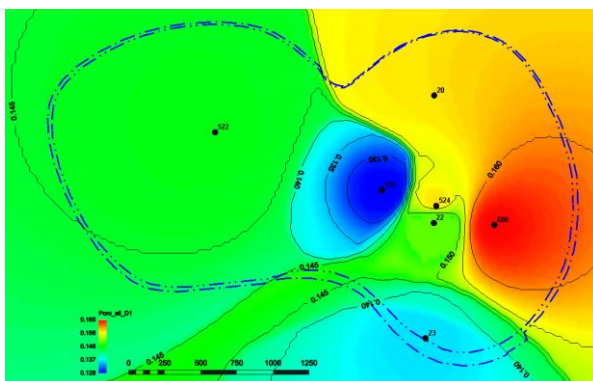


Рис. 1. Карта пористости

А анализируя параметр насыщения (рисунок 2) и связанной с проницаемостью, поднятие характеризуется меньшими значениями параметрами насыщения – худшими фильтрационными свойствами.

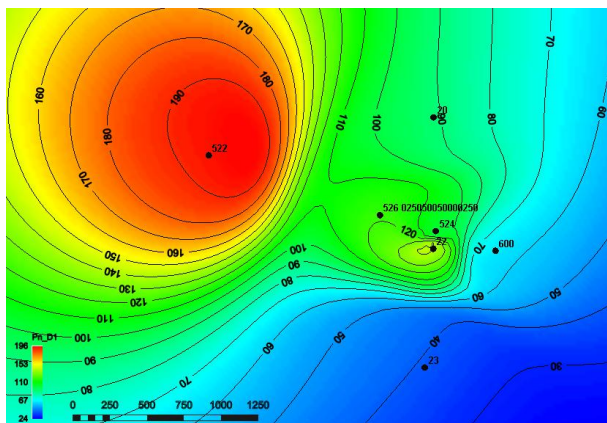


Рис. 2. Карта параметра насыщения

Используя зависимость пористости и проницаемости предполагается уменьшения фильтрационных свойств р. н. скважины 600 однако по параметру насыщения р. н. характеризуется низкими значениями. А район скважины 522 характеризуется пониженными значениями пористости, но высоким значениям параметром насыщения.

Основные запасы сосредоточены в районе скважин 524, 526, 22.

Значения параметра насыщения должны увеличиваться по линии скважин 22, 524, 526, 522, что противоречит, анализируя карту пористости и связанные с ней проницаемостью.

Таким образом, при изучении внутреннего строения залежи к анализу карт эффективных нефтенасыщенных толщин, коэффициентов песчаности, пористости предлагается включить карты параметра насыщения, характеризующие фильтрационные свойства пласта.

УДК 550.34.016

**СЕЙСМИЧНОСТЬ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ САХА ЯКУТИЯ И
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ
НАБЛЮДЕНИЙ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ**

Туктаров Рустам Мингулович

e-mail: Tuktarov.rust@mail.ru

Якутский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Якутск, Россия

Аннотация. Сотрудниками ЯФ ФИЦ ЕГС РАН и Полярного института им. Альфреда Вегенера, а также Институтом океанологии им. Ширшова (Москва) была организована международная экспедиция по проекту «SIOLA», которая провела полевые работы в летне-осенний период 2015-2017 гг. В результате работы были установлены 25 временных сейсмических станций и получен массив данных, по которым была построена карта сейсмичности арктического шельфа моря Лаптевых за 2016-2017 гг. Представлена краткая характеристика сейсмичности Арктической зоны Республики Саха Якутия.

**SEISMICITY OF THE ARCTIC ZONE OF THE REPUBLIC OF SAKHA YAKUTIA
AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF A LOCAL NETWORK OF SEISMIC
OBSERVATIONS ON THE ARCTIC SHELF**

Tuktarov R.M.

e-mail: tuktarov.rust@mail.ru

Yakutsk branch of FIC ECS RAS, Yakutsk, Russia

Summary. Employees of JF FIC ECS RAS and Polar Institute. Alfred Wegener, as well as the Institute of Oceanology. Shirshov (Moscow) organized an international expedition to the project "SIOLA", which conducted fieldwork in the summer-autumn period 2015-2017. As a result of the work, 25 temporary seismic stations were installed and an array of data was obtained on which a map of seismicity of the Arctic shelf of the Laptev Sea for 2016-2017 was constructed. A brief description of the seismicity of the Arctic zone of the Republic of Sakha Yakutia is presented.

Арктическая зона Республики Саха (Якутия) включает в себя как шельфы Восточно-Арктических морей, так и большую часть континентальных северо-восточных районов республики и характеризуются высокой сейсмичностью. Так, через акваторию Северного Ледовитого океана от о. Гренландия к дельте р. Лены следится полоса эпицентров землетрясений, приуроченная к срединноарктическому хр. Гаккеля, вытянутому от Гренландского шельфа к шельфу моря Лаптевых параллельно линии островов Шпицберген - Земля Франца Иосифа - Северная Земля. Она представляет собой крупный Арктико-Азиатский сейсмический пояс, который юго-восточнее пересекает Северо-Восточную Азию, полуостров Камчатку и соединяется с Тихоокеанским сейсмическим поясом, отделяя Североамериканскую плиту от Евразийской и Охотоморской литосферных плит [1, 2, 3].

Переходной зоной от срединноокеанического хр. Гаккеля к континентальным структурам хребтов: Верхоянского и Черского служат шельфы морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Сейсмичность хр. Гаккеля выражена узкой (60-80 км) полосой эпицентров землетрясений, которая на шельфе моря Лаптевых расширяется до 400-600 км, охватывая территорию между полуостровом Таймыр, дельтой р. Лены и Новосибирскими островами. Эта единственная зона повышенной сейсмичности, развитая в пределах шельфа арктических морей Российской Федерации. Сейсмологические наблюдения за арктическими землетрясениями осуществляет сеть из 8 полярных стационарных цифровых сейсмических станций, расположенных в северных районах Республики Саха (Якутия). В непосредственной близости г прибрежной зоне моря Лаптевых работают 2 цифровые

сейсмические станции «Тикси» и «Столб». За последние 50 лет этой сетью на шельфе и прибрежных районах суши отмечено около 6 тыс. местных землетрясений. По данным Морской арктической геологоразведочной экспедиции (МАГЭ) ПГО "Севморгеология" восточную часть шельфа моря Лаптевых занимает Лаптевоморская окраинно-континентальная рифтовая система [1, 2, 3, 4, 5]. Её основными структурными единицами являются протяженные (длиной до 200–250 км) и узкие (шириной до 40–60 км) грабены (Усть-Ленский, Омолойский, Усть-Янский, Чондонский, Бельковско-Святоносский и др.) и разделяющие их подводные поднятия: Центрально-Лаптевское, Шилонская структура, Столбовский горст и др). Названная рифтовая система прослеживается от континента на север и северо-запад и сочленяется в области континентального склона с зоной хр. Гаккеля. К югу грабены этой системы продолжают на континент. Ширина южной части Лаптевоморского рифта – 350–400 км, длина 400–450 км. Наличие этих грабенов подтверждается также особенностями распределения поля силы тяжести в восточной части моря Лаптевых в виде чередования узких линейных высокоградиентных зон северо-западного и субдолготного простираний, протягивающихся от континентального склона на побережье [3, 4].

Для детального изучения сейсмической активности в прибрежной арктической зоне (дельта р. Лены и губа Буор-Хая моря Лаптевых) Якутский филиал ФИЦ ЕГС РАН проводит совместные исследования по проекту «Seismicity and neotectonics of Laptev Sea region (SIOLA)» (Сейсмичность и неотектоника региона моря Лаптевых) с Полярным институтом им. Альфреда Вегенера, Гельмгольтцским центром полярных и морских исследований (Германия), а также Институтом океанологии им. Ширшова (Москва). Согласно этой программы уже в сентябре 2015 г. сотрудниками ЯФ ФИЦ ЕГС РАН и Полярного института им. Альфреда Вегенера была организована международная экспедиция, которая провела полевые работы с целью выбора мест установки временных полевых сейсмостанций для установки цифровой сейсмической аппаратуры в 2016 г.

В полевой сезон 2016 г. её работы продолжились непосредственно в районе Оленёкской протоки дельты р. Лены и на западном побережье губы Буор-Хая к югу от п. Тикси. В результате на этих участках территории было установлено 25 временных автономных сейсмических станций. В августе 2017 г. был собран массив цифровых сейсмограмм с регистрацией местных землетрясений за период июль 2016 г. – сентябрь 2017 г. для дальнейшей комплексной обработки этих записей в конце 2017 г. – начале 2018 г. На основе указанных данных будет составлен каталог землетрясений и построена серия карт сейсмичности различной направленности и масштабов. На начальном этапе обработки данных составлена карта сейсмичности севера Якутии за 2016-2017 гг. (рис.1).

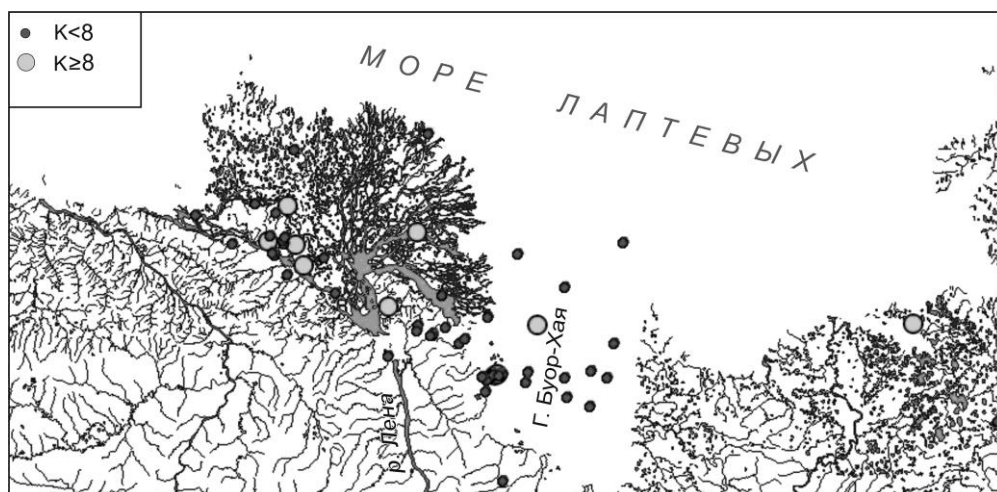


Рис.1. Карта сейсмичности севера Якутии за 2016-2017 гг. (К-энергетический класс землетрясений).

По результатам этих работ будет предложен план продолжения сейсмологических исследований на перспективу с передислокацией сети станций непосредственно в акваторию моря Лаптевых и установкой их на островах, например, Муостах и Столбовой.

Полученные материалы позволят существенно расширить наши познания о пространственно-временном распределении эпицентров землетрясений, определить глубину залегания их очагов в земной коре и повторяемость сейсмических событий, изучить напряжённое состояние земной коры и дать оценку уровня сейсмической опасности ряда активных участков территории.

Выражаю благодарность за помощь в написании данной работы следующим коллегам: Тимиршин Константин Васильевич (науч. рук., зам. директора по науке, к. г-м. н.), Петров Анатолий Фирсович (главный геофизик, к. г-м. н.), Шibaев Сергей Валентинович (директор), Козьмин Борис Михайлович (к. г-м. н.), Гейслер Вольфрам (геофизик).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветисов Г.П. Сейсмоактивные зоны Арктики. С-П.: ВНИИ Океанология, 1996.
2. Грамберг И.С., Деменицкая Р.М., Секретов С.Б. Система рифтогенных грабенов шельфа моря Лаптевых как недостающего звена рифтового пояса хребта Гаккеля – Момского хребта // ДАН СССР. 1990. Т. 11, № 3. С. 689-694.
3. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сеймотектоника Якутии. М.: ГЕОС, 2000. 227 с.
4. Объяснительная записка к Тектонической карте морей Карского и Лаптевых и севера Сибири. М 1:2.5 млн. Отв. ред. Н.А.Богданов и В.Е.Хаин. М.: ИЛОВМ РАН, 1998. 127 с.
5. Шibaев С.В., Петров А.Ф., Козьмин Б.М., Тимиршин К.В. Современная сейсмическая активность территории Якутии// Материалы 15-ой Всероссийской конференции с международным участием «Геологические опасности». – Архангельск: Институт экологических проблем Севера УрО РАН, 2009. С. 657–661.

УДК 550.837

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

Фаустова Юлия Сергеевна

e-mail: walera21111@yandex.ru

Воронежский государственный университет, Россия, Воронеж

Аннотация. Представлена цифровая версия карты электропроводности осадочного чехла Воронежского кристаллического массива. Данные съёмки методом ВЭЗ, ставшие основой для построения бумажной карты электропроводности осадочного чехла ВКМ и полученные при её обработке атрибутивные данные, позволили сформировать цифровую модель электропроводности осадочного чехла ВКМ.

CREATION OF A DIGITAL MODEL OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE SEDIMENTARY COVER OF THE VORONEZH CRYSTALLINE MASSIF

Y. Faustova

e-mail: walera21111@yandex.ru

Voronezh State University, Russia

Summary. Presented digital version of the map of electrical conductivity of the sedimentary cover of the Voronezh crystalline massif survey data for the entire method, which became the basis for creating a paper map of the electrical conductivity of the sedimentary cover of the VCR obtained by the data processing attribute and helped to create a digital model of the electrical conductivity of the sedimentary cover of the VCR.

За десятилетия работы Воронежской геофизической экспедиции и кафедры геофизики ВГУ, которые проводили геофизические исследования на территории Воронежского кристаллического массива, накопился большой объем фактического материала в аналоговом виде. Многие носители данных, такие как бумажные карты, были повреждены либо изношены, в результате чего возникла необходимость их перевода в цифровую форму.

Данные съёмки методом ВЭЗ, ставшие основой для построения бумажной карты электропроводности осадочного чехла ВКМ масштаба 1:500000 и полученные при её обработке атрибутивные данные, позволили сформировать цифровую модель электропроводности осадочного чехла Воронежского кристаллического массива.

На первом этапе карта была отсканирована. В результате этого было получено растровое изображение высокого разрешения, которое было обработано в графическом редакторе.

Далее была выполнена регистрация растровой карты в реальных географических координатах. Привязка раstra - это установка соответствия между всеми пикселями растровой карты и реальной местностью, т.е. карта считается привязанной, когда для любых пикселей программа-векторизатор сможет сразу вычислить их реальные координаты и с этими координатами сохранить. Этот этап выполнен в программе ArcGIS. В результате проведенной работы был получен файл формата *.TAB, который далее использовался в программе EasyTrace в качестве файла-привязки.

Оцифровка карты (векторизация изолиний электропроводности) производилась в программной среде EasyTrace на основе отсканированного варианта карты.

Процесс оцифровки был осложнен следующими факторами: оригинал карты на момент сканирования был поврежден в некоторых участках, что приводило к сложностям в отслеживании изолиний электропроводности в местах сгибов карты, участках сгущения изолиний; исходная карта содержала небольшое количество ошибок, что наравне с

дефектами и артефактами сканирования также осложняло работу по созданию ее векторной версии.

Совокупность вышеперечисленных факторов, а также неоднородность полученных данных потребовали разработки специальной методики обобщения и анализа информации.

Основные ошибки, возникавшие в ходе трассировки, были связаны с качеством исходного растрового материала, так как в ходе автоматической трассировки инструмент часто соединяет точки растра, относящиеся к изолиниям, с точками, возникшими в результате сканирования и обработки исходного материала, которые крайне сложно устранять программными средствами чистки растра. Устранение подобных ошибок производилось с помощью ручной трассировки сложного участка.

В связи с высокой частотой их возникновения проводить автоматическую трассировку изолиний в большинстве случаев было невозможно, что, в свою очередь увеличило продолжительность времени, затраченного на обработку карты.

Полученный результат прошел проверку на ошибки.

Помимо собственно исходной растровой подложки и векторной карты был создан массив геоданных, представляющий собой файл, который после экспорта из среды EasyTrace можно использовать различными способами в широком спектре программных средств.

По результатам присвоения изолиниям значений S был получен файл формата *.csv, содержащий следующую атрибутивную информацию:

1. координаты узлов изолиний;
2. значения S для каждого узла.

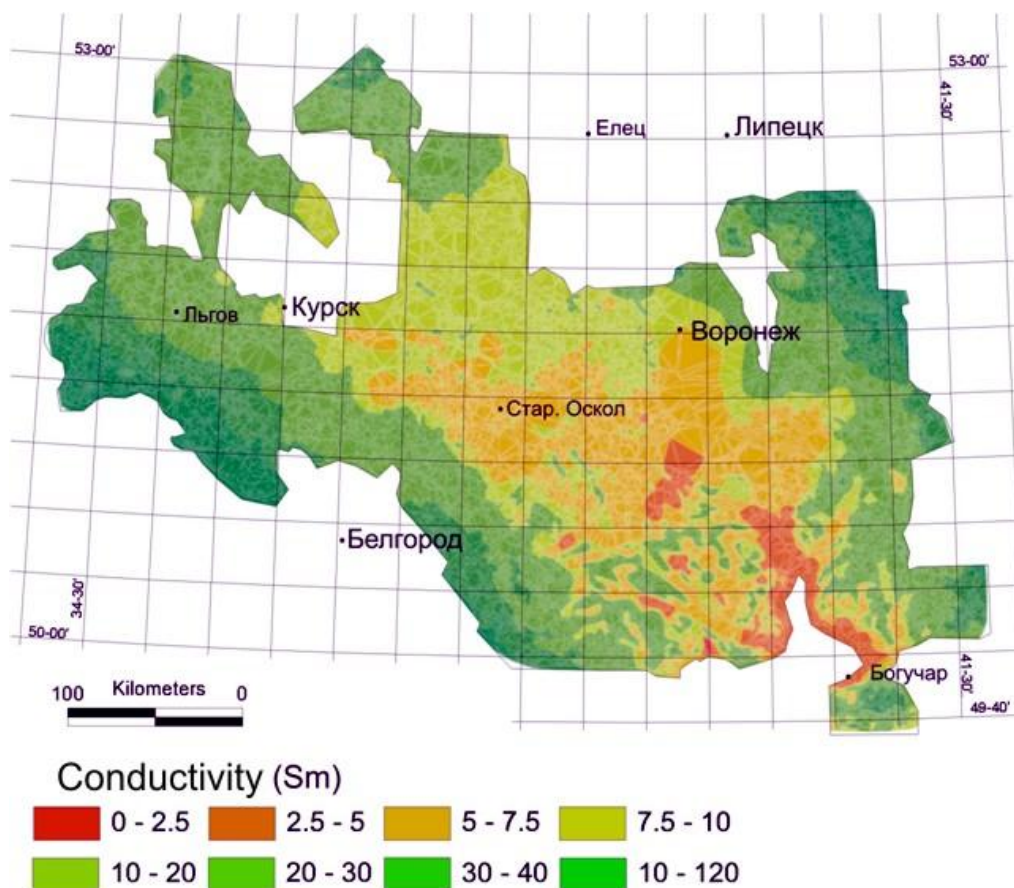


Рис. 1. TIN-модель суммарной продольной электрической проводимости осадочного чехла Воронежского кристаллического массива и его обрамления

Результат работы предполагалось добавить в виде Темы события в проект ArcView. Т.к. после оцифровки карты данные были получены в прямоугольных координатах, возникла

необходимость перевода их в градусные. Это было выполнено с помощью программы GAUSS. В геодезии одной из наиболее распространённых систем прямоугольных координат являются координаты Гаусса-Крюгера. Формулы перехода от геодезических координат пунктов на поверхности Земли (в градусной мере) к прямоугольным координатам Гаусса-Крюгера (метрическим) строятся применительно к земному эллипсоиду Красовского. В программе GAUSS (авторы В. и Е. Глазевы) использованы формулы прямого и обратного преобразования координат [1], которые соответствуют задачам триангуляции и полигонометрии 1 класса. Эти формулы обеспечивают высокую точность решения прямой или обратной задачи математической картографии - преобразования прямоугольных координат в географические и обратно, на поверхности земного эллипсоида.

В результате была построена цифровая модель электропроводности осадочного чехла Воронежского кристаллического массива.

Значения S изменяются на территории ВКМ и его обрамления от единиц до первых тысяч сименсов (См). В сводовой части ВКМ изолинии S имеют мозаичную форму конфигурации, а значения S колеблются в пределах 2.5 – 15 См. Встречаются проводящие участки с увеличенными значениями S до 20 – 30 См. Изолинии значений S повторяют контуры тектонических структур. Например, на фоне небольших значений (2,5-10 См) встречается в центре сводовой части ВКМ вытянутая в северо-западном направлении зона повышенных значений (до 15 См). Этот участок приурочен к крупной линейной Воронежско-Алексеевской зоне синформного типа (Тим-Ястребовская и Волотовская подзоны). Такое же подобное увеличение значений суммарной проводимости наблюдается и вдоль Лосевской шовной зоны. Мозаичная форма изолинии приурочено к Россошанскому массиву. Здесь на фоне небольших значений (до 10 См) присутствуют изолинии до 15 См.

В направлении от Лосевской шовной зоны к востоку к Хопёрскому мегаблоку наблюдается постепенное увеличение значений суммарной электропроводимости до 30 См, тем самым на территории Воронцовской свиты значения достигают и 40 См.

На склонах ВКМ направления изолиний S постепенно вытягиваются в направлении близком к простираению изогипс кристаллического фундамента. В зонах сочленения с соседними крупными тектоническими структурами значения S варьируют от 40 до 120 (на западной части сочленения с ДДВ) См. В центральной части РСР и ДДВ значения S равно 2000 См, однако встречаются участки с $S = 3500 - 4000$ См. Градиент S местами достигает 100 См/км.

Автор выражает признательность создателям программы GAUSS за любезно предоставленную возможность её свободного использования в работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Практикум по высшей геодезии. Под. ред. Яковлева. М., Недра, 1982

УДК 550.34.06

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СЕЙСМИЧНОСТИ ХРЕБТА ГАККЕЛЯ

Федоренко Ирина Валентиновна

e-mail: fedorenko.irina.v@yandex.ru

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова РАН, г. Архангельск, Россия

Аннотация. Представлены результаты работы пунктов сейсмических наблюдений «Земля Франца-Иосифа» и «Северная Земля» с 2011 г. применительно к мониторингу хребта Гаккеля. Показано снижение $ML_{пред.}$. Проведено сравнение эллипсов ошибок при региональном мониторинге и по данным ISC.

NEW DATA ABOUT SEISMICITY OF GAKKEL RIDGE

Irina Fedorenko

e-mail: fedorenko.irina.v@yandex.ru

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Arkhangelsk, Russia

Summary. The results of working seismic observation points “Franz Joseph Land” and “Northern Land” for monitoring of Gakkel Ridge from 2011 are presented. Decrease of $ML_{repr.}$ is shown. Comparing error ellipses according to regional monitoring and ISC was made.

Хребет Гаккеля представляет собой ультрамедленный спрединговый хребет, который расположен на границе Евразийской и Северо-Американской литосферных плит. Скорость раздвижения меняется от 12.8 мм/год до 6.5 мм/год с запада на восток. По геолого-геофизическим характеристикам его подразделяют на три зоны: западную вулканическую (7°W–3°E), центральную амагматическую (3°E–29°E) и восточную вулканическую (29°E–128°E), как показано на рис. 1 [3].

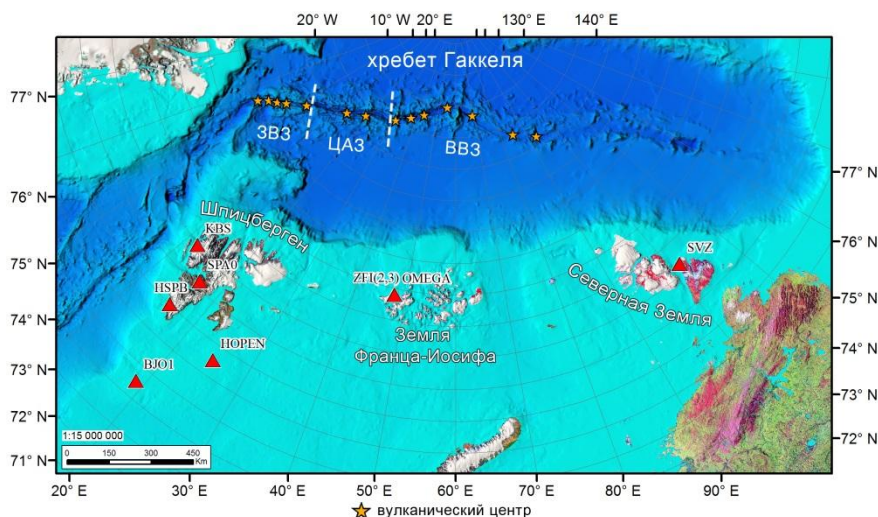


Рис. 1. Полярные станции, участвующие в региональном мониторинге хребта Гаккеля

Зоны: ЗВЗ – западная вулканическая, ЦАЗ – центральная амагматическая, ВВЗ – восточная вулканическая

Сейсмический мониторинг хребта Гаккеля ведется, главным образом, с помощью полярных стационарных сейсмических станций. Существенный вклад вносят станции: KBS (78.93°N, 11.94°E), входящая в сеть GE (GEOFON), и SPA0 (78.18°N, 16.37°E), входящая в

сеть NORSAR, расположенные на архипелаге Шпицберген (рис. 1) [5]. В ходе экспедиций ведутся исследования донными сейсмометрами [6].

По данным ISC (*International Seismological Centre*) [4] рассчитана $ML_{пред.}$ для хребта Гаккеля за период 01.01.2004–01.01.2011 (рис. 2). Ее значение 3.6 связано с тем, что из-за нехватки стационарных станций в Арктике невозможно было лоцировать слабую сейсмичность ($ML < 3$), регистрируемую станциями KBS, SPA0.

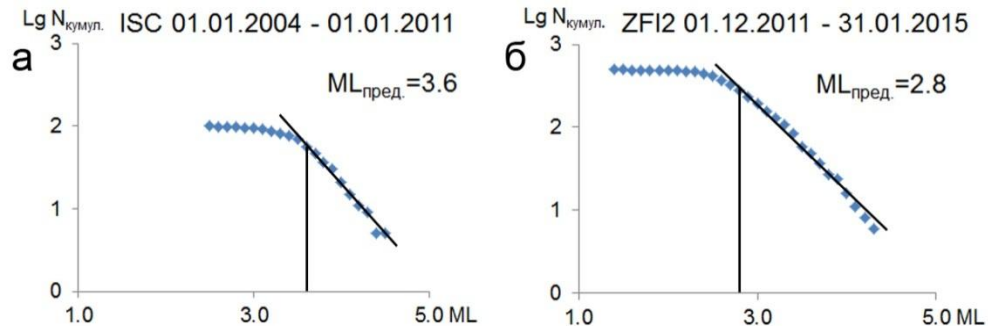


Рис. 2. Графики повторяемости землетрясений хребта Гаккеля по данным: а – ISC, б – регионального мониторинга ФГБУН ФИЦКИА РАН

В 2011 г. сотрудниками лаборатории сейсмологии ФГБУН ФИЦКИА РАН открыт пункт сейсмических наблюдений «Земля Франца-Иосифа», а в 2016 г. «Северная Земля». В таблице 1 приведена характеристика установленной на них аппаратуры. Рассмотрим результаты, полученные с появлением новых стационарных станций в российской Арктике с 2011 г.

Таблица 1
Характеристика аппаратуры пунктов сейсмических наблюдений «Земля Франца-Иосифа» и «Северная Земля»

Станция	Время работы	Lat, °	Lon, °	Датчик	Канал	f, Гц
ZFI	03.09.2011–19.01.2013 14.09.2014–18.06.2015 21.08.2015–07.09.2017	80.81	47.66	CMG-6TD	BH	0.03–100
ZFI2	08.09.2011–01.08.2015 17.09.2016–07.09.2017 17.08.2015–17.09.2016 07.09.2017–наст. время	80.81	47.66	CMG-40T CMG-6TD Trillium Compact	SH BH BH	0.017–50 0.030–100 0.008–100
ZFI3	25.08.2012–30.04.2015	80.81	47.61	CMG-6TD	BH	0.030–100
OMEGA	25.08.2015–наст. время	80.78	47.73	CMG-3T	BH	0.008–50
SVZ	21.11.2016–наст. время	79.28	101.66	CMG-6TD	BH	0.030–100

Региональный мониторинг хребта Гаккеля, проводимый лабораторией сейсмологии ФГБУН ФИЦКИА РАН, осуществляется на основе данных станций ZFI(2,3), OMEGA и SVZ. В обработку включаются, прежде всего, волновые формы станций, представленных на рис. 1. Для локации землетрясений применяется годограф NOES [1]. Станция ZFI2 (SH) являлась наиболее эффективной для регистрации землетрясений хребта Гаккеля. За 01.01.2012–31.01.2015 процент событий, слоцированных в ходе регионального мониторинга относительно ISC составил: ЗВЗ – 50%, ЦАЗ – 93%, ВВЗ – 72%. В результате удалось снизить $ML_{пред.}$ до 2.8 (рис. 2б). Для сравнения $ML_{пред.}$ выбраны разные периоды наблюдений в связи с нехваткой данных в каталоге ISC за период 01.12.2011–31.01.2015 без станции ZFI2 (SH). Станция SVZ вносит наибольший вклад в регистрацию ВВЗ. За период 08.12.2016–31.05.2017 процент зарегистрированных на ней событий относительно общего числа слоцированных в ходе регионального мониторинга, в: ЗВЗ – 0%, ЦАЗ – 10%, ВВЗ – 78%.

Точность локации землетрясений любого района зависит от используемой скоростной модели и конфигурации системы наблюдений. Для хребта Гаккеля ее оценка осуществлена с помощью эллипсов ошибок. Вычисления проведены в программе NAS В.Э. Асминга [2]. Приняты погрешности: измерения вступления фазы 0.3 с, скоростной модели 0.15 км/с. В табл. 2 показаны средние ошибки локации эпицентров при региональном и телесеismicком мониторинге, то есть использовании скоростных моделей NOES и ak135. Данные из ISC взяты за период 01.01.2004–01.01.2011, по региональному мониторингу за период 01.12.2011–31.01.2015. При локации землетрясений с $ML > 3$, ошибки при региональном мониторинге превышают ошибки ISC. Поэтому в данном случае локация по скоростной модели ak135 с привлечением большего, чем при региональном мониторинге, числа станций, достовернее.

Таблица 2
Средняя ошибка локации эпицентров землетрясений хребта Гаккеля по данным регионального и телесеismicкого мониторинга

Каталог	R_{minor} , км			R_{major} , км		
	ЗВЗ	ЦАЗ	ВВЗ	ЗВЗ	ЦАЗ	ВВЗ
	$ML > 3$					
ФИЦКИА РАН	26.52	26.79	36.94	51.42	48.31	50.52
ISC	6.15	12.91	14.92	10.17	33.62	36.87
ФИЦКИА РАН / ISC	4.31	2.08	2.48	5.06	1.44	1.37
	$ML < 3$					
ФИЦКИА РАН	25.23	26.39	41.23	53.31	55.00	63.39

После открытия станции SVZ средняя ошибка локации землетрясений ВВЗ с $ML > 3$ уменьшилась и составила: $R_{\text{minor}}=15.76$ км, $R_{\text{major}}=40.09$ км. Как видно из табл. 2, она практически соответствует ошибке по данным ISC.

Выводы. Открытие пункта сейсмических наблюдений «Земля Франца-Иосифа» позволило существенно снизить $ML_{\text{пред}}$ для хребта Гаккеля в целом. Станция SVZ эффективна, прежде всего, для мониторинга ВВЗ. Оценка точности локации показала, что для анализа данных параметры эпицентров необходимо выбирать в зависимости от магнитуды используемых событий.

Работа выполнена по теме НИР лаборатории сейсмологии ФГБУН ФИЦКИА РАН №АААА-А18-118012490072-7.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозов А.Н., Ваганова Н.В. Годографы региональных волн Р и S для районов спрединговых хребтов Евро-Арктического региона // Вулканология и сейсмология. 2017. № 2. С. 59–67.
2. Asming V., Prokudina A. System for automatic detection and location of seismic events for arbitrary seismic station configuration NSDL // 35th General Assembly of the European Seismological Commission. 2016. №373.
3. Cochran J.R. Seamount volcanism along the Gakkel Ridge, Arctic Ocean // Geophys. J. Int. 2008. V. 174. P. 1153–1173.
4. International Seismological Centre [Электронный ресурс] Режим доступа: – <http://www.isc.ac.uk/> (дата обращения: 29.01.2018).
5. IRIS DMC MetaData Aggregator [Электронный ресурс] Режим доступа: – <http://www.iris.washington.edu/mda> (дата обращения: 29.01.2018).
6. Schlindwein V., Muller C., Jokat W. Microseismicity of the ultraslow-spreading Gakkel ridge, Arctic Ocean: a pilot study // Geophys. J. Int. 2007. Vol. 169. P. 100-112.

УДК 550.343.4:553.31

СЕЙСМИЧЕСКОЕ МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ПРОМПЛОЩАДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «НЕЖДАНИНСКОЕ» ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

Фёдоров Андрей Андреевич¹, Сясько Андрей Александрович²
e-mail: aan.fedorov@s-vfu.ru¹, aa.siasko@s-vfu.ru²

Технический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, г. Нерюнгри, Россия

Аннотация. Методика исследования основана на технологической схеме, реализующей принцип комплексирования инженерно-геологических, инструментальных и расчетных методов, применяемых для построения карт сейсмического микрорайонирования.

По результатам проведенных расчетов построена карта сейсмического микрорайонирования, позволяющая с высокой степенью детальности оценивать локальные инженерно-геологические условия и разрабатывать конкретные меры в комплексе защитных мероприятий, обеспечивающих повышение безопасности строительства в сейсмических районах на примере проектируемого хвостохранилища золоторудного месторождения Нежданинское, РС (Я).

THE SEISMIC MICROZONING OF OBJECTS OF INDUSTRIAL SITES THE DEPOSIT «NEZHDANINSKOE» FOR DESIGNING TAILINGS DAM

Andrey A. Fedorov¹, Andrey A. Syasko²
e-mail: aan.fedorov@s-vfu.ru¹, aa.siasko@s-vfu.ru²
TI (b) North-Eastern Federal University in Nerungry, Russia

Summary: Investigations are fulfilled on the basis of the principle of combination of engineering-geological, instrumental and calculation methods that are usually applied to create maps of seismic microzoning.

According to calculation results, the map of seismic micro zoning is created; it allows estimating local engineering-geological conditions with a high level of detailing, and work out special measures within the complex of protective measures, which create higher safety of construction in seismic regions on the projected example tailings dam of the gold ore deposit «Nezhdaninskoe», Republic Sakha of Yakutia.

Объекты промплощадки Нежданинского месторождения (золотоизвлекательная фабрика и проектируемое хвостохранилище) связаны с повышенными сейсмическим и экологическим рисками, поскольку даже незначительные землетрясения могут нарушить их нормальное функционирование. Поэтому важно определить степень сейсмической опасности объектов, и, исходя из этого, принять меры по обеспечению их сейсмобезопасности [1].

На основе данных, полученных комплексом геофизических методов определить количественные характеристики ожидаемых сейсмических воздействий методами регистрации микросейсм и сейсмических жесткостей, составить карту сейсмического микрорайонирования объектов промплощадки Нежданинского месторождения с учетом локальных условий.

Методы исследования основаны на технологической схеме, реализующей принцип комплексирования инженерно-геологических, инструментальных и расчетных методов, применяемых для построения карт сейсмического микрорайонирования и разделяются на две группы:

а) Методы, позволяющие уточнить геологическое строение участка [2]. К этой группе относятся корреляционный метод преломленных волн, дипольное электрическое

зондирование. Корреляционный метод преломленных волн позволяет определить локализацию разрывных нарушений, изучить сейсмические свойства разреза (мощность дисперсных пород, скорость распространения упругих волн) на необходимую глубину, а данные дипольного электрического зондирования используются для уточнения локализации разрывных нарушений. Наличие достаточно детальной и единообразной информации об инженерно-геологических свойствах разреза позволяет использовать для расчетов приращения сейсмической интенсивности метод сейсмических жесткостей [2].

б) Методы, данные которых используются непосредственно для расчетов прогнозируемого приращения интенсивности сейсмического воздействия. К этой группе относятся корреляционный метод преломленных волн и метод регистрации микросейсм.

На основании обобщения инженерно-геологических, геоморфологических и геофизических данных выделены однородные по реакции на сейсмические воздействия таксонометрические единицы [2,5]. В пределах каждой таксонометрической единицы произведено вычисление среднего приращения балльности по двум методам [3,4].

По результатам проведенных расчетов построена карта сейсмического микрорайонирования (рис.1.).

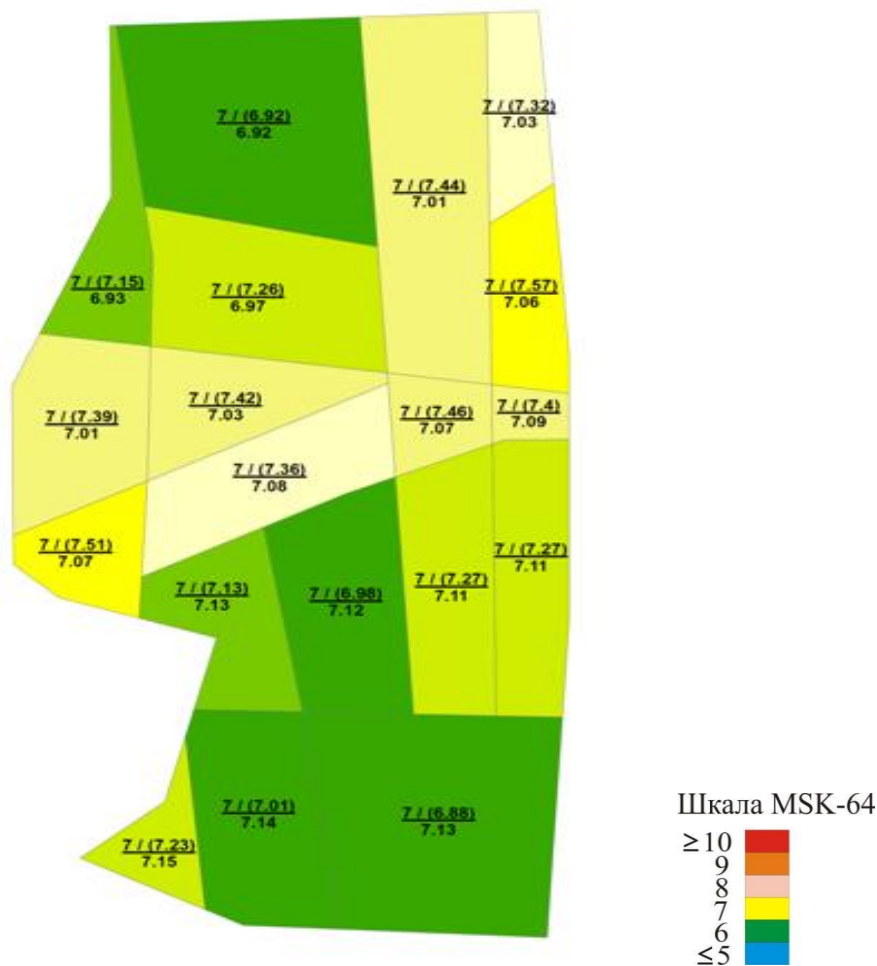


Рис.1. Карта сейсмического микрорайонирования.

На карте сейсмического микрорайонирования отображены сейсмические параметры грунтов, относящиеся к моменту проведения работ, прогнозируемые для территорий активного развития естественных или техногенных процессов, а также вероятностные количественные характеристики колебаний грунтов с указанием глубины, к которой они относятся (дневная поверхность).

Сейсмическая интенсивность в баллах указана в виде дроби:

в числителе арабскими цифрами слева – сейсмическая интенсивность, определяемая по картам ОСР-97; справа, в скобках – прогнозируемое приращение по методу сейсмических жесткостей;

в знаменателе – расчетное приращение сейсмической интенсивности (по методу регистрации микросейсм) – на дневной поверхности.

Цветовая окраска соответствует цветам карты сейсмического районирования ОСР-97.

Заключение. Крупномасштабные карты сейсмического микрорайонирования позволяют с высокой степенью детальности оценивать локальные инженерно-геологические условия и разрабатывать конкретные меры в комплексе защитных мероприятий, обеспечивающих повышение безопасности строительства в сейсмических районах [6].

Степень сейсмической опасности промплощадки (хвостохранилища и золотоизвлекательной фабрики) месторождения Нежданинское, для существующих на момент проведения изысканий грунтовых условий, оценивается в **7,16** балла (усредненный показатель) при изменении балльности по таксонометрическим единицам от **6,88** до **7,57** балла.

Учитывая степень сейсмической опасности, инженерно-геологические условия, и то, что хвостохранилище будет располагаться по уровню над площадкой золотоизвлекательной фабрики, использование наливных и намывных схем организации хвостохранилища не представляется возможным, так как высок риск возникновения гидродинамической аварии и требуется внедрение технологически сложных и дорогостоящих мероприятий [7,8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешин А.С. Сейсмическое микрорайонирование особо ответственных объектов. М.: Светоч Плюс, 2010. 304 с.
2. Алешин А.С. Никитин С.Н. Сейсмическое микрорайонирование как синтез методов инженерной геологии и геофизики. Сергеевские чтения. Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий. Выпуск 14. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (22 марта 2012 г.). - М.: РУДН, 2012. 377 с.
3. РСН 60-86 Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование: Нормы производства работ. Госстрой РСФСР. – М.: МосЦТИСИЗ Госстроя РСФСР, 1986. – 32 с..
4. РСН 65-87. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. Госстрой РСФСР. – М. МосЦТИСИЗ Госстроя РСФСР, 1987. – 26 с.
5. СНиП II-7-81. Строительные нормы и правила. Строительство в сейсмических районах. – М.: ФГУП ЦПП, 2007.
6. Методика сейсмического микрорайонирования застраиваемых (осваиваемых) территорий РСФСР с учетом региональных инженерно-сейсмологических особенностей и техногенных факторов. Госкомархстрой РСФСР, МосЦТИСИЗ. Москва. 1991 г. – 44 с.
7. Федоров А.А., Сясько А.А. Выделение опасных геологических процессов объектов производственного назначения / Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327. № 6. с. 64–70.
8. Федоров А.А., Сясько А.А., Сейсмическое микрорайонирование промплощадок месторождения Нежданинское. Известия вузов. Горный журнал. № 7, 2016, с. 81-85.

УДК 550.837.31

**МЕТОДИКИ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ ПРИ РЕШЕНИИ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

Филимончиков Александр Алексеевич

e-mail: af4990@mail.ru

*Научно-исследовательское, проектное и производственное предприятие по
природоохранной деятельности (НИИПППД) «Недра», г. Пермь, Россия
Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь,
Россия*

Аннотация. Представлены методики электроразведки постоянным током при исследовании водных переходов, оценки петрофизических характеристик дисперсных грунтов и определения величины погружения фундаментов зданий и сооружений. Приведены результаты численного и физического моделирования. Показана эффективность применения представленных методик при решении инженерно-геологических и геотехнических задач.

**DIRECT CURRENT ELECTRIC PROSPECTING TECHNIQUES IN SOLVING
ENGINEERING GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL TASKS**

Alexander Filimonchikov

e-mail: af4990@mail.ru

*Ltd «Nedra», Perm, Russia
Perm State University, Perm, Russia*

Summary. The article presents the direct current electric prospecting techniques in the study of water area, evaluation of dispersed soils petrophysical properties and determination of depth buildings and structures foundation. The results of numerical and physical modeling is given. The article shows the efficiency of using the methods in solving engineering geological and geotechnical tasks.

Инженерно-геологические и геотехнические условия играют важную роль на всех стадиях проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции и ликвидации инженерных сооружений. Знание геологических особенностей обеспечивает безопасность их функционирования. Определение инженерно-геологических условий выполняется в ходе инженерно-геологических изысканий, в состав которых входят геофизические исследования. Применение геофизических методов становится особенно актуальным при решении задач в сложных инженерно-геологических и геотехнических условиях. Обобщая опыт производственной деятельности, одними из наиболее актуальных и требующих изучения, являются исследования водных переходов, оценка петрофизических характеристик грунтов, определение величины погружения фундаментов зданий и сооружений. В статье представлены методики электроразведки постоянным током, обеспечивающие повышение оперативности, снижения рисков, уменьшения стоимости исследований при решении соответствующих задач.

Методика исследования водных переходов

Для исследования переходов сооружений через водные преграды предлагается методика электроразведочных зондирований, основанная на выполнении измерений со дна и с поверхности водоемов. Основным моментом представленной методики является ее стадийность:

- проведение наблюдений со дна и с поверхности водоема;
- введение в полевые материалы соответствующих поправок за влияние водного слоя;

–экспресс количественная интерпретация с применением аппарата 3D инверсии;
–постановка буровых работ;
–построение окончательной геоэлектрической модели среды в системе 1D интерпретации.

Теоретическое обоснование и развитие методики выполнено по результатам моделирования и опытно-методических работ. Доказано, что рассматриваемая методика позволяет повысить разрешающую способность геофизических исследований, увеличить оперативность, снизить риски и стоимость инженерных изысканий. Методика применена и отработана в ходе производственной деятельности в НИПППД «Недра» при исследовании водных переходов через реки Яйву (рис. 1, а, б), Колву, Ухту, Печору [1].

Методика оценки петрофизических характеристик образцов дисперсных грунтов

При оценке петрофизических характеристик образцов дисперсных грунтов предлагается методика лабораторного определения удельного электрического сопротивления (УЭС) с использованием микроустановки Шлюмберже. Теоретическое обоснование методики выполнено в ходе численного и физического моделирования. Получены номограммы зависимости отклонения измеряемого УЭС от геометрических размеров образцов (рис. 1, в). Изучено влияние анизотропии на результаты измерения. Опыт работ показывает, что методика позволяет оценить петрофизические характеристики парафинированных монолитов и рядовых проб без нарушения их герметичности и сплошности, а также сокращает трудозатраты как в полевых, так и в лабораторных условиях.

Рассматриваемая методика успешно применяется в рамках инженерно-геологических изысканий на этапе физико-геологического истолкования геофизических данных при решении широкого круга задач. Использование методики позволило получить распределение УЭС грунтов Пермского края, Коми республики, Тюменской области, республики Саха (Якутии), а также выполнить оценку перспективности использования грунтов в качестве различных строительных материалов для семи нефтяных месторождений: Протозановского (рис. 1, г), Тальцийского, Северо-Тамаргинского, Косухинского, Северо-Тямкинского, им. Малыка, Западно-Эпасского [2].

Методика определения величины заглубленной части фундаментов

В условиях, когда возможности прямых методов исследований ограничены, для определения величины погружения фундаментов предлагается методика электрического каротажа в параллельно пробуренной скважине. Разработка и теоретическое обоснование методики выполнена на основании результатов численного и физического моделирования. Определен вид, оптимальный размер измерительной установки, необходимое расстояние от фундамента до выработки и интерпретационные критерии в условиях однородных и двуслойных сред. В средах, близких по строению к однородным, достаточно использование трехэлектродного зонда AMN. В слоистых контрастных средах наиболее оптимальным и информативным является комбинированное электропрофилеирование встречными установками AMN и MNB. Полезный сигнал представлен максимумами графиков профилирования. Первый (основной) максимум находится непосредственно над концом сваи. Второй максимум наблюдается, если над концом сваи находится питающий электрод. Величина аномального эффекта зависит от различных факторов и составляет порядка 100% для основного максимума при удалении скважины на расстояние 0,2–0,3 длины зонда (рис. 1, д). Величина второго (дополнительного) максимума несколько меньше.

Предлагаемая методика успешно опробована на одной из крупных промышленных площадок Пермского края предприятия «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» (рис. 1, е). Согласно результатам опытно-методических работ, методика скважинных измерений позволяет определять величину заглубленной части фундаментов инженерных сооружений в условиях, когда исследование прямыми методами невозможно [3, 4].

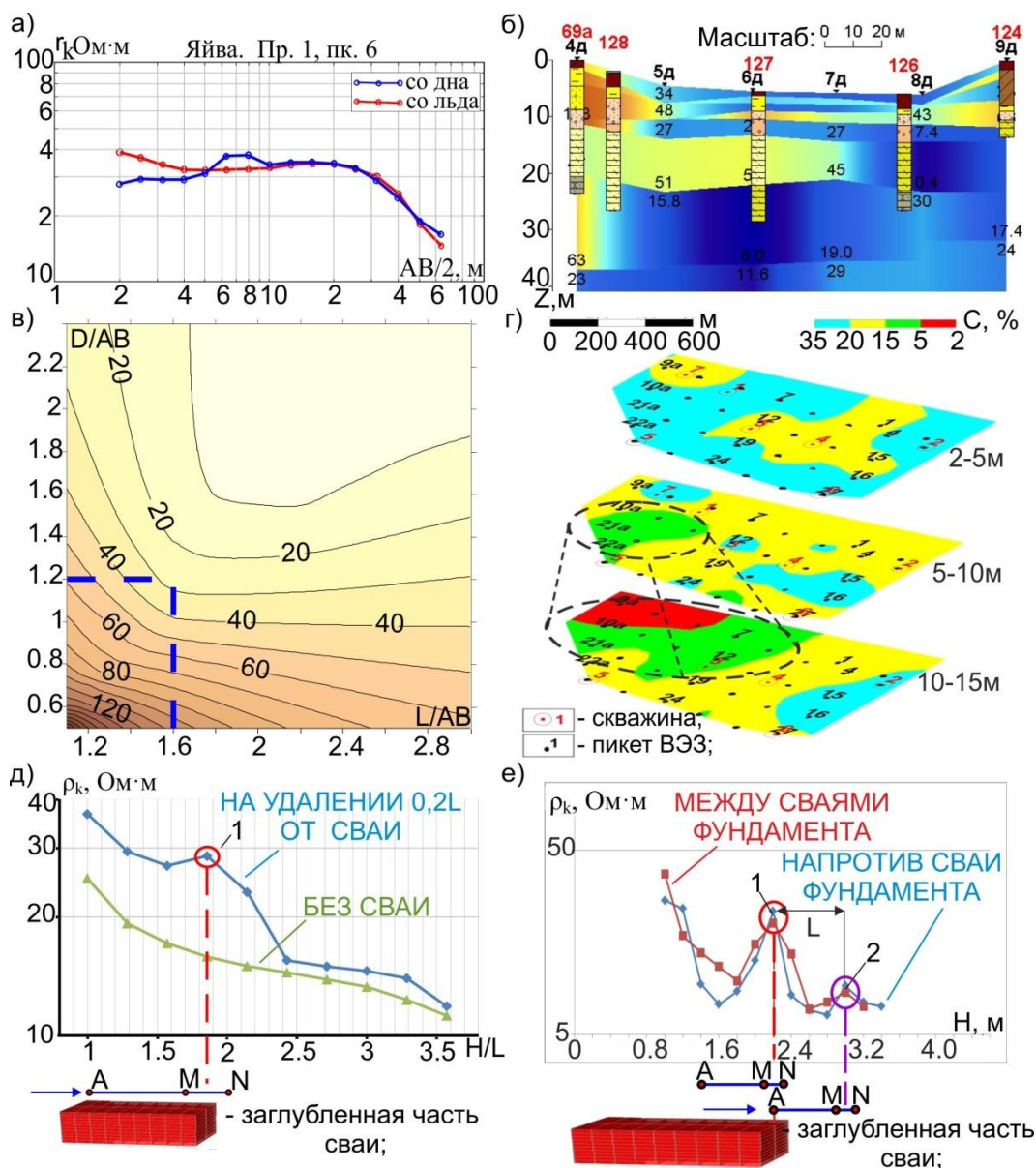


Рис. 1. Результаты исследований электроразведкой постоянным током: кривые КС – а) и геоэлектрический разрез перехода через р. Яйву – б), номограмма отклонения УЭС по результатам физического моделирования – в), карты процентного содержания глинистого материала одного из перспективных участков – г), определение глубины погружения сваи по результатам физического моделирования – д) и опытно-методических работ – е). 1 – основной максимум, 2 – дополнительный максимум, L – длина зонда

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Татаркин А.В., Филимончиков А.А. Возможности 3D-инверсии данных электрических зондирований в условиях акваторий // Геофизика. 2014. Вып. 5. С. 21-25.
2. Филимончиков А.А., Татаркин А.В., Гилева М.И. Оценка перспективности месторождений грунтовых строительных материалов методами электротометрии // Записки Горного института. 2015. Т. 212. С. 130-134.
3. Татаркин А.В., Голубев К.В., Филимончиков А.А. Определение методами электротометрии характеристик фундаментов при реконструкции и строительстве зданий и сооружений // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2013. Вып. 5. С. 30-32.
4. Филимончиков А.А. Физическое моделирование электрических полей для определения глубины залегания свайного фундамента в двухслойной среде // Геофизика. 2016. Вып. 5. С. 19-22.

УДК 550.832

ВОЗМОЖНОСТИ И ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ LWD КАВЕРНОМЕТРИЕЙ*Фролов Владимир Михайлович**e-mail: vovan-frolov@mail.ru**РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия*

Аннотация. Рассмотрены различные типы LWD каверномеров. Выделен круг задач, решаемых кавернометрией. Подтверждена надёжность определения диаметра скважин в процессе бурения. Проведён анализ данных, записанных на различных месторождениях Западной Сибири.

OPPORTUNITIES AND CHALLENGES TO BE SOLVED BY CALIPER LOGGING*Frolov Vladimir Mikhailovich**e-mail: vovan-frolov@mail.ru**Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russia*

Summary. There are considered various types of LWD calipers. The range of problems solved by caliper logging is singled out. The wells diameter determining reliability while drilling was confirmed. The data recorded at various fields in Western Siberia are analyzed.

С повсеместным распространением горизонтального бурения появились новые требования к зондам для проведения геофизических исследований скважин (ГИС). Особенно заметно это отразилось на приборах с механическими частями, так как выдвижные рычаги серьёзно повышают риск возникновения аварий в результате применения такой конструкции. Из-за этого применение “классических” каверномеров в горизонтальных скважинах невозможно.

Изменение диаметра скважины (относительно номинального), которое зависит от литолого-петрографических свойств горных пород и технологии бурения, ещё более усиливается на горизонтальных участках из-за гравитационных сил.

Кавернометрия является одним из важнейших методов ГИС, который определяет реальный текущий диаметр скважины.

По результатам анализа литературных источников и реальных скважинных данных автором установлено, что по результатам кавернометрии решаются следующие задачи:

- оценка технического состояния скважины,
- литологическое расчленение разреза,
- внесение поправок в показания методов ГИС,
- расчёт количества цемента,
- оптимизация бурового раствора,
- определение места установки пакера.

В связи с тем, что данные кавернометрии используются для внесения поправок в другие методы, они значительно влияют на достоверность данных всего комплекса исследований.

ГИС в горизонтальных скважинах проводится, как правило, в процессе бурения (LWD – Logging While Drilling). Поэтому используется более сложная аппаратура, основанная на разных физических принципах. В горизонтальных скважинах в процессе бурения применяются следующие типы каверномеров [1]: акустические, плотностные, нейтронные, резистивиметрические.

Также каверномеры могут являться частью азимутальных приборов LWD-каротажа [2], некоторые из которых позволяют получать 3D-профиль скважины.

В настоящей работе были поставлены следующие задачи:

- определение достоверности показаний каверномеров, записанных во время бурения;
- сравнение различных типов каверномеров с выявлением их достоинств и недостатков;
- выделение круга задач, решаемых по данным кавернометрии.

Для решения поставленных задач было обработано 10 скважин, в которых был записан каротаж во время бурения, пробуренных на различных месторождениях Западной Сибири.

На рисунке 1 представлены результаты записи плотностного псевдокаверномера в терригенном разрезе во время бурения и при обратной проработке. Вертикальной линией отмечен номинальный диаметр скважины. Запись каверномера при обратной проработке позволяет уточнить литологическое строение разреза. В левой колонке приведена литологическая характеристика разреза. Первоначально она была составлена по результатам интерпретации данных в процессе бурения, согласно которой разрез представлен чередованием алевролитов и песчаников.

Во всем горизонтальном интервале данной скважины наблюдается увеличение ее диаметра после шаблонировки, однако в отдельных местах происходит образование больших каверн в интервалах, выделенных прямоугольниками, которые, вероятнее всего, могли возникнуть именно в глинах. В результате по данным кавернометрии при обратной проработке было уточнено литологическое строение разреза, было установлено, что разрез представлен чередованием алевролитов, песчаников и глин. Уточненная литологическая колонка представлена в левой части рисунка 1. Подобные уточнения особенно актуальны при необходимости выбора мест установки пакеров.

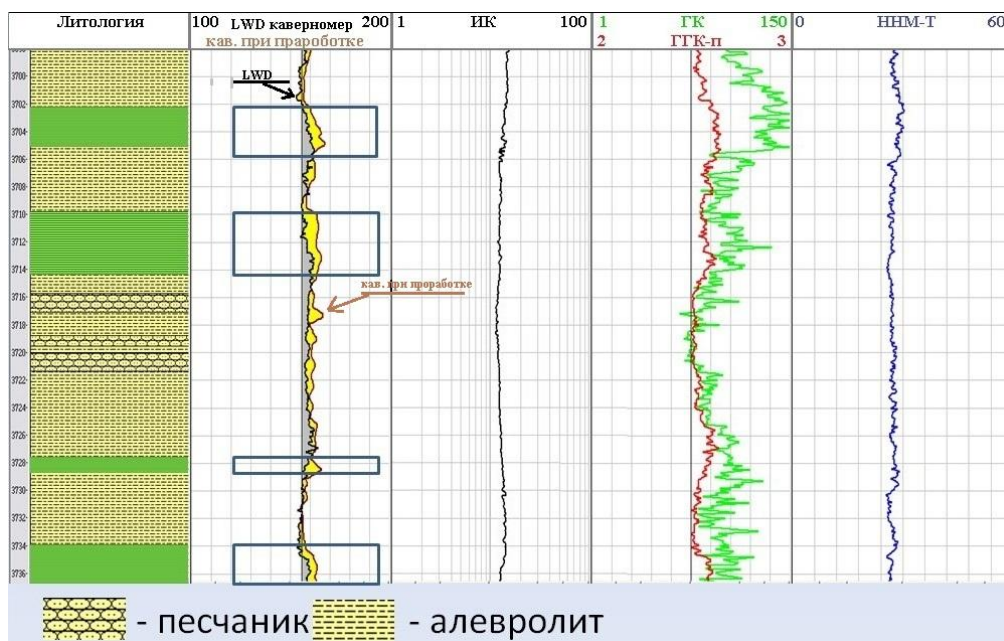


Рис.1. Уточнение литологического строения разреза по данным кавернометрии.

На рисунке 2 представлены результаты записи плотностного LWD псевдокаверномера и акустического каверномера, записанного после бурения. В интервалах 3352-3360 м и 3381-3385 м наблюдается увеличение диаметра скважины напротив плотных известняков, объясняемое разрушением породы в процессе шаблонировки скважины (так как амплитуды показаний приборов совпадают). В интервале 3362-3380 м наблюдается уменьшение диаметра скважины (становится меньше номинального) напротив коллектора, что объяснимо

нарастанием глинистой корки. Всё это в свою очередь подтверждает точность записи данных обоих приборов.

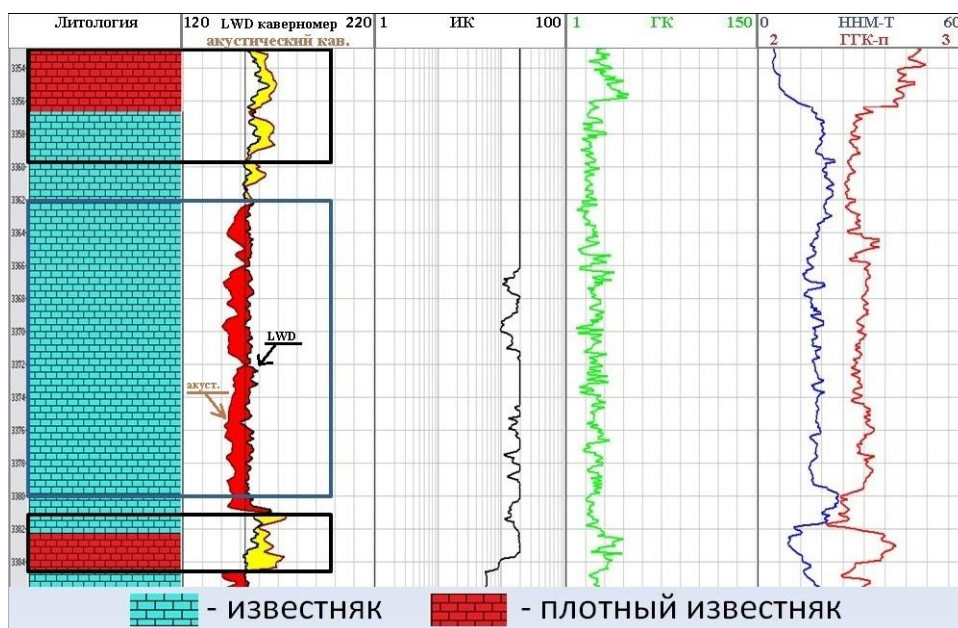


Рис.2. Изменение диаметра скважины со временем в карбонатных отложениях.

Выводы. Кавернометрия в процессе бурения даёт достоверные данные по реальному текущему диаметру скважины, необходимые для внесения поправок в показания других методов ГИС, записываемых одновременно с ней. Проведение повторной записи при обратной проработке позволяет отслеживать динамику изменения диаметра. Это даёт информацию для решения таких задач, как уточнение литологического строения разреза и получение данных для оптимизации бурового раствора, а так же ряда других.

Работа выполнена при курировании научным руководителем старшим преподавателем РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина Сребродольской Марию Андреевной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. SPWLA-2006-YYY- Caliper And Borehole Geometry Determinations From Logging While Drilling Measurements And Images Najmud Dowla (Schlumberger), John C. Rasmus (Schlumberger), Shashikant Srivastava (Schlumberger), Darwin Ellis (Schlumberger), Chuck Fulton (Schlumberger)
2. SPE 77479-MS An Integrated Caliper from Neutron, Density, and Ultrasonic Azimuthal LWD Data L. Ortenzi, SPE; M. Evans; C.J. Maeso, SPE; Schlumberger

УДК 551.3:550.3 (575.1)

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ В
ЗОНАХ ВОДОХРАНИЛИЩ УЗБЕКИСТАНА**

*Хамидов Хайрулла Лутфуллаевич¹, Артиков Фарход Рустамович²
e-mail: hayrulla_classic@mail.ru¹
Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова, Узбекистан, Ташкент*

Аннотация. В работе изложено возможности обеспечения мониторинга техногенной сейсмичности в зонах высоко плотинных водохранилищ Узбекистана. При ее создании в зонах высоких плотин Гиссаракского и Тупалангского и частично Пачкамарского водохранилищ была включена возможность слежения за уровнем техногенной сейсмичности. Проведен анализ всех доступных каталогов, содержащих сведения о сейсмичности ближних зон этих водохранилищ. Первичные результаты анализа состояния показали, что каждому пику вариации напора воды в водохранилище при его эксплуатации соответствуют землетрясения определенного класса энергии.

**PROVIDING MONITORING OF TECHNOGENIC SEISMICITY IN THE ZONE
OF THE RESERVOIRS OF UZBEKISTAN**

*Khamidov Khairulla Lutfullaevich¹, Artikov Farhod Rustamovich²
e-mail: hayrulla_classic@mail.ru¹
Institute of Seismology. G.A. Mavlyanova, Uzbekistan, Tashkent*

Summary. The work outlines the possibilities to ensure monitoring of technogenic seismicity in the zones of highly dammed reservoirs of Uzbekistan. When it was created in the zones of high dams of the Gissarak and Tupalang and partly Pachkamar reservoirs, the possibility of tracking the level of technogenic seismicity was included. An analysis of all available catalogs containing information on the seismicity of the near zones of these reservoirs was carried out. Primary results of the analysis of the state showed that for each peak the variations in the head of water in the reservoir correspond to earthquakes of a certain energy class.

В Узбекистане действуют более пятидесяти водохранилищ назначенных для разных целей экономики. Около 70% этих водохранилищ находятся в горных и высоко сейсмических зонах Узбекистана. Известно что, изменения объема воды в водохранилищах при их интенсивной эксплуатации может создать достаточно соизмеримые с очаговыми деформациями изменения напряженного состояния [1,2]. Поэтому, в зонах высоких плотин Гиссаракского и Тупалангского и частично Пачкамарского водохранилищ Узбекистана была организована основа геодинамического мониторинга, включающего возможность слежения за уровнем техногенной сейсмичности [3,4]. Основной упор сделан на организацию сейсмического мониторинга как основы оценки состояния недр [4]. В настоящем полный и признанный исторический каталог локальных землетрясений для территорий крупных водохранилищ Республики Узбекистан отсутствует. Каталог составляется для всей территории Республики Узбекистан, начиная с магнитуд $M=3$ и более. Одна из немногих попыток обобщить данные о локальной сейсмичности этих водохранилищ Узбекистана была предпринята в работах [5,6], однако, часть сведений о землетрясениях, представленных в этих каталогах, представляются спорными. Среди прочего авторами приводятся события, эпицентры которых не расположены непосредственно в ближней зоне водохранилищ, а являются лишь проявлениями крупных тектонических землетрясений, произошедших в активных сейсмических поясах Тянь-Шань-Памирского орогена. Нами проведено анализ всех доступных каталогов, содержащих сведения о сейсмичности ближних зон Гиссаракского и Тупалангского водохранилищ. Многоканальная система

сейсмомониторинга в зонах этих водохранилищ установлена базированием цифровых данных за полный рабочий период работы плотины (в разрезе годового цикла) [4]. Возможности аналитической обработки сейсмических данных с наблюдаемыми диагностическими параметрами в рамках инженерно-сейсмометрической системы наблюдений в зонах этих водохранилищ позволило, проводить предварительный анализ состояния локальной сейсмичности каждого водохранилища в отдельности при возможных режимах работы сооружения.

Гиссаракское водохранилище (Кашкадарьинская область) находится в среднем течении р. Аксу, берущее своё начало в горах на северных склонах Гиссарских горных систем. Долина реки, где расположено водохранилище, характеризуется крутыми бортами, большими уклонами русел, сравнительно малым сохранением террасовых поверхностей, слабым распространением молодых четвертичных отложений. Основание плотины Гиссаракского водохранилища расположено в едином тектоническом блоке, и в зонах сейсмичностью 7 и 8 баллов. Расстановка 24-х сейсмоприемников в этом районе проектировано таким образом, чтобы обеспечить трехмерное окружение объема пород. (рис.1). Сейсмоприемники размещены как на поверхности и на площадках уступов карьера Гиссаракского водохранилища, так и в скважинах, пробуренных за верхним контуром грунтово-насыпной плотины.



Рис. 1. Распределение землетрясений в зонах деформационного влияния водохранилищ Южного Узбекистана.

Расстояние между сейсмоприемниками в зоне плотин составляет порядка 100-200 м, при этом наблюдениями охватывается объем пород с максимальным поперечным размером 300-500м. Расстояние между региональными станциями составляло от 40 до 65км. Электрические сигналы с сейсмических датчиков поступают на регистрирующие модули

через центральные кроссы и происходит фильтрацию, оцифровку и предварительную обработку.

Тупалангское водохранилище (Сурхандарьинская область). Территория Тупалангского водохранилища расположена в южной части Гиссарского горного хребта в ближней зоне Южно-Тянь-Шанского разлома, в переходной зоне к Памирскому орогену и ограничена хребтами с запада Сурхантау и с востока Мачетли [4,6].

В качестве примера (рис.2) анализирован режим изменения объема и возможные техногенные землетрясения в ближней зоне водохранилища Гиссарак [4].

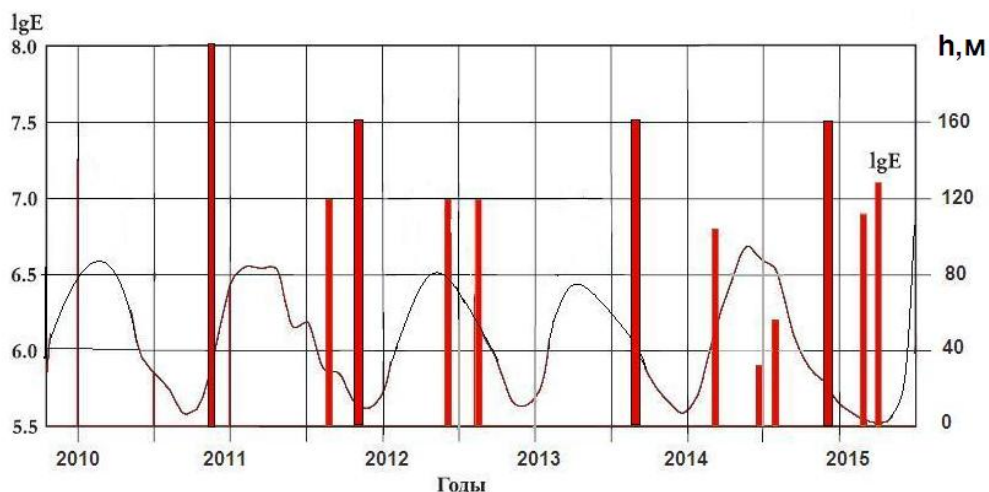


Рис.2. Усредненный эксплуатационный режим Гиссаракского водохранилища и время землетрясения с разными энергетическими классами в ближней зоне водохранилища с 2010 по 2016 год.

Красные вертикальные линии и LgE – землетрясение и его энергетический класс; кривая – изменение объема воды в водохранилищах по времени.

Созданный элемент возможности обеспечение мониторинга техногенной сейсмичности в зонах Гиссаракского и Тупалангского водохранилищ (высоко плотинных водохранилищ Узбекистана) показало, что каждому пику вариации напора соответствуют землетрясения определенного класса энергии. Если их принять как наведенной от эксплуатации водохранилища, то и распределение энергии lgE , значения суммарных сбросов напряжений от этих землетрясений $\Delta\sigma$ и вариации при этой деформаций $\delta\varepsilon$ должны быть функционально зависимыми.

Работа поддержано грантами № ФА-Ф-8-008 и №ФА-Атаб-2018-42 Агентства науки и технологий Республики Узбекистан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chopra Satinder and Marfurt Kurt Seismic Attributes – a promising aid for geologic prediction.// REC@RDER Canadian Society of Exploration Geophysicists.- 2006.- vol. 31 No. Special:<http://csegrecorder.com/articles/view/seismic-attributes-a-promising-aid-for-geologic-prediction>
2. Идармачев Ш.Г., Черкашин В.И., Мусаев М.А., Идармачев И.Ш. Оценка деформаций земной коры в районе Чирекской ГЭС в результате сезонных нагрузок от водохранилищ. // Инженерная геология.- №2.-2015.-С.52-57.
3. Kh.L. Khamidov Assessment of strain effect of strong-motion (focus) zones of earthquakes on earth's surface displacement. // J.Geodesy and Geodynamics.- China: vol.8.- N1.- 2017.-P. 34-40.
4. Хамидов Х.Л., Артиков Ф.Р. Развитие цифрового сейсмометрического наблюдения в зоне активного влияния водохранилищ Южного Узбекистана.// XVIII Уральская молодежная научная школа по геофизике - г. Перми, Россия.- 20-24 марта 2017 года.- С.233-238 (<http://pts.mi-perm.ru/conf/downloads/SbornikUYS2017.pdf>).
5. Тимбеков И.Х., Джураев Н.М., Туйчиева М.А. О достижениях комплексных инженерно-сейсмологических исследований, проведенных в районе предстоящего строительства гидротехнических сооружений в сейсмоактивных зонах Узбекистана.// Проблемы сейсмологии в Узбекистане, -Ташкент: «Янги авлод» - №3, 2006- С.54-63.
6. Зияудинов Ф.Ф., Хамидов Л.А., Артиков Ф.Р., Хамидов Х.Л., Фахридинов Ж.Ф. Результаты инженерно-сейсмометрических наблюдений в зоне Гиссаракского водохранилища.// Ж.Геология и минеральные ресурсы.- 2016.-№5.- С.58-65.

УДК 550.8.05

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ АППАРАТА ТЕОРИИ ОЦЕНОК*Ширяев Константин Николаевич**e-mail: kn.shiryayev@gmail.com**Пермский Федеральный Исследовательский Центр Уральского отделения Российской Академии Наук, Россия, г. Пермь*

Аннотация. Представлены результаты классификации данных мониторинговых электрометрических измерений. Исследования выполнены на потенциально опасных участках шахтных полей для изучения динамики возможных изменений свойств массива пород во времени.

INTERPRETATION OF ELECTRICAL SURVEY DATA BY MEANS OF THE THEORY OF ESTIMATES*Konstantin Shiryayev**e-mail: kn.shiryayev@gmail.com**Perm federal research center of the Ural office of the Russian Academy of Sciences, Russia, Perm*

Summary. The results of classification of monitoring electrometric measurements data are presented. Researches were carried out on potentially hazardous areas of mine fields to study the dynamics of possible changes in the properties of rock massif in time.

В пределах Верхнекамского месторождения солей (ВКМС) на потенциально опасных участках шахтных полей для изучения динамики возможных изменений свойств массива пород во времени регулярно выполняется геолого-геофизический мониторинг, который включает в себя электроразведочные исследования методом естественного поля (ЕП) и электропрофилирования в различных модификациях (СЭП, СГ). Основной целью электроразведочных работ является выделение и оконтуривание участков инженерно-геологических осложнений и прослеживание динамики изменения во времени характера их поведения и положения на профилях наблюдений.

Электроразведка позволяет: получить высокую детальность изучения геологической среды на сравнительно небольших глубинах; использовать облегченные измерительные установки, удешевляющие работы и дающие возможность проведения повторных наблюдений; повысить точность получаемой информации при комплексировании с другими геофизическими методами. Однако интерпретация данных электропрофилирования чаще всего основана на простейших приемах оценки глубин и размеров тел или на качественном анализе. Такой способ влечет за собой неоднозначность выводов о наличии и природе явлений, вызвавших изменения наблюдаемых параметров. Повысить достоверность интерпретации ЕП и СЭП можно путем расширения анализируемого признакового пространства за счет формальных признаков, например, статистических характеристик самих наблюдаемых параметров.

Использование статистик существенно увеличивает объем полезной информации, содержащейся в наблюдениях, а также позволяет подчеркнуть особенности изменения геополей и оценить закономерности распределения изучаемого параметра. Таким образом, появляется возможность повысить эффективность процесса геологической интерпретации и качество конечных результатов в целом. Использование процедур безэталонной классификации позволяет разбить анализируемые совокупности на однородные, по формальным математическим критериям, классы, пространственно отвечающие участкам возможных инженерно-геологических осложнений, что крайне затруднительно по

результатам только качественного анализа полевых наблюдений. Различные методы расчета статистических характеристик и классификация выполнялись программным комплексом «КОСКАД», в котором реализованы эти процедуры [4].

Для более отчетливого выделения скрытых закономерностей изменения амплитуды поля кажущегося сопротивления (КС) предварительно выполнялось быстрое вейвлет-преобразование (БВП) дискретных значений кажущегося сопротивления с помощью программы HAAR_2 [2]. В результате выполненных ранее, в том числе с участием автора, исследований [3, 6-8] был определен наиболее оптимальный набор процедур (уровень разложения сигнала, погрешность восстановления, способы и параметры расчета статистик; методы классификации), позволяющий получить наиболее достоверные и содержательные результаты интерпретации.

Автором выполнены описанные преобразования (БВП) и необходимые расчеты на потенциально опасных участках, расположенных в пределах ВКМКС. На рис.1, в качестве примера приведены результаты безэталонной классификации данных КС и ЕП за 2011, 2012, 2013 и 2016 год, полученных в районе площади Решетова г. Березники (Пермский край). На рисунке видно, что с течением времени наблюдается значительное увеличение контуров выделенных классов, что может свидетельствовать о расширении площади негативных процессов в верхней части разреза.

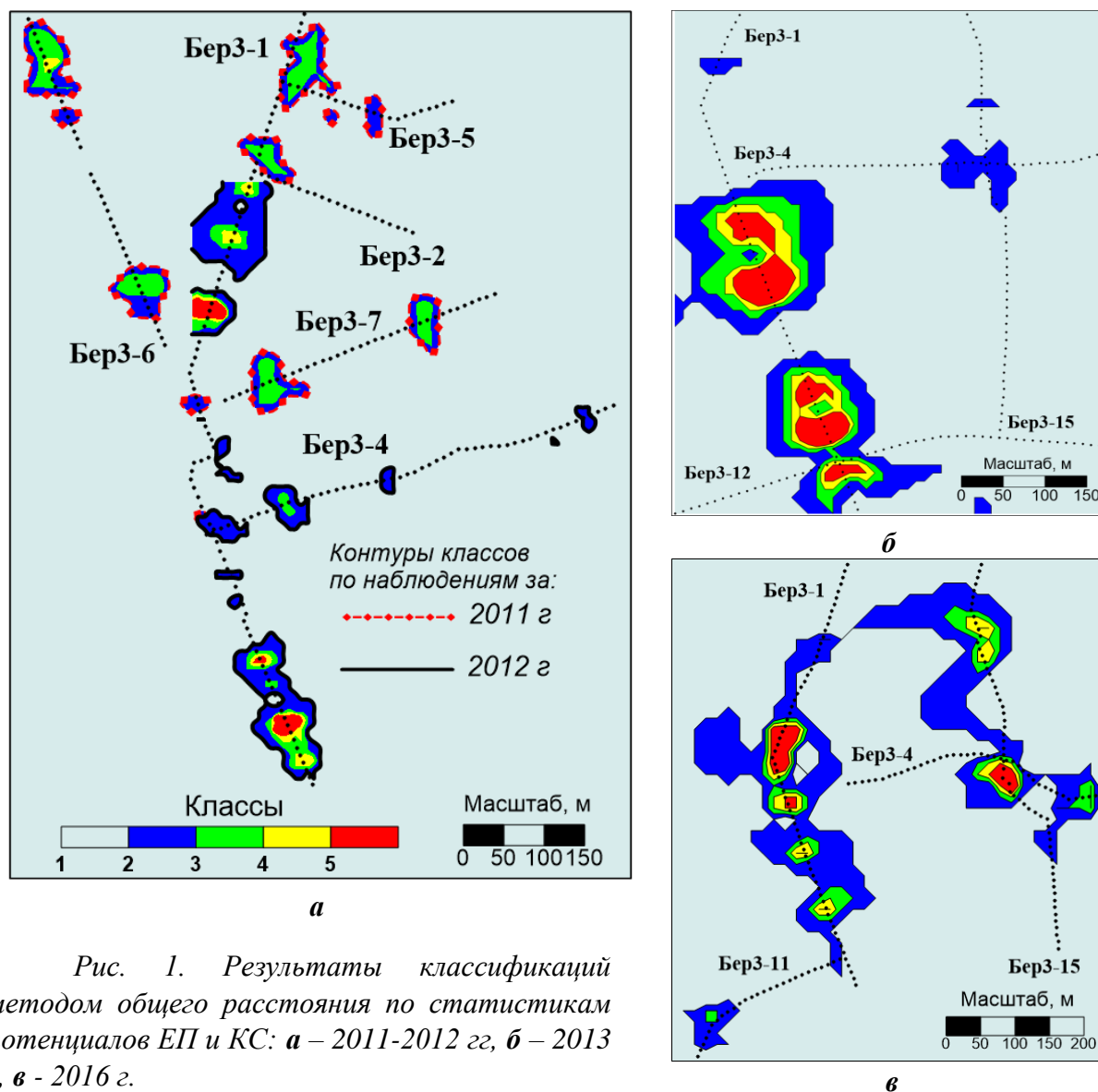


Рис. 1. Результаты классификаций методом общего расстояния по статистикам потенциалов ЕП и КС: а – 2011-2012 гг, б – 2013 г, в - 2016 г.

Пространственное положение контуров классов, на других участках, сопоставлялось с результатами сейсмических исследований и газогеохимического опробования [5]. Известно, что газогеохимическими аномалиями сопровождаются геологические структуры, а также различные осложнения строения надсоляной части разреза (зоны природно-техногенной трещиноватости), выявленные по результатам сейсмических наблюдений [1]. Отмечаются совпадения контуров выделенных классов (по данным электроразведки) с осложнениями волнового поля и контурами газогеохимических аномалий. Это можно рассматривать, как косвенное свидетельство о высокой степени достоверности выполненных преобразований.

В результате еще на ряде участков, расположенных в пределах ВКМКС, был опробован набор процедур и последовательность их применения при обработке и интерпретации данных электрометрических наблюдений, позволяющий более достоверно проводить картирование границ участков инженерно-геологических осложнений. Получены характеристики классов в пределах новых шахтных полей, что существенно дополнит уже имеющиеся данные для их анализа и определения возможности использования результатов классификаций при решении задач, поставленных перед мониторинговыми исследованиями.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-45-590046.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бачурин Б.А., Борисов А.А. Современные газогеохимические технологии контроля процессов техногенеза при освоении ресурсов Верхнекамского региона // Горный журнал. – 2013. - № 6. – С. 78-82.
2. Долгаль А.С. Построение аналитических аппроксимаций геопотенциальных полей с учетом их фрактальной структуры /Долгаль А.С., Пугин А.В. // Докл. Академии наук. 2006. Т. 410. - С. 1152–1155.
3. Паршаков Е.И., Ширяев К.Н. Использование классификаций электрометрических параметров при решении инженерно-геологических задач // Теория и практика разведочной и промысловой геофизики: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию Первой Всесоюзной геофизической конференции / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – С. 146-151.
4. Петров А.В., Юдин Д.Б., Syueli Khou. Обработка и интерпретация геофизических данных методами вероятностно-статистического подхода с использованием компьютерной технологии «КОСКАД 3D». Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 2, вып. 16. - С. 126–132.
5. Христенко Л.А., Степанов Ю.И. Электрометрические наблюдения при оценке влияния выработанного пространства недр на основание железнодорожной насыпи. Естественные и технические науки, 2014. № 7.- С. 58–62.
6. Христенко Л.А. и др. Интерпретация мониторинговых электроразведочных наблюдений при выделении участков опасных инженерно-геологических осложнений /Христенко Л.А., Степанов Ю.И., Кичигин А.В., Паршаков Е.И., Тайницкий А.А., Ширяев К.Н. // Сб. тезисов XIII-го Межд. геофизического науч.-практич. семинара Применение современных электроразведочных технологий при поисках месторождений полезных ископаемых (9-10 ноября 2016 г, С-Петербург) – С-Петербургский горный университет, 2016. – С.148-152.
7. Христенко Л.А. и др. Совершенствование интерпретации данных мониторинговых электроразведочных наблюдений с помощью аппарата теории оценок / Христенко Л.А., Степанов Ю.И., Кичигин А.В., Паршаков Е.И., Тайницкий А.А., Ширяев К.Н. // 13-я Международная научно-практическая конференция и выставка «Инженерная геофизика 2017» – Кисловодск, Россия, 24-28 апреля 2017 г. DOI: 10.3997/2214-4609.201700419.
8. Ширяев К.Н. Применение дискретного вейвлет-преобразования при интерпретации результатов электропрофилирования // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Вып. 15 / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2017. С.255-258.

УДК 551.3:550.3 (575.1)

**ОЦЕНКА СМЕЩЕНИЙ ОПОРНЫХ GPS СТАНЦИЙ БЛИЖНИХ ЗОН
КУМБЕЛЬСКОГО РАЗЛОМА ПЕРСЕКАЮЩЕЙ ЧАСТЬ
ГОРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ**

*Эргешов Ихтиёр Махкамбаевич¹, Хамидов Хайрулла Лутфуллаевич²
e-mail: i.ergeshov@gkmm.uz¹, hayrulla_classic@mail.ru²
Национальный Центр геодезии и картографии РУз¹
Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова, Узбекистан, Ташкент²*

Аннотация. В работе излагается оценки смещений опорных GPS станций ближних зон Кумбельского разлома пересекающей Чаткальскую зону гор Тянь-Шаня. Для определения параметров движения YNGB (Янгибазар) использован набор опорных станций по SAMR (Самарканд), TASH (Ташкент) и FERG (Фергана). Показано, что для численной оценки амплитуд смещений пред сейсмического и после сейсмического сигналов можно выбрать базовые временные GPS интервалы на каждом графике, до или после сигнала соответственно.

**EVALUATION OF OFFSETS OF SUPPORT GPS STATIONS OF THE MIDDLE ZONES
OF THE KUMBELIAN RIDGE CROSSING PART MINING TIEN SHAN**

*Ergeshov Ikhtiyor Makhkambaevich¹, Khamidov Khairulla Lutfullaevich²
e-mail: i.ergeshov@gkmm.uz¹, hayrulla_classic@mail.ru²
National Center for Geodesy and Cartography of the Republic of Uzbekistan¹
Institute of Seismology. G.A. Mavlyanova, Uzbekistan, Tashkent²*

Summary. The work outlines estimates of the shifts in the reference GPS stations of the near zones of the Kumbel faults, which suppresses the Chatkal zone of the Tyan-Shan mountains. To determine the YNGB (Yangibazar) motion parameters, a set of reference stations was used for SAMR (Samarkand), TASH (Tashkent), and FERG (Fergana). It was shown that for basic estimation of displacement amplitudes before seismic and after seismic signals, the basic time GPS intervals on each graph, before or after the signal, respectively.

Геодезии принадлежит важная роль в организации слежения за изменениями деформаций поверхности Земли в предсейсмических периодах. Методами геодезии производятся измерения за изменением во времени географических координат поверхности Земли и GPS измерениями положения точек земной поверхности в реальном временном масштабе определяются смещения. Как показано исследованиями В.К. Панкрушина, С.Н. Ушакова [1,2] слежение за положением объектов, а также наблюдения за их движением производится сложными динамическими системами.

В исследования А.Ж. Бибосинова, А.В. Земцова показано, что высокоточные спутниковые наблюдения с целью изучения геодинамического состояния коры и ее верхних частей необходимы для сейсмоопасных территорий, так как предлагаемая технология позволит более достоверно вести непрерывные наблюдения современных движений и рассчитывать временной ход сопровождающих их деформационных проявлений [3,4].

В данной работе нами излагается оценки смещений опорных GPS станций ближних зон Кумбельского разлома срединного Тянь-Шаня. При более большом масштабе часть зоны Чаркальской горной зоны, где находится Кумбельский разлом срединного Тянь-Шаня территориально разделяется на Ташкентский и Приташкентский участок с северной части, примыкающая к нему Наманган-Ферганский участок с восточной части и Ташкент-

Самарканд-Китабский с юго-западной части. Для кинематического анализа приведенных различий скоростей движение всех использованных станций соотнесено с движением Западно-Чаткальской периферийной зоне представленной станцией YNGB (Янгибазар) [5]. Для определения параметров движения YNGB (Янгибазар) использован набор опорных станций по SAMR (Самарканд), TASH (Ташкент) и FERG (Фергана), согласно схеме их расположения из [5].

Изменения координат для станций сети NAMG (Наманган), TASH, FERG, YNGB и SAMR имеют схожий характер (рис.1). В то же время станции внутреннего поля Ферганской долины, а так же станция YNGB при совмещении, характеризуются избыточными значениями скоростей 1–2 мм/год по отношению к расчетным значениям, вытекающим из принятой модели движения.

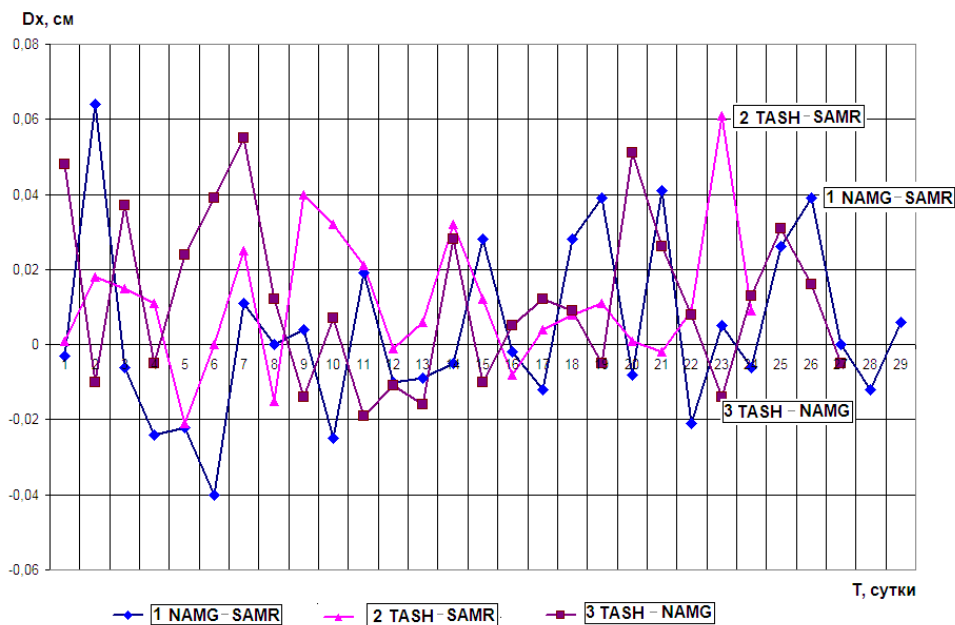


Рис. 1. Сопоставление суточных данных за месяц D_x компоненты GPS записей на станциях Ташкент, Наманган и Самарканд.

Станции NAMG и FERG располагаются в пределах южной части Кумбельского разлома, примыкая к внутренней зоне Ферганской долины. Их часть приурочено к тектоническим разломам северного сектора Ферганской долины. В переходе к Приташкентской зоны в левом борту разломов восточной части Чаткальского хребта установлена опорная GPS станция YNGB. Компоненты вне фоновых горизонтальные движений по границе области южной части Кумбельского разлома (Ферганская долина) относительно северной ее части обуславливают повышенной сейсмической и тектонической активностью переходной зоны (по рис. 2 компоненты D_x , D_y и Z).

Визуальное рассмотрение временных рядов данных показывает ряд характерных черт. Некоторые из них как в [6] можно относительно надежно идентифицировать как технологические ошибки или искажения, другие явно представляют собой реальные относительные движения станций, а некоторые нельзя классифицировать надежно, или же они являются смесью обоих типов.

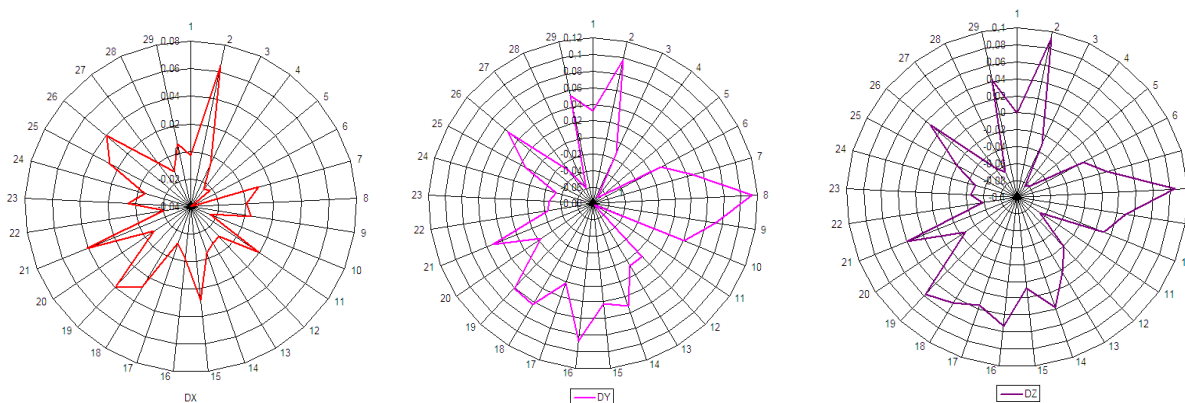


Рис. 2. Данные отличия, проявляющиеся в виде остаточных смещений пунктов GPS.

Для NAMG, FERG можно выбрать приблизительно 20-дневную длительность предсейсмического сигнала. В то же время для TASH и YNGB можно выбрать для после сейсмического сигнала длительность порядка 25 дней.

Тем не менее, можно полагать, что выбранный вариант (общий для всех станций) является приемлемым. Для численной оценки амплитуд пред сейсмического и после сейсмического сигналов можно выбрать базовые временные интервалы на каждом графике, до или после сигнала соответственно.

Работа поддержано грантами № ФА-Ф-8-008 и №ФА-Атаб-2018-42 Агентства науки и технологий Республики Узбекистан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панкрушин В.К. Геодинамические аспекты кадастра // Вестник Сибирской государственной геодезической академии, вып. 2. Новосибирск: 1997. - С. 11-21.
2. Ушаков С.Н. Состояние и перспективы развития ГИС // Основные тенденции развития и внедрения автоматизированных информационных систем. Информ. сб./ М.: ЦНИИГАиК, 1994. - С. 1-7.
3. Бибосинов А.Ж., Шигаев Д.Т., Калдыбаев А.А., Нуракинов С.М., Мамырбек Г.Б. К вопросу создания геоинформационной системы для оценки геодинамического состояния территории Казахстана. // Актуальные проблемы науки XXI века. - 1 часть, Москва: "Cognitio». -2016.-С.17-21.
4. Земцова А.В., Байгурин Ж.Д. О развитии геодезических работ на геодинамических прогностических полигонах. <https://cyberleninka.ru/article/v/o-razvitii-geodezicheskikh-rabot-na-geodinamicheskikh-prognosticheskikh-poligonah-v-respublike-kazahstan>
5. Хамидов Л.А., Эргешов И.М., Махкамов С.М., Хамидов Х.Л. Оценки современных смещений центральной части Ферганской долины.// XVIII Уральская молодежная научная школа по геофизике - г. Перми, Россия.- 20-24 марта 2017 года.- С.228-233.
6. Гордеев Е.И., Левин В.Е., Бахтияров В.Ф., Гусев А.А., Павлов В.М., Чебров В.Н., Касахара М. Предварительный анализ перемещений станций GPS на Камчатке: скорости плит и геодезический предвестников./ <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=60502>.

ЛЕКЦИИ

**РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ
ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН В ООО ПЕРМСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР «ГЕОФИЗИКА»**

Губина Августа Ивановна

д. г.-м.н., профессор кафедры геофизики,

Пермский государственный национальный исследовательский университет,

главный геолог ООО «ПИТЦ «Геофизика», gubinaai@pitc.pnsh.ru

ООО «ПИТЦ «Геофизика» - одно из наиболее динамично развивающихся предприятий НЕФТЬ-СЕРВИС Холдинга (NSX) в Пермском крае, которое создано 20 лет назад. На предприятии работает более 1000 человек. Высокий научно-технический потенциал коллектива позволяет успешно внедрять в производство современную геофизическую аппаратуру. Зарубежные санкции, а также контрсанкции со стороны России (импортозамещение) явились стимулом роста и развития российской геофизики. Благодаря широкому ассортименту предлагаемой российской геофизической аппаратуры в компании ООО ПИТЦ «Геофизика» успешно проводятся исследования и оказываются сервисные услуги в следующих направлениях:

- информационное сопровождение проводки горизонтальных и наклонно-направленных скважин;
- геофизические исследования в открытом стволе малого диаметра;
- электромагнитные методы при бурении скважин на нефтяной основе;
- акустические методы для исследования открытого ствола и обсаженных скважин различного диаметра, контроль качества гидроразрыва пласта;
- радиоактивные методы для изучения геологического разреза скважин и контроля нефтегазонасыщенности;
- контроль технического состояния колонн и качества цементирования скважин;
- построение и уточнения моделей геологического строения нефтяных месторождений;
- прямые методы исследования скважин аппаратурой на кабеле (опробование пластов, вторичное вскрытие пластов сверлящими перфораторами);
- оптоволоконные технологии;
- технологии для исследования трудноизвлекаемых запасов (доманикиты).

Информационное сопровождение проводки горизонтальных и наклонно-направленных скважин проводится партиями геолого-технологического контроля и использования телеметрических систем. На данный момент запланированы опытные работы универсальной телесистемой LWDVector (ООО НПФ «Геофизика» г.Уфа), а также совместная разработка и доводка телесистемы КарСарLWD (ООО «КарСар» г.Саратов). LWDVector азимутально ненаправленная, включает телеметрию, КС (резистивиметр), ГК, ННКт. КарСарLWD азимутально направленная, включает телеметрию, КС (резистивиметр), ГК, ННКт, ГГКп.

Телесистема обладает высокой точностью измерения инклинометрических параметров, она надежна в эксплуатации и может дополнительно оснащаться различными модулями ГИС, что повышает эффективность оперативного управления троектории скважины на основе геофизической информации.

Геофизические исследования в открытом стволе малого диаметра проводят сборкой приборов малого диаметра (стандартный комплекс+ SGK+ЛПК+АК-профилимер+ЭМС-80). В 2017 году были проведены опытные работы на 5 скважинах методом многозондового бокового каротажа (МНБК) с использованием аппаратуры КарСар 5БК73. Данный метод позволяет получать данные по сопротивлению пласта и зоны проникновения, диаметр зоны проникновения, а также радиальные развертки распределения

сопротивлений (полученные по данным 5 зондов). На данном этапе проводится доработка программного обеспечения для обработки данных КарСар 5БК73.

Электромагнитные методы(MFDI+МИК)используютсядля определения характера насыщения*при бурении скважин на нефтяной основе ив условиях пресноводного заводнения*, где стандартные методы ЭК не эффективны. Комплекс электромагнитных методов включает диэлектрическую интроскопию скважин (MFDI) и многозондовый индукционный каротажа, которые позволяют:

- разделять электрически однородные по латерали пласты и пласты с зоной проникновения, определять УЭС неизменной части и зоны проникновения;
- рассчитывать диэлектрическую проницаемость;
- определять продольное и поперечное УЭС неизменной части пласта при любых углах наклона скважины и проводить оценку коэффициента ортотропии непроницаемых пластов и пластов с неглубокой зоной проникновения.

Скважинная измерительная система (MFDI), позволяет определять обе электрические характеристики пород (ρ и ϵ). Записи производятся на нескольких частотах за один спуск-подъем и на двух разных частотах для уменьшения времени исследования. Диапазон измерения сопротивлений 0-2500 Ом*м, рабочие частоты 1.25-50МГц, шаг поточечный 0.5м. На рис.1 представлен пример определения насыщения пластов комплексом MFDI+МИК (на растворе типа ИЭР).

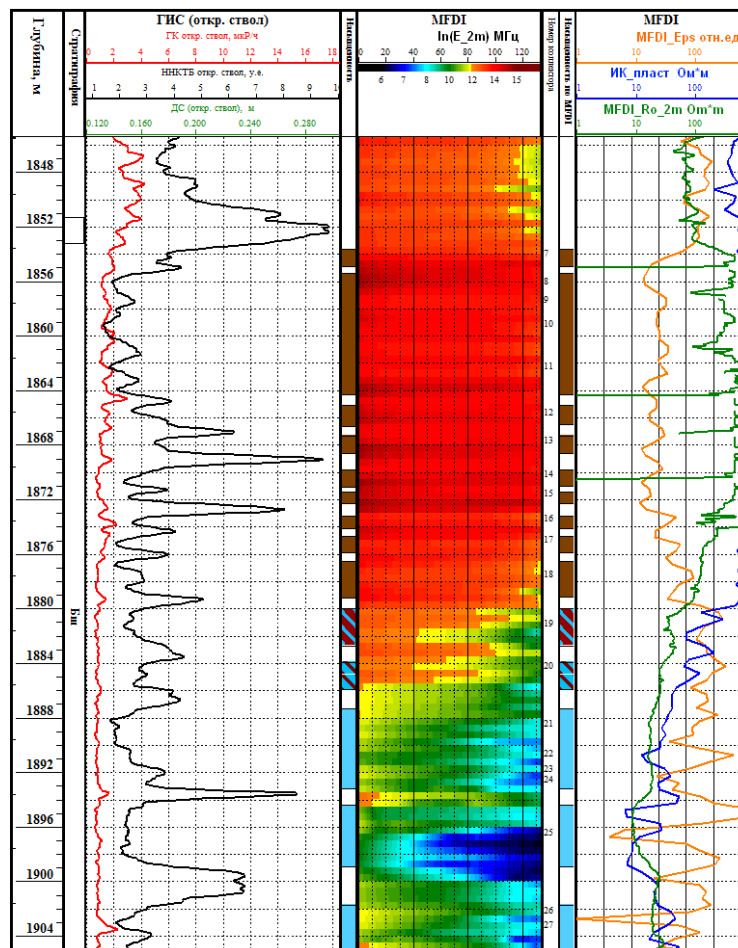


Рис.1. Определение насыщения пластов в карбонатных отложениях комплексом MFDI+МИК (на растворе типа ИЭР)

Акустические методы для исследования открытого ствола и обсаженных скважин различного диаметраиспользуют приборы различной модификации, отличающиеся количеством зондов и используемой частотой излучения. Одним из прямых

способов изучения геологического разреза скважин является скважинный акустический телевизор (САС-90). Метод проводится в комплексе с другими геофизическими методами с целью детального визуального изучения строения проходимых скважиной пород. Для построения изображения используются время прихода волны и ее амплитуда, при этом участкам с сильным поглощением акустического сигнала (трещины, глины) соответствуют темные интервалы на снимках САС. В аппаратуре САС-90 вертикальное разрешение 3мм, ограничение по углу наклона скважины до 35°, промывочная жидкость не должна содержать шлам, пузырьки, нерастворимые примеси. САС может быть проведен совместно с методом акустической шумометрии (ШС), что позволит непосредственно на скважине по САС определить интервалы с трещинами, а по ШС определить шум от матрицы породы в глубине. Комплекс может быть дополнен ГДК-ОПК в открытом стволе для оценки характера отдачи трещин, рекомендованных САС+ШС.

При проведении **многочастотного волнового каротажа ВАК-Д** измеряют параметры распространения основных упругих волн (продольной –Р, поперечной –S (в т.ч. по дипольным зондам), волны Стоунли –St) на разных частотах в скважинах с открытым стволом и обсаженных (диаметр 120÷300мм). Основные решаемые задачи (рис. 2):

- определение физико-механических свойств горных пород (в комплексе с ГГКп);
- определение акустической анизотропии, связанной с трещиноватостью и слоистостью (получение быстрой –Sfastи медленной-Sslow волн по данным дипольных и кросс-дипольных зондов, количественная оценка анизотропии, построение карты анизотропии);
- оценка проницаемости пород (по параметрам волны Стоунли).

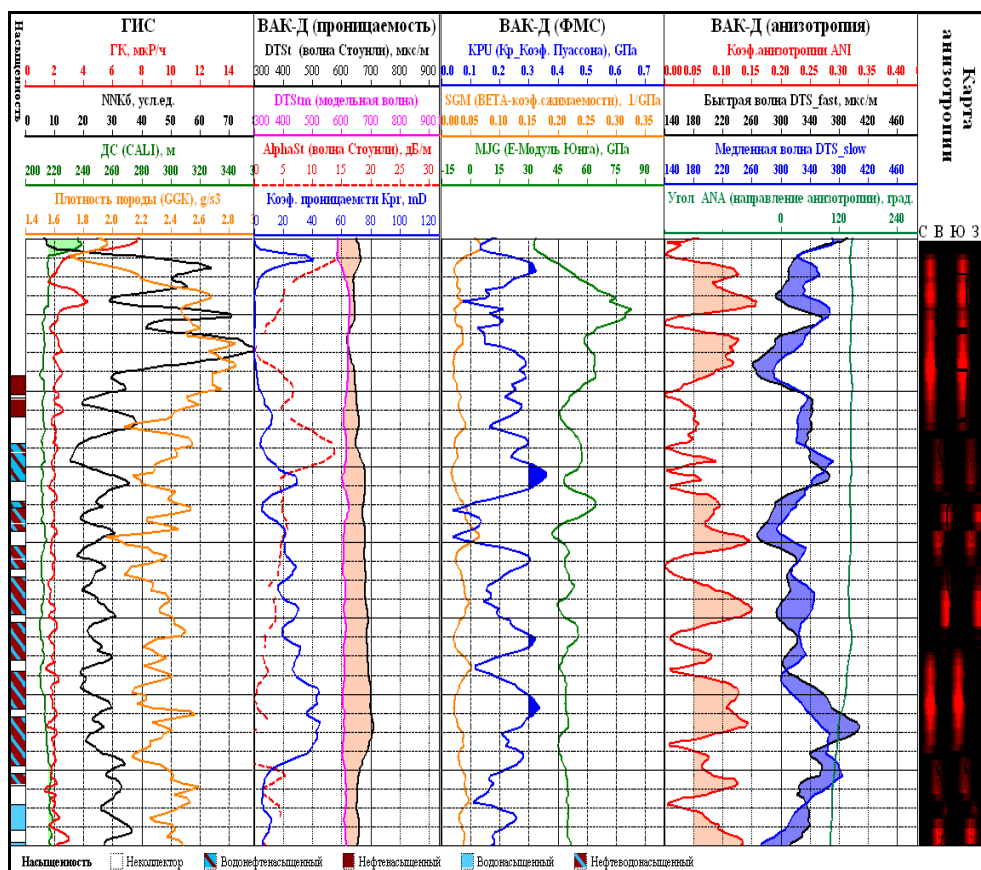


Рис.2. Результаты исследований методом ВАК-Д для определения ФМС, проницаемости и анизотропии горных пород

Наиболее широко метод ВАК-Д применяется для контроля качества гидроразрыва пласта (ГРП). При этом проводятся два замера до и после проведения ГРП. По результатам обработки определяют изменение параметров ФЕС и направление трещин.

Одной из важных задач является контроль технического состояния колонн, качества цементирования. Помимо стандартного комплекса АКЦ+СГДТ+ЭМДСТ применяют акустическую цементометрию сканирующую (АКЦ-С) и каверномеры (типа КВ-40, КВ-24). Для скважин малого диаметра и «хвостовиков» (для диаметров 89-154мм) применяется аппаратура МАК-4СК – измеряет качество сцепления цемента в радиальном направлении по периферии обсадной колонны, а также проводит традиционное измерение АКЦ. В скважинах диаметром 128-160мм применяется отечественная аппаратура КарСар 8АЦ90. Перспективы развития данного направления связывают с новой отечественной разработкой КарСар 6АЦ-43ШС, включающей широкополосные зонды шумометрии.

В области контроля за разработкой одной из наиболее актуальных является оптоволоконная технология мониторинга скважин. Данная технология позволяет:

- определить работающие интервалы на разных режимах и этапах работы скважины;
- распределить дебит по работающим интервалам;
- выделить, при определенных режимах, интервалы поступления воды и газа;
- определить динамический уровень (при этом оптимальный режим работы насоса может быть подобран путем задания динамического уровня и подбором частоты работы);
- фиксировать и предотвращать работу ЭЦН в «экстремальных» режимах;
- комплексирование с методами ГДИС позволило решать задачу профиля притока более достоверно.

Запланировано развитие оптоволоконной технологии в направлениях комплектования мониторинга с вторичным вскрытием под насос, создание технологии скважинной шумометрии с использованием оптоволоконного кабеля, комплектование оптоволоконного кабеля распределенными датчиками состава и распределенными нагревателями (для более точного определения дебита), создание системы сбора и передачи информации с манометров и оптоволоконного кабеля в центр принятия решения, создание технологии оперативной автоматизированной интерпретации.

Большое значение для изучения геологического разреза скважин, в частности, при контроле за разработкой имеют радиоактивные методы: СГК, ЛПК, импульсный нейтрон-нейтронный каротаж (ИННК). АИНК-43-600 – новое поколение аппаратуры. Благодаря увеличенному ресурсу нейтронного генератора (ИНГ-08) повышается стабильность нейтронного потока и высокая точность измерения параметров. Данная аппаратура предназначена для геофизического исследования методом двухзондового ИННК в необсаженных и обсаженных скважинах и оборудованными НКТ, с проходным отверстием от 50мм и более, глубиной до 7000м.

Для построения и уточнения моделей геологического строения нефтяных месторождений используются данные ЭМС. Данный метод позволяет:

- проводить структурный анализ месторождений через определение угла и азимута наклона пласта в районе пересечения его со скважиной, что позволяет снизить риски при бурении скважин и оперативном планировании разработки месторождения;
- определять фациальную принадлежность пород (текстурные и структурные особенности коллекторов, направление палеотечений);
- выделять дополнительные коллекторы, не определяемые по стандартному каротажу, на основании имиджа ЭМС;
- проводить пространственную ориентировку образцов керн, пространственное положение и тип трещин;
- определять параметры трещин и вычислять коэффициент охвата трещиноватостью.

Скважинный прибор КарСар МС-110 является единственным российским электрическим микросканером, который имеет 160 электродов диаметром 5мм, расположенных в шахматном порядке в два ряда, что обеспечивает разрешающую

способность по вертикали 1мм и горизонтали 2.5мм. Диапазон измерения сопротивления 0.2-5000 Ом*м. По результатам обработки получаем развертки: статический и динамический имиджи. На рис.3 представлен пример выделения и определения углов наклона и азимутов падения трещин.

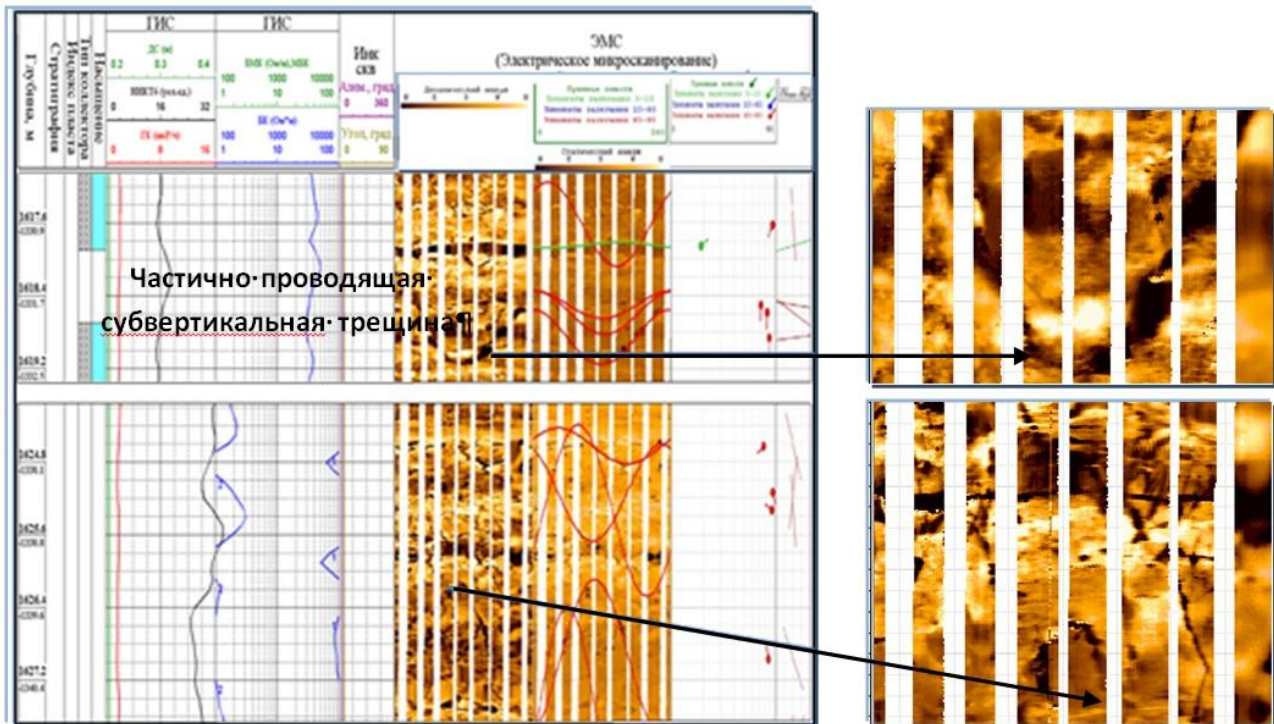


Рис.3. Выделение интервалов трещиноватости в карбонатном разрезе

В 2018 году запланированы работы новой модификацией отечественного прибора КарСар МС-80 для исследования скважин малого диаметра. Также в комплекс по решению задач наклонотрии и оценки трещиноватости входят САС и ВАК-Д.

Вопрос поиска и разработки месторождений нефти и газа с нетрадиционными типами коллекторов был и остается актуальным. Одним из объектов нетрадиционных трудно извлекаемых запасов в Волго-Уральском регионе являются карбонатные породы, обогащенные органическим веществом (ОВ), известные как доманикиты или доманикоиды (Привалов, 2016). Для повышения достоверности поиска и оценки резервуаров данного возраста необходимо совершенствовать комплекс промыслово-геофизических методов с учетом специфических особенностей этих пород (Зайдельсон, 1990), а также изучать петрофизические связи с коллекторскими свойствами.

Рассмотрим примеры исследований в интервале доманиковых отложений на территории Пермского Прикамья стандартным комплексом с анализом керна и дополнительными методами (рис.4,5).

Скв.2** Андреевского месторождения эксплуатационная, диаметр 216мм, тип раствора инвертно-эмульсионный (ИЭБР). По результатам геолого-технологических исследований (ГТИ) и отбора керна (2261-2282м) выделены интервалы битуминозных пород, интервалы с остатками фауны и выпотами нефти. Карбонатность увеличивается в интервале с глубиной от 53.5 до 96.7%. Открытая пористость в известняках от 0.62 до 2.16%. Проницаемость параллельная от 0.01 до 1.38мД (единичные интервалы до 10.8 мД). Объемная плотность от 2.05г/см³ в глинистых разностях до 2.56г/см³ в крепких известняках.

На рис.5 представлены результаты исследований комплексом ГИС. Интервал D3dm характеризуется высокими показаниями ГК и пониженными значениями НК. Показания АК (интервальное время DTP) коррелируются с НК.кп~30% по зависимости для известняков, без учета поправки за глинистость (т.к. высокие показания ГК обусловлены в основном битуминозностью). По показаниям многозондового индукционного каротажа (МИК) удельное электрическое сопротивление (УЭС) в ограничении до 1900 Ом, кривая не дифференцирована, значения проводимостей по пяти зондам очень низкие, установлена битуминозность по керну. По кавернометрии (ДС) диаметр скважины номинальный. По соседним скважинам Андреевской площади наблюдаются аналогичные результаты по ГИС. Также были проведены испытания пластов (ИПТ) в скв.2**, в интервале 2240.0-2292.0м получен приток, на выходе фильтрат бурового раствора дебитом $0.02\text{ м}^3/\text{сут}$, что указывает на низкую проницаемость пород.

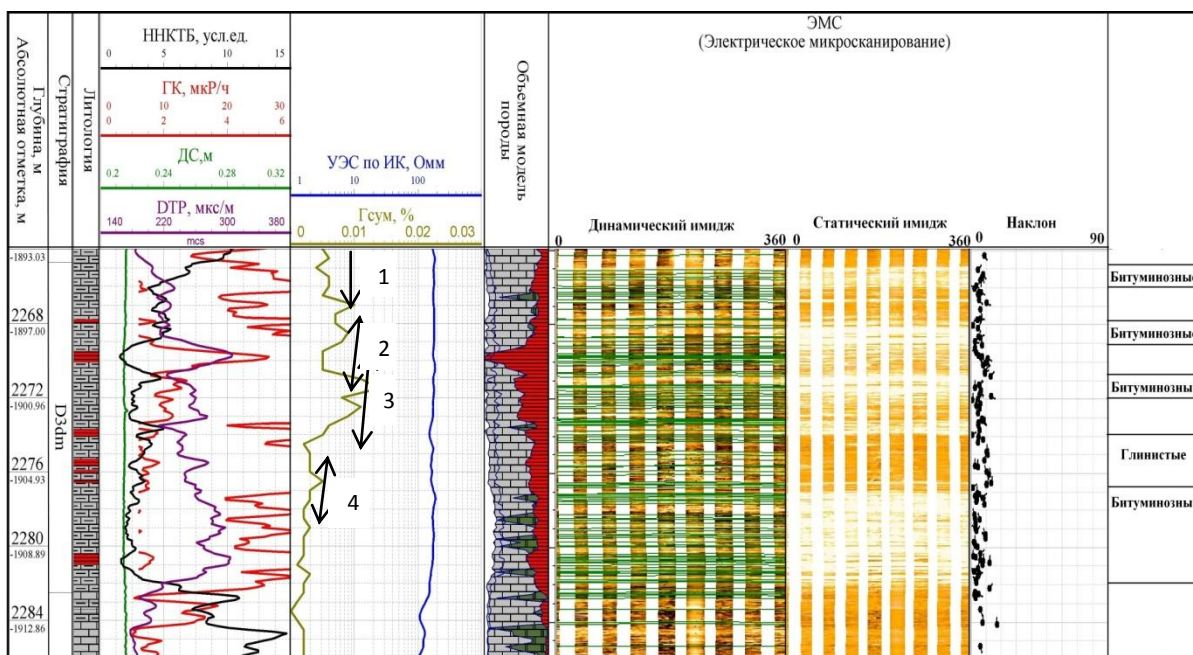


Рис.4. Керн по скв.2** Андреевской 2261.0-2282.0м

По данным дополнительно проведенного электрического микросканирования ЭМС трещин не выявлено. Выделяются пласты очень высокого сопротивления (светлым – битуминозные) и пропластки более низкого сопротивления (темным – глины).

Для дополнения информации рекомендуется включать в комплекс метод многочастотной диэлектрической интроскопии (MFDI) для уточнения УЭС при работах на растворах типа ИЭР. А также спектральный гамма-каротаж (СГК), для уточнения по урану битуминозности пород.

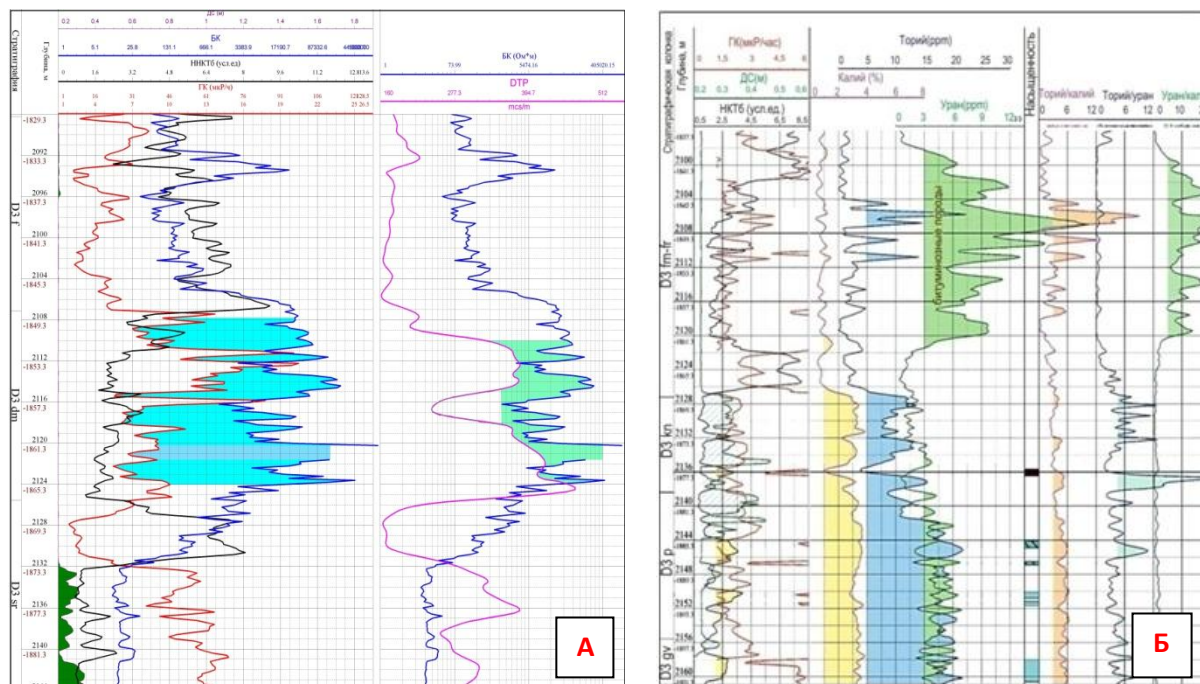


Рис.5. Нормализация кривых ГИС(ГК-БК, БК-АК) - А; данные СГК - Б

На рис.5, А представлены результаты нормализации кривых ГИС гамма-каротажа и бокового каротажа, бокового каротажа и акустического с целью выделения битуминозных интервалов по скв.3 Хатымской площади. На рис.5, Б битуминозный интервал выделен по данным СГК (по урану).

По результатам рассмотренных исследований, с учетом особенностей отложений D3dm, рекомендуется включить в комплекс ГИС для исследования доманиковых отложений следующие методы:

- стандартный комплекс ГИС и ГТИ (с учетом бурения на ИЭБР/ББР);
- комплекс радиоактивных методов СГК (Компакт ГС)+ЛПК(КарСар ЛК73): определение/уточнение минерального состава, ФЕС горных пород, уточнение пористости;
- комплекс электрических и электромагнитных методов MFDI(ДИМЧ-2L), МИК(КарСар 5ИК73),5БК (КарСар 5БК73): исследование высокоомных разрезов;
- акустические методы ВАК-Д(АВАК-11, КарСар 8АД73)- определение акустической анизотропии, выявления зон трещиноватости, ФМС, анализ хрупкости пород;
- комплекс сканирующих методов САС(САС-90)+ЭМС(КарСар МС-110) - развертка стенки скважины, оценка трещиноватости;
- ядерно-магнитные методы ЯМК – оценка эффективной пористости (наличие вязкой нефти);
- отбор керна, испытания.

Комплексирование методов, имеющих различные физические основы (электрических, акустических, радиоактивных методов), позволяет повысить точность результатов. В настоящее время с учетом налоговых льгот, предоставляемых государством, добыча нефти из доманиковых отложений может быть вполне рентабельной (Хисамов, 2017). По оценке ВНИГНИ (2011г.) технологически извлекаемые ресурсы нефти доманиковых отложений Волго-Уральской и Тимано-Печорской нефтегазоносных провинций составляют около 898 млн т. На Пермский край приходится около 15% ресурсов нефти D3dm Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

Опыт соседних регионов (Республики Татарстан, Удмуртия), зарубежные исследования, а также возможности методов позволяют сделать выводы о перспективах работ в доманиковых отложениях Пермского Прикамья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайдельсон М.С., Суриков Е.Я., Казьмин Л.Л., Вайнбаум С.Я., Семенова Е.Г. (ВО ИГиРГИ) Особенности генерации, миграции и аккумуляции УВ доманиковых формаций // Геология нефти и газа, 1990. №6.
2. Привалов О.Р., Бурикова Т.В., Лутфурахманова А.Р. (ООО «БашНИПИнефть») Анализ комплекса ГИС для нетрадиционных коллекторов Волго-Уральской провинции (на примере доманиковых отложений) // Материалы IX Российско-Китайского научного симпозиума «Новые техника и технологии ГИС в нефтегазовой промышленности», 19-23 сентября 2016г., г.Санкт-Петербург.

**ПОСТРОЕНИЕ ПЛОТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ
НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Мартышко Петр Сергеевич

*д.ф.-м.н., член.-корр. РАН, зав. лабораторией математической геофизики
Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

Аннотация. В лекции рассматриваются методы комплексной интерпретации геофизических данных. На основе новых сеточных алгоритмов разработан метод интерпретации гравитационных полей. Разработаны оригинальные высокоэффективные алгоритмы «быстрого» решения прямой задачи гравиметрии на сетках больших размерностей, которые применены для успешной реализации функциональных и итерационных схем решения линейных и нелинейных обратных задач. Предложена оригинальная методика послойной коррекции плотности в неоднородном параллелепипеде. По результатам комплексной интерпретации сейсмических, гравитационных и магнитных данных созданы трехмерные модели распределения плотности и намагниченности верхней части литосферы и построены карты блочного строения земной коры приарктической части Урала и сопредельных регионов.

Интерпретация геофизических данных является важным этапом при исследовании внутреннего строения Земли и решении задач разведочной геофизики. Геолого-геофизические модели глубинного строения земной коры и верхней мантии (верхней части литосферы) являются итоговым результатом комплексной интерпретации всех имеющихся данных. При этом одним из основных индикаторов корректной реализации методики комплексирования геофизических полей служит плотность. Именно в ней наиболее полно отражаются петрофизические особенности неоднородного строения и литологического состава горных пород.

Потенциальные геофизические поля – гравитационное, магнитное, стационарное тепловое – удовлетворяют уравнению Лапласа. Поэтому теория и методы интерпретации, разработанные для одного из этих полей, носят универсальный характер. Вместе с тем, необходимо при решении указанных выше задач использовать результаты интерпретации и других геофизических данных, прежде всего – сейсмических.

Процесс построения плотностных моделей сводится к решению прямых и обратных задач гравиметрии. Обратная задача гравиметрии (как в нелинейной – определение границы области при заданном значении плотности, – так и в линейной постановке – вычисление плотности в выделенном объеме – по известным значениям гравитационного поля) является классическим примером некорректной задачи: в общей постановке ее решение не единственно и неустойчиво зависит от исходных данных. Поэтому необходимо искать решения на практически содержательных множествах корректности, выбирая разумные модели начального приближения [6]. При этом возникает целый ряд «попутных» задач: разделение полей от различных типов источников (как по вертикали, так и по горизонтали), выбор модельных представлений о среде (функций, описывающих границы изучаемых объемов в Земле), выбор параметризации функции, описывающей плотность, выбор плотности относимости. Аналогичные проблемы возникают и при интерпретации магнитного поля.

Геофизические и, прежде всего, сейсмические исследования показали, что геологическая среда на глубинных горизонтах имеет сложное слоисто-блоковое иерархическое строение и неоднородна как вдоль, так и вкрест простирания сейсмо-структурных этажей земной коры. Подобная закономерность проявляется практически на всех сейсмических профилях и фрагментах геотраверсов, суммарная протяженность которых

на исследуемой площади Уральского региона и его платформенного обрамления превышает 7000 км.

Из всей совокупности доступной сейсмической информации особое место занимают первичные данные на профилях, отработанных по методике глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ). Профильные годографы, построенные на разных базах, преобразуются в специальные двумерные поля времен. При достаточно плотной сети сейсмических наблюдений поля времен аппроксимируются кусочно-линейной непрерывной функцией, заданной на множестве координат неоднородного разреза. При численном решении обратной кинематической задачи лучевого приближения по программе «Invers» непрерывное поле времен преобразуется в скоростные матрицы дискретных сеточных функций, по которым восстанавливаются двумерные модели скоростных разрезов.

В гравитационном поле наиболее четко проявляются аномалии от неоднородностей верхней части геологического разреза до глубины 10–15 км (так называемый «гравиактивный» слой). Глубинные тела, как правило, не приносят заметных искажений в градиенты поля на дневной поверхности. Однако данные сейсмических зондирований убедительно свидетельствуют о неоднородном распределении скорости не только в земной коре, но и в подстилающих её верхах мантии. И вполне вероятным плотностным аналогом скоростной модели глубинных структур будет компенсационная модель, когда аномалии гравитационного поля от толщи слоёв, залегающих ниже «гравиактивного» слоя, будут частично (или полностью) скомпенсированы. В компенсационных моделях возможна реализация плотностных распределений с нулевым (или близким к нему) значением внешнего потенциала. Подобная тенденция связана с принципиальной неоднозначностью решения обратной задачи гравиметрии, а «нулевые» (по полю) плотностные эквиваленты могут существенно снизить или исказить достоверность результатов гравитационного моделирования.

Рельеф границ глубинных слоев явно не выделяется в суммарном поле расчетных гравитационных аномалий. Однако изменение скорости (и, соответственно, плотности) по всей глубине неоднородного разреза земной коры позволяет оценить предполагаемую область компенсации глубинных масс и по разделенным составляющим гравитационного поля уточнить детали распределения плотности в низах коры и верхней мантии.

Послойное распределение скорости в формате сеточных функций (с учетом зависимости «плотность–скорость») идеально подходит для плотностной модели начального приближения, обеспечивая устойчивость слабо единственных решений обратной задачи гравиметрии в классе слоисто-неоднородных сред. Итеративно последовательная схема вычислений корректирующих добавок по горизонтальным слоям не только обеспечивает единственность решения обратной задачи гравиметрии, но и сохраняет геологическую содержательность исходной скоростной модели, построенную по сейсмогеологическим данным [7-9].

В настоящей работе изложены методы комплексной интерпретации сейсмических, гравитационных и магнитных данных и их применение для построения трехмерных моделей земной коры и верхней мантии.

Основные этапы предлагаемых методов:

1. Построение скоростных разрезов земной коры.
2. Уточнение коэффициентов регрессионной зависимости «скорость–плотность» по результатам 2D гравитационного моделирования для данного региона.
3. Определение плотностей мантийных блоков из условия изостатической компенсации.
4. Построение 3D модели нулевого приближения по интерполированным между профилями значениям плотности.
5. Прямая задача гравиметрии для модели нулевого приближения. Расчет разности наблюдаемого и модельного полей.
6. Фильтрация разностного гравитационного поля и его разделение по горизонтальным слоям модельного куба.

7. Послойный подбор значений плотности методом локальных поправок с адаптивной регуляризацией.

8. Построение результирующей 3D модели подобранных значений плотности, составление структурных карт и карт-схем глубинных срезов (с учетом интерпретации магнитных данных).

Для реализации этих этапов разработаны оригинальные высокоэффективные алгоритмы «быстрого» решения прямой задачи гравиметрии на сетках больших размерностей, которые применены для успешной реализации функциональных и итерационных схем решения обратных задач. Поиск решений осуществляется на практически содержательных множествах корректности при разумном выборе плотностных моделей начального приближения. Предложено простое решение для пространственного продолжения масс за боковые грани плотностной модели и выбора закона распределения фоновой плотности (относимости) для расчёта аномалий гравитационного поля.

На основе идеи локальных поправок разработаны итерационные алгоритмы с адаптивной регуляризацией для устойчивого решения линейной и нелинейной (структурной) трёхмерной обратной задачи гравиметрии и предложена оригинальная методика послойной коррекции плотности в неоднородном параллелепипеде. Методика была реализована в компьютерной системе интерпретации гравитационных данных, применительно к реальным задачам сейсмоплотностного моделирования. Все этапы интерпретации и обработки данных интегрированы в один программный продукт. Процесс начинается с построения трехмерной плотностной модели начального приближения по сейсмическим разрезам и заканчивается корректировкой плотности по авторской методике решения задачи гравитационного моделирования. Дополнительное граничное условие изостатической уравновешенности на глубине дает возможность при моделировании наметить контуры мантийных блоков компенсирующих масс и оптимизировать в них искомое распределение плотности. Контуры мантийных блоков определялись по остаточным (мантийным) аномалиям гравитационного поля и уточнялись по характеру изменения аномалий литостатического давления на глубинном гипсометрическом уровне 80 км.

На тестовом примере повышенной сложности продемонстрирована работоспособность алгоритма линейной инверсии, а его быстродействие и эффективность доказаны при решении практических задач по созданию объёмных геолого-геофизических моделей земной коры и верхней мантии для обширных участков исследуемой территории Уральского региона.

Информационную базу 3D-плотностной модели исследуемой территории составляют карты площадных аномалий гравитационного поля и данные глубинных сейсмических исследований по опорным профилям ГСЗ и МОВЗ, глубинного МОВ–ОГТ и фрагментам протяженных геотраверсов. Территория исследования находится в пределах географических координат 60° – 68° с.ш., 48° – 72° в.д. и охватывает приарктическую часть сочленения важнейших геологических провинций России: северо-восточную окраину Восточно-Европейской платформы, Тимано-Печорскую плиту, северную часть Уральской складчатой системы и северо-западный сектор Западной Сибири. Современные представления о развитии Урала и его платформенного обрамления учитывались в рамках существующих структурных схем тектонического районирования отдельных геологических провинций [1–4]. Двумерные скоростные и, соответствующие им, плотностные разрезы по десяти сейсмическим профилям [5] формируют исходную базу данных трехмерной плотностной модели начального приближения. Недостающие данные по плотностям восполняются интерполированными значениями между пространственно увязанными разрезами.

Для построения сейсмоплотностной модели приполярной части Урала и сопредельных регионов использованы результаты интерпретации данных по сейсмическим профилям ГСЗ и фрагментам протяженных геотраверсов (одиннадцать профилей, расположенных в пределах изучаемой трапеции с географическими координатами 60 – 68° с.ш., 48 – 72° в.д.): градиентные скоростные разрезы в формате сеточных функций,

построенные по полям времен. Обосновано преимущество использования сеточных скоростных разрезов для решения обратных задач гравитационного моделирования.

По результатам комплексной интерпретации сейсмических, гравитационных и магнитных данных созданы трехмерные модели распределения плотности и намагниченности верхней части литосферы и построены карты блочного строения земной коры региона на разных глубинах.

Представленные выше результаты направлены на совершенствование технологии построения геолого-геофизических моделей земной коры и верхней мантии, что и подчеркивает их актуальность при постановке практически важных задачах изучения глубинного строения нефте- и газоперспективных регионов.

Результаты исследований, изложенные в лекции, получены в Институте геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН (в том числе, за счет гранта Российского научного фонда № 14-27-00059).

Автор выражает благодарность всем коллегам – членам коллектива гранта РНФ:

И.В.Ладовскому, Н.В.Фёдоровой, Д.Д. Бызову, А.Г. Цидаеву, А.Л. Рублеву, В.С. Дружинину, В.В. Колмогоровой, Л.А. Муравьеву, В.А. Пьянкову, В.Ю. Осипову, М.П. Мартышко, Д.В. Гемайдинову, Н.В. Кошелевой за плодотворное сотрудничество.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Соболев И.Д.* Тектоническая схема Северного, Среднего и северо-восточной части Южного Урала. М 1:2500 000 // Геология СССР. Т. XII. Приложение. М., 1968.
2. *Соболев И.Д., Автонеев С.В., Белковская Р.П., Петрова Т.Ю., Сюткина Р.А.* Тектоническая карта Урала масштаба 1:1000 000, объяснительная записка. Свердловск, 1983. 168 с.
3. *Тимонин Н.И.* Печорская плита: история геологического развития в фанерозое. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 239 с.
4. *Сурков В.С., Жеро О.Г.* Фундамент и развитие чехла Западно-Сибирской плиты. М.: Недра. 1993. С. 85–90.
5. *Ладовский И.В., Мартышко П.С., Федорова Н.В., Колмогорова В.В.* Опыт построения трехмерной сейсмоплотностной модели по скоростным разрезам ГСЗ // Уральский геофизический вестник. 2016. № 2 (28). С. 108–120.
6. *Мартышко П.С., Ладовский И.В., Бызов Д.Д.* О решении обратной задачи гравиметрии на сетках большой размерности // Доклады Академии Наук. 2013. Том 450. № 6. С. 702-707.
7. *Мартышко П.С., Ладовский И.В., Бызов Д.Д.* Об устойчивых методах интерпретации данных гравиметрии. // Доклады Академии Наук. 2016. Том 471. № 6. С. 725-728
8. *Мартышко П.С., Ладовский И.В., Фёдорова Н.В., Бызов Д.Д., Цидаев А.Г.* Теория и методы комплексной интерпретации геофизических данных. Екатеринбург: УрО РАН, 2016. 94 с
9. *Ладовский И.В., Мартышко П.С., Бызов Д.Д., Колмогорова В.В.* О Выборе Избыточной Плотности При Гравитационном Моделировании Неоднородных Сред. // Физика Земли 2017, No. 1, с. 138–147.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Антипин А.Н., Хацкевич Б.Д. РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СЕВЕРО-ТАРАТАШСКОМ УЧАСТКЕ	4
Арапов В.О. АНАЛИЗ ПРОНИЦАЕМОСТИ МУХАНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА	7
Артамонов С.А., Галин А.Ж. ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО И ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА	10
Баженова Е.А., Вдовин А.Г. ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПОСЛЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВЗРЫВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СКВАЖИННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	12
Бакиянов А.И., Учайкин Е.О. РАСШИРЕНИЕ СЕТИ РЕГИСТРАЦИИ ГЕОМАГНИТНЫХ ВАРИАЦИЙ И КНЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФОНА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ	15
Банникова П.А. ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА ПРИ ДЕТАЛИЗАЦИИ РУДНЫХ ПОДСЕЧЕНИЙ НА ЧУСОВСКОМ МЕДНО-ЦИНКОВОМ КОЛЧЕДАННОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ	18
Белоглазова А.А., Сорвачева Е.Ю. ВОПРОСЫ ДОРАЗВЕДКИ ОТЛОЖЕНИЙ МЯЧКОВСКОГО-ПОДОЛЬСКОГО ГОРИЗОНТОВ ПО ДАННЫМ ННК	21
Бирюлин С.В. ИЗМЕНЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ОДНООСНОГО СЖАТИЯ	24
Бобров В.Ю. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ	27
Борисов А.В., Медведевских И.В. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА КВАРЦЕВО-ЖИЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ	30
Вдовин А.Г. НЕПРЕРЫВНЫЙ КАРОТАЖ ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	33
Волегов Е.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРВЫХ ВСТУПЛЕНИЙ СЕЙСМОГРАММ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УЧАСТКА РАЗВИТИЯ КАРСТОВО-СУФФОЗИОННОЙ ВОРОНКИ	36
Ворошилов В.А., Асанова К.И., Михайлюк С.А. КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ОЛИСТОЛИТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНОГО МАССИВА ПИЕНИН	39
Войтова А.С. ОБЗОР СЕЙСМИЧНОСТИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА ЗА 2017 ГОД ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ	42
Вязовкина А.О. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ФЛЮИДОУПОРОВ РИФОГЕННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ФРАНСКО-ФАМЕНСКОГО ВОЗРАСТА В ПРЕДЕЛАХ ЮЖНОЙ	45

ЧАСТИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Вязовкина А.О., Вязовкина Е.О.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО УЧАСТКА	48
<i>Вязовкина А.О., Вязовкина Е.О.</i> МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ	51
<i>Галиева М.Ф., Крутенко Д.С.</i> КАРТА ТЕПЛОВОГО ПОТОКА И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ П-ВА ЯМАЛ	54
<i>Гильмундинов А.Ю.</i> РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО РЕГИСТРАТОРА	57
<i>Горшков В.Ю., Маликов А.В.</i> СОПОСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ ВЭЗ И ППР НАД КОНТАКТОМ СКАЛЬНЫХ ПОРОД	60
<i>Гусева Н.С., Голубева И.В., Белевская М.А., Шулаков Д.Ю., Варлашова Ю.В., Старикович Е.Н.</i> СЕЙСМИЧНОСТЬ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА ЗА 2017 ГОД ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ УРАЛЬСКОЙ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ	63
<i>Ёжикова М.М.</i> ПРОИСХОЖДЕНИЕ АНТАРКТИДЫ И СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА	66
<i>Зырянова А.В.</i> ИЗУЧЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ВЫСОКОМИНИРАЛИЗОВАННЫХ ШЛАМОВЫХ ВОД МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ (МИРНЫЙ, РЕСПУБЛИКА САХА)	69
<i>Имангалиұлы І., Тебаева А.Ю.</i> РЕНТГЕНОРАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЖЕЛЕЗО-МАРГАНЦЕВЫХ РУД	72
<i>Калинина Э.В., Пивоваров Р.С.</i> СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАПИСЕЙ ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА СЕЙСМОСТАНЦИЯХ РЕГИОНАЛЬНОЙ ВОРОНЕЖСКОЙ СЕТИ	74
<i>Кашин Г.Ю., Истомина Н.Г.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ АНЧАР ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	77
<i>Козлов Е.И., Черепанова Е.А.</i> ПЕРВЫЙ ОПЫТ СВЕРКИ АБСОЛЮТНЫХ МАГНИТОМЕТРОВ В ОБСЕРВАТОРИИ «АРТИ»	80
<i>Коротков М.Ю., Пономаренко И.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРУППОВОГО УЧЕТА АРГУМЕНТОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ТИПА КОЛЛЕКТОРА В НЕФТЯНЫХ СКВАЖИНАХ	83
<i>Котова Т.Ю., Нафикова А.Р.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА РАДОНА ВО ВЛАГОНАСЫЩЕННОМ ГРУНТЕ	86
<i>Кукарина Е.В., Цибизов Л.В.</i> МАГМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОД ВУЛКАНОМ УТУРУНКУ (БОЛИВИЯ) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СЕЙСМОТОМОГРАФИИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ	89
<i>Куткин Я.О., Красилов М.Н., Насибуллин Р.Р.</i> ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ КАМЕННОЙ СОЛИ ПРИ ИМПУЛЬСНЫХ НАГРУЗКАХ	92
<i>Ларина Т.Г., Сергеев Н.Н.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ДАННЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ	95

ТЕХНОГЕННЫХ СТРУКТУР НА УЧАСТКАХ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ	
Ласкина Т.А. О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ НАЗЕМНО-ПОДЗЕМНОЙ СЪЕМКЕ В УСЛОВИЯХ СОЛЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	98
Лунёва Т.Е. ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НЮРОЛЬСКОЙ МЕГАВПАДИНЫ ПО ГЕОТЕМПЕРАТУРНОМУ КРИТЕРИЮ	101
Магомедова А.Ш., Езимова Ю.Е., Удоратин В.В. ЭКСПРЕССНАЯ ЭМАНАЦИОННАЯ СЪЕМКА В ПРЕДЕЛАХ РАЗЛОМНЫХ ЗОН ВЫЧЕГОДСКОГО ПРОГИБА	104
Мадишева Р.К., Сагиндигов К.И. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛИНИСТОСТИ СЛОЖНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ	107
Матвеева Н.А. АНАЛИЗ ГЛОБАЛЬНОГО ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СФЕРИЧЕСКОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ	110
Maussymbayeva A. DISTRIBUTION OF IRON-CONTAINING MINERALS IN THE COAL AND ROCKS OF SHUBARKOL DEPOSIT	112
Медведь И.В. ИЗОБРАЖЕНИЯ КОЛЛИЗИОННЫХ ЗОН КАВКАЗА И КИРГИЗСКОГО ТЯНЬ-ШАНЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ	114
Мурыськин А.С. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАПИСЕЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ SEISMONITOR И GURALP	117
Николаев М.Р., Пономаренко И.А. ФОРМИРОВАНИЕ ПЕТРОМАГНИТНОЙ МОДЕЛИ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОД ПО ПЕТРОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА	120
Нургалиев Д.К., Ефименко С.А., Абдрахманова З.Т., Шаханов А.М. НОВАЯ АППАРАТУРА «ON-LINE» КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РУД НА ШАХТАХ ТОО «КОРПОРАЦИЯ КАЗАХМЫС»	123
Овчинникова Е.А. СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МОВ ОГТ С ВЗРЫВНЫМ И НЕВЗРЫВНЫМ ИСТОЧНИКАМИ	126
Оганнисян А.Л., Геодакян Э.Г., Дзедобоев Б.А. ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ОЧАГОВЫХ ЗОН ИСТОРИЧЕСКИХ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ АРМЕНИИ	128
Остапчук А.А. СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СОБЫТИЙ СДВИГОВОГО ТИПА	131
Плотников Е.С. УТОЧНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ГОРОДЕЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	134
Полянский П.О. СТРОЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ПОЛОСЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО УЧАСТКА ПРОФИЛЯ 3-ДВ ПО ДАННЫМ ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН	137
Прохорова П.Н. ТЕПЛОВОЙ ПОТОК И ОЦЕНКА НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ БУРЕЙНСКОГО БАССЕЙНА (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК)	140

Родионов А.И., Рязанцев П.А. ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННОЕ ИЗУЧЕНИЕ МАЛЫХ ОЗЕР В КАРЕЛИИ	143
Рябова С.А. СУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ НА ГФО «МИХНЕВО»	146
Саакян Б.В., Геодакян Э.Г., Оганесян С.М. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МИГРАЦИЙ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО СЕЙСМИЧЕСКОМУ ЛИНЕАМЕНТУ ЭРЗРУМ-БОРЖОМИ-КАЗБЕК	149
Светлакова Е.В. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТ РАЗМЕРОВ ОБРАЗЦА	152
Селезнев А.А., Ханфи Мохамед Ю.М., Меньшикова Е.А. СОВРЕМЕННЫЕ АНТРОПОГЕННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ В ЛОКАЛЬНЫХ ПОНИЖЕНИЯХ МИКРОРЕЛЬЕФА НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ: СОСТАВ И СВОЙСТВА	155
Стоцкий В.В. ТЕПЛОЙ ПОТОК И СЛАНЦЕВАЯ НЕФТЕНОСНОСТЬ ЮЖНОГО СЕКТОРА КОЛТОГОРСКО-УРЕНГОЙСКОГО ПАЛЕОРИФТА	158
Трошкин А.С. ПРОГНОЗ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПО ПАРАМЕТРУ НАСЫЩЕНИЯ ВЕТЛЯНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	161
Туктаров Р.М. СЕЙСМИЧНОСТЬ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ САХА ЯКУТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ	164
Фаустова Ю.С. СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА	167
Федоренко И.В. НОВЫЕ ДАННЫЕ О СЕЙСМИЧНОСТИ ХРЕБТА ГАККЕЛЯ	170
Фёдоров А.А., Сясько А.А. СЕЙСМИЧЕСКОЕ МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ПРОМПЛОЩАДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «НЕЖДАНИНСКОЕ» ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА	173
Филимончиков А.А. МЕТОДИКИ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ ПРИ РЕШЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ	176
Фролов В.М. ВОЗМОЖНОСТИ И ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ LWD КАВЕРНОМЕТРИЕЙ	179
Хамидов Х.Л., Артиков Ф.Р. ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ В ЗОНАХ ВОДОХРАНИЛИЩ УЗБЕКИСТАНА	182
Ширяев К.Н. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ АППАРАТА ТЕОРИИ ОЦЕНОК	185
Эргешов И.М., Хамидов Х.Л. ОЦЕНКА СМЕЩЕНИЙ ОПОРНЫХ GPS СТАНЦИЙ БЛИЖНИХ ЗОН КУМБЕЛЬСКОГО РАЗЛОМА ПЕРЕСЕКАЮЩЕЙ ЧАСТЬ ГОРНОГО ТЯНЬ- ШАНЯ	188

<i>Губина А.И.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН В ООО ПЕРМСКИЙ ИНЖЕНЕРНО- ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ГЕОФИЗИКА»	192
<i>Мартышко П.С.</i> ПОСТРОЕНИЕ ПЛОТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ	200

Научное издание

**ХІХ УРАЛЬСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ
НАУЧНАЯ ШКОЛА ПО ГЕОФИЗИКЕ**

Сборник научных материалов

*Рекомендовано к изданию
Объединенным ученым советом
по наукам о Земле УрО РАН
и Уральским отделением РАН*

Компьютерная верстка: Вдовин А.Г.

ISBN 978-5-7691-2498-3



9 785769 124983

Подписано в печать 18.03.2018 г. Формат 60x90/8
Тираж 100 экз. Заказ № 13

Отпечатано в типографии
ООО «ИРА УТК», 620089, г.Екатеринбург, ул.Луганская, д.59/4